

東 海 大 學

工業工程與經營資訊學系

碩士論文

結合粒子群最佳化與蟻群演算法  
於批次揀貨問題

研 究 生：詹立楷

指導教授：鄭辰仰 博士

中 華 民 國 一〇二 年 三 月

# **Using a hybrid algorithm to solve the joint order batching and picker routing**

By  
Li-Kai Chan

Advisor: Dr. Chen-Yang Cheng

A Thesis  
Submitted to the Institute of Industrial Engineering and Enterprise  
Information at Tunghai University  
in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science  
in  
Industrial Engineering and Enterprise Information

March 2013  
Taichung , Taiwan , Republic of China

# 結合粒子群最佳化與蟻群演算法於批次揀貨問題

學生：詹立楷

指導教授：鄭辰仰 博士

東海大學工業工程與經營資訊學系

## 摘 要

物流中心中，揀貨由於重複性以及勞動密集性耗費大量人力因此備受重視。但目前研究大部分皆只有解決訂單分批(Batching)或是最佳路徑規劃(Routing methods)。學者提出一二階段之啟發式演算法，以解決兩種問題(joint order batching and sequencing problem)結合之排程架構，並透過小樣本之實驗進行比較，雖然計算較為複雜，但確實可得到相當大之改善。本研究考量物流中心揀貨作業的相關特性，利用整合粒子群最佳化演算法和蟻群演算法規劃訂單分批與揀貨順序的配置，使規劃後之揀貨距離(total travel distance)最小化。首先，本研究將探討過去在揀貨最佳化的研究，以作為此演算法的依據，進而提出揀貨時間最小化的整合式演算法，透過詳細說明演算法之流程與邏輯。最後，本研究所提出之演算法將與線性規劃求解的方式進行比較與效益分析。

**關鍵字詞：**揀貨、混合流程式、粒子群最佳化演算法、蟻群演算法、訂單分批、揀貨路徑

# **Using a hybrid algorithm to solve the joint order batching and picker routing**

Student: Li-Kai Chan

Advisor: Dr. Chen-Yang Cheng

Department of Industrial Engineering and Enterprise Information  
Tunghai University

## **ABSTRACT**

Order picking is the most costly operation in the warehouse because it is labor-intensive and repetitive. However, most common order picking research focus on order batching or picker routing and both sub-problem are NP-hard. Therefore, this research purposes a hybrid algorithm for solving the joint batch picking and picker routing problem considering batch size, order allocation in a batch, and traveling distance. The core of the hybrid algorithm consists of the particle swarm optimization (PSO) algorithm and ant colony optimization (ACO) algorithms. The PSO algorithm finds the best batch picking plan by minimizing the sum of the traveling distance. The ACO searches for the most effective traveling path for each batch. The result shows that the hybrid algorithm is the more efficient methods than the optimal solution and the current industry practice in terms of solution quality and computational efficiency.

**Keywords: Order Picking, Hybrid Algorithm, Particle Swarm Optimization, Ant Colony Optimization, Order Batching, Picker Routing**

## 誌謝

兩年研究所短暫的時光一下就結束了，更是求學生涯的一個段落，轉眼間就要離開東海大學了。在研究所的兩年裡我從所上提供的課程中學到許多知識，並且也從指導教授鄭辰仰老師身上獲得許多珍貴的人生態度，鄭辰仰老師在這兩年中細心的指導與教誨，不斷的調整我們的學習態度與思考方向，讓我在研究上及待人處世上都受益良多。

本研究論文順利完成，首先要感謝鄭辰仰老師用心的教導，老師每次都在文理大道上耐心的把我不懂的地方指導到懂為止，並且教導我們思考邏輯與研究方向，此外還訓練我們口頭報告的技巧，使我能完成這份論文。在老師厭其煩的細心指導下，讓我從原本對這領域不熟悉到漸入佳境，且在這過程中，學到了獨立解決問題的方法，老師們除了關心課業外，還會關心我們的日常生活，相當照顧我們。

在短短兩年的研究所生活中，承蒙系上許多老師、閔智學長、鈺勳學長及閔雄學長的教導以及研究上的寶貴建議，還有子立老師、盈彥老師以及個案公司 Hune 的教導與協助，卜元、忠軒、悅清、思翰、中俊等研究室夥伴們的互相勉勵，依柔、駿威、梓皓、律惟等學弟妹們給予我的支持與鼓勵，謝謝你們一直陪伴與扶持，要不然我可能無法順利完成這篇論文，真的非常感謝你們。

最後一定要感謝我的家人，謝謝你們一直以來對我的支持、鼓勵與幫助，還替我打點一切，讓我無後顧之憂，可以安心專注的完成學業，謝謝你們的關心與陪伴。

再次感謝每一位幫助過我的貴人，有你們支持及鼓勵，我才能順利完成此論文。

詹立楷 謹誌於

東海大學工業工程與經營資訊研究所

企業電子化暨自動化研究室

中華民國一〇二年三月

# 目錄

摘要.....	i
ABSTRACT.....	ii
誌謝.....	iii
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 論文架構.....	2
第二章 文獻探討.....	4
第三章 數學模型.....	6
3.1 問題描述.....	6
3.2 數學模式.....	7
3.2.1 假設條件.....	7
3.2.2 符號定義.....	7
3.2.3 線性規劃模式.....	8
第四章 粒子群最佳化演算法結合蟻群演算法之說明.....	10
4.1 第一階段 PSO 演算法步驟說明.....	11
4.2 第二階段蟻群演算法步驟說明.....	15
第五章 績效評估.....	18
5.1 實驗方式與環境建構.....	18
5.1.1 實驗環境.....	18
5.2 本研究之模式與整數線性規劃模型比較.....	20
5.2.1 結果比較.....	21
5.3 本研究之模式與二階段基因演算法之比較.....	22
5.3.1 二階段基因演算法說明.....	22
5.3.2 結果比較.....	23
5.4 本研究之模式與現行做法之比較.....	24
5.4.1 現行規劃說明.....	24
5.4.2 結果比較.....	26
5.5 實驗設計.....	27
5.5.1 實驗規劃說明.....	27
5.5.2 CPU Time 數據分析.....	28
5.6 小結.....	29
第六章 結論與未來方向.....	30
6.1 結論.....	30
6.2 未來方向.....	30
參考文獻.....	31

## 圖目錄

圖 1.1 揀貨時間分布.....	1
圖 3.1 訂單分批方式.....	6
圖 4.1 粒子群最佳化演算法結合蟻群演算法流程圖.....	10
圖 4.2 本研究所採用之編碼方式.....	11
圖 4.3 位置交配圖.....	13
圖 4.4 鄰近雙點突變.....	13
圖 5.1 倉儲範例圖.....	19
圖 5.2 本研究模式與整數線性規劃模型之時間與差距.....	22
圖 5.3 二階段基因演算法規劃流程圖.....	23
圖 5.4 現行做法規劃流程圖.....	25
圖 5.5 現行撿貨做法示意圖.....	26

## 表目錄

表 5.1 實驗問題.....	20
表 5.2 本研究模式與整數線性規劃模型之結果與差距.....	21
表 5.3 本研究模式、整數線性規劃模型與二階段基因演算法之成果差距.....	24
表 5.4 本研究模式、整數線性規劃模型與現行做法之成果差距.....	27
表 5.5 控制因子及水準.....	28
表 5.6 CPU Time 之 ANOVA 分析表.....	29



# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

倉儲管理是物流公司最重要之議題，倉儲內之活動包含所有貨物之移動，如進貨、儲存、盤點、揀貨、流通加工、出貨以及配送，這些動作中揀貨為其重要，花費了高度之勞力、重複性及時間最高的動作。因此，規劃合理且有效率之揀貨方法，進而達到揀貨作業之最佳化，對於物流中心之整體運作效率將產生決定性之影響。

揀貨被定義為係基於在接受訂單的商業活動中，將顧客訂購之品項從庫存儲位中選出，並進行出庫等相關業務。分為前置動作、揀貨、尋找、搬運以及其他五個動作，由圖 1.1 可知，搬運占了所有時間之 50% 以上，尋找產品亦佔了 20%，也因此大部分之研究皆著重於如何降低搬運以及尋找之時間[1]。

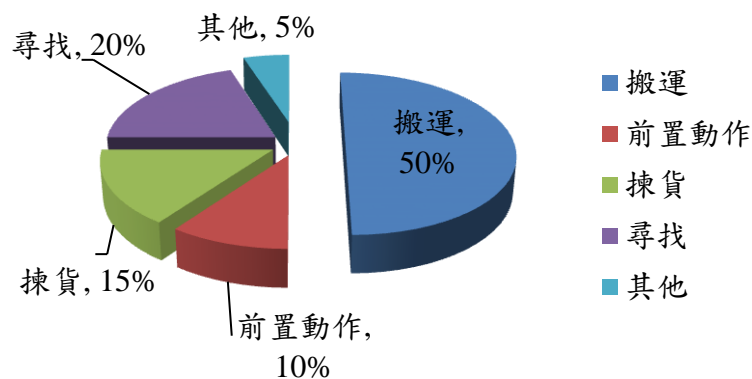


圖 1.1 揀貨時間分布

針對物流中心之減少揀貨時間之相關研究大致上可區分為良好之儲位規劃、訂單批次化以及尋找最佳揀貨路徑三種[2]。良好之儲位規劃能有效降低揀貨人員搜尋、分類及移動所耗費之時間，進而提升揀貨效率。透過訂單批次化之方式，將訂單內與揀貨之品項儲位相近者置於同一批次，避免揀貨人員重覆於同一區域揀貨，提高人員利用率，以降低揀貨人工成本。揀貨人員於進行揀貨作業，採用不同揀貨路徑將會造成揀貨順序與行走路徑而有所差異，進而影響揀貨路徑之距離與揀貨效率。目前大多研究皆著重於如何透過訂單批次化以及尋找最佳揀貨路徑來降低揀貨時間，提升揀

貨效率。

然而，訂單的選擇將會影響揀貨路徑之規劃，目前研究大部分皆只有解決訂單分批(Batching)或是最佳路徑規劃(Routing methods)。Won and Olafsson)提出一二階段之啟發式演算法，以解決兩種問題(joint order batching and sequencing problem)結合之排程架構，並透過小樣本之實驗進行比較，雖然計算較為複雜，但確實可得到相當大之改善[3]。

## 1.2 研究目的

本研究將考量物流中心揀貨作業的相關特性，利用整合粒子群最佳化演算法和蟻群演算法規劃訂單分批與揀貨順序的配置，使規劃後之揀貨距離(total travel distance)最小化。首先，本研究將探討過去在揀貨最佳化的研究，以作為此演算法的依據，進而提出揀貨時間最小化的整合式演算法，透過詳細說明演算法之流程與邏輯。最後，本研究所提出之演算法將與線性規劃求解的方式進行比較與效益分析。

## 1.3 論文架構

本研究共分為六章，如圖 1.2 所示，第一章緒論說明研究背景與動機及研究目的，並概略說明研究方法。第二章文獻探討則針對揀貨最佳化，其改善之方式與其演算法之相關文獻進行蒐集與探討。第三章簡單說明物流業作業流程與特性，並描述問題及數學模型，第四章針對本研究所提出之整合粒子群最佳化演算法和蟻群演算法說明，並詳細介紹演算流程。第五章透過與其線性規劃求出之最佳解比較，評估演算法績效。第六章總結本研究所獲致的成果，並提出後續研究的建議。



圖 1.2 論文架構

## 第二章 文獻探討

決定訂單分批之方法(Order batching methods)為將選定之訂單劃分為若干批次，且各訂單皆會被指定至各批次，即各訂單皆會被揀取。當訂單所需揀取之產品為大量時，每張訂單可獨立揀取(如每張訂單為一個批次)，然而若訂單所需揀取之產品為少量時，透過一次揀取多張訂單將會減少整體揀貨時間。Hwang(1988)等學者將訂單批次處理問題視為叢集分群問題，將訂單所需揀取的品項，定義座標向量定位(Attribute Vector)，透過三種不同相似評估(Similarity Measures)，發展六種叢集分類演算法，以解決訂單批次問題。透過實驗得知，合併相似程度越高之訂單，對於提昇揀取效率有很大的幫助。

揀貨路經規劃(Picker routing)為傳統之銷售員旅行問題(Traveling Salesman Problems; TSP)，假設有  $n$  個儲位，一揀貨員在知道各個儲位間之距離之情況下，欲至各儲位揀貨，各儲位皆只能拜訪一次，找出如何以最短之路徑至各儲位，最後回到出發點。若以數學模型表示，將會有  $\frac{n(n+1)}{2}$  個決策變數與  $2n + 2^n$  條限制式，當儲位很多時，很難求得最佳解。Hall (1993), Petersen (1997) 以及 Roodbergen (2001) 學者提出幾種啟發式之方法以求得最短揀貨距離[4, 5]。第一種為分割穿越策略(S-shape heuristic)，揀貨員從走道之一端進入，揀取走道兩邊貨物，另一端離開，逐次前往下一走道。第二種為迴轉策略(Return method)，揀貨員走進該走道揀取該走道需揀取之物品後，於同一入口走出，逐次前往下一走道。第三種為中點迴轉策略(midpoint method)，揀貨員於走道一端走入揀取物品，於終點迴轉折返，逐次前往下一走道。第四種為最大間隙策略策略(largest gap method)，指位於同一走道內需揀取之物品和兩側底端走道的距離作比較，選擇較短之路徑，若物品與上下兩側底端之走道距離小於物品間之最小距離，則直接迴轉。Petersen (1997) 學者將最佳解與上述幾種方式進行比較，發現其最佳解績效平均皆小於 5% 以上[4]。1996 年 Dorigo 等學者將將蟻群系統(Ant Colony System, ACS)、基因遺傳

演算法以及模擬退火演算法(Simulated Annealing)等啟發式演算法透過 TSPLIB 國際例題進行比較，其蟻群系統所搜尋出之結果優於其他演算法，與最佳解誤差皆小於 3.5%[6]。

Won 及 Olafsson (2005)提出兩啟發式演算法解決同時決定訂單分批以及揀貨順序之問題以提升物流中心效率且快速回應顧客需求[3]。於第一個演算法用來決定訂單分批，而第二個演算法決定揀貨順序，並以一簡單之案例指出，此方法雖然會帶來複雜運算導致執行時間會較長，但績效卻更為良好。Tsai(2008)學者提出一多階基因演算法(multiple-GA method)，於第一階段基因演算法中找出需要被揀取的訂單批次，第二階段基因演算法找出此批次之最短揀貨距離，藉此解決倉儲系統內複雜的批次揀貨問題[7]。Osman Kulak (2012)提出一群集分析結合禁忌搜尋之演算法(cluster-based tabu search algorithms)，透過群集分析之方式以各張訂單內需揀取之產品儲位相似度找出各訂單之相關性，再以禁忌搜尋法進行路徑改善，以獲得一近似最佳路徑，直到迭代結束[8]。本研究將提出一結合粒子群最佳化演算法結合蟻群演算法，改善多階基因演算法收斂不佳以及群集分析結合禁忌搜尋之演算法需要過多參數之缺點，於第一階段粒子群最佳化演算法決定被揀取之訂單批次，第二階段蟻群演算法找出各批次之最短揀貨距離並加總以作為第一階段粒子群最佳化演算法迭代之適應值，以獲得一組近似最佳訂單批次以及揀貨順序之組合。

## 第三章 數學模型

### 3.1 問題描述

在物流中心揀貨作業中，其訂單數量高，為了滿足不同顧客之需求，訂單內之產品品項是複雜且多樣的，但物流中心之揀貨臺車有限，批量皆有承載量之上限，並非單次即揀貨完成，因此本研究必須考量訂單之批量組合方式，將欲揀取儲位較相近之訂單指定至同一批次後，在同一個批次上進行揀貨，進而縮短揀貨距離。

如圖 3.1 所示，訂單 3 及訂單 4 所揀取之儲位較相近，訂單 1 及訂單 2 所揀取之儲位較相近。批次最大之承載量為 3 張訂單，在 4 張訂單的情況下要分為 2 批進行揀貨，其訂單之分批方式可分為兩種，第一種分批方式為將訂單 2、訂單 3 以及訂單 4 置於批次 1，訂單 1 置於批次 2，第二種分批方式為訂單 3 及訂單 4 置於批次 1，訂單 1 及訂單 2 置於批次 2，由圖 3.1 可知，第二種分批方式之揀貨距離將優於第一種分批方式。因此本研究目的必須設法規劃出各種批量組合，使得整體揀貨之距離最小。

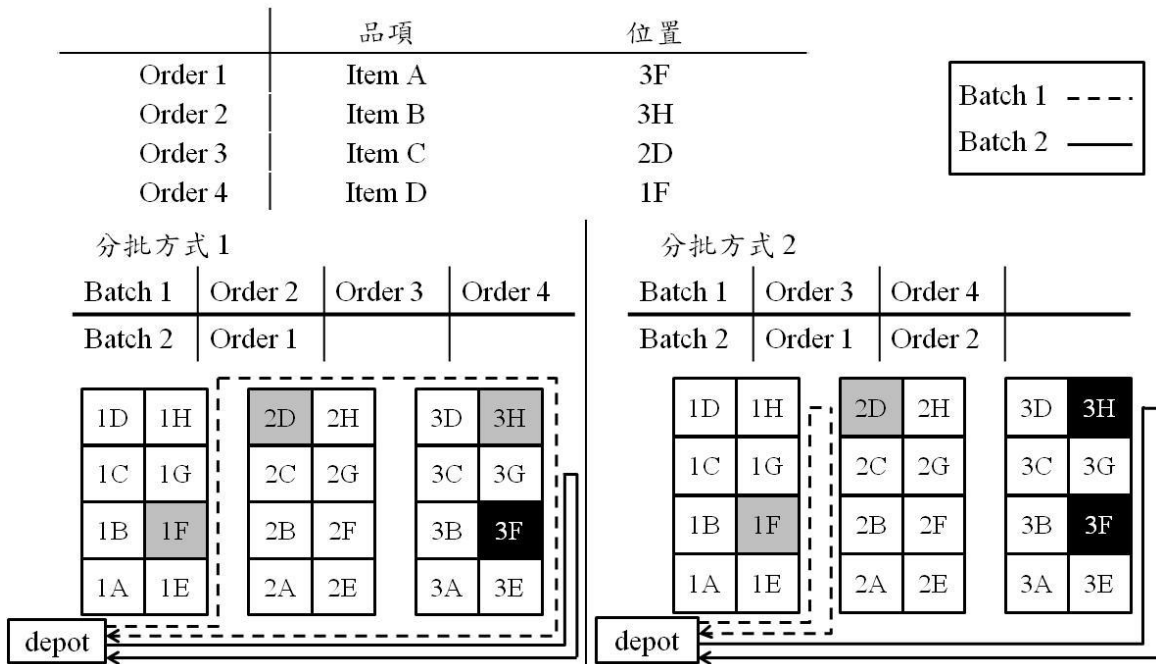


圖 3.1 訂單分批方式

考量不超過批次最大承載量外，如何將各訂單指定至批次，且同一時間上決定該批次該如何進行揀貨，是本研究欲解決的問題。因此，本研究的問題有下列兩點：

1. 決定訂單分批方式
2. 決定揀貨順序

透過物流中心的揀貨作業特性，演算出較佳的排程結果，目標式採用揀貨距離之最小化，此績效指標以作為排程搜尋的目標依據，期許在最短之揀貨距離下，獲取最佳的揀貨策略。

## 3.2 數學模式

本數學模式為 Osman Kulak 等學者[8]所提出，定義出結合訂單分批與最佳路徑規劃模式，分別說明此模式之假設條件及符號定義。

### 3.2.1 假設條件

1. 每個批次皆有承載量上限
2. 因應個案情形，各訂單皆為少量多樣，不考慮訂單分批之情形
3. 各儲位間之距離為已知

### 3.2.2 符號定義

#### 下標及參數

$b$ ：批次的數量， $b = 1, 2, 3, \dots, B$

$o$ ：訂單的數量， $o = 1, 2, 3, \dots, O$

$l$ ：儲位的數量， $l = 1, 2, 3, \dots, i, j, \dots, L$

$C$ ：載具的最大乘載量

$W_o$ ：訂單  $o$  所需要的乘載量

$d_{ij}$ ：儲位  $i$  至儲位  $j$  的距離

$S$ ：為不正確之解集合，儘管符合各節點一次起點一次終點之限制條件之所有可能子迴路(sub-tour)集合，但此迴路並未包含所有節點。

$$S_{io} \begin{cases} 1, & \text{訂單 } o \text{ 的品項需要從儲位 } i \text{ 揀取} \\ 0, & \text{Otherwise} \end{cases}$$

## 決策變數

二元變數：

$$X_o^b \begin{cases} 1, & \text{訂單 } o \text{ 在批次 } b \text{ 進行揀貨} \\ 0, & \text{Otherwise} \end{cases}$$

$$Y_{ij}^b \begin{cases} 1, & \text{在批次 } b \text{ 中，儲位 } i \text{ 揀貨完後至儲位 } j \\ 0, & \text{Otherwise} \end{cases}$$

$$Z_i^b \begin{cases} 1, & \text{在批次 } b \text{ 中，至儲位 } i \text{ 進行揀貨} \\ 0, & \text{Otherwise} \end{cases}$$

### 3.2.3 線性規劃模式

#### 目標函數

$$\text{Minimize } Z = \sum_{b \in B} \sum_{i \neq j \in L} d_{ij} Y_{ij}^b \quad (1)$$

物流中心揀貨作業排程之目標為最小化揀貨路徑( $Z_{max}$ )，而此模式所需考量之限制式如下所示：

#### 1. 每儲位僅能經過一次之限制式

$$\sum_{j \in L, j \neq i} Y_{ij}^b = Z_i^b \quad \forall b \in B, i \in L \quad (2)$$

$$\sum_{i \in L, i \neq j} Y_{ij}^b = Z_j^b \quad \forall b \in B, j \in L \quad (3)$$

$$\sum_{i \in S, j \in L \setminus S} Y_{ij}^b \geq Z_i^b \quad \forall b \in B, S \subset L \quad (4)$$

限制式(2)以及(3)表示每個批次所選定的儲位僅能經過一次，如限制式(2)表示批次  $b$  中，儲位  $i$  僅能當一次起點而限制式(3)則表示儲位  $i$  能當一次終點。而限制式(4)則是避免路徑造成子迴路的限制式。



## 2. 同一批次內各個儲位僅走一次之限制式

$$\sum_{b \in B} Z_i^b \leq \sum_{o \in O} s_{io} \quad \forall i \in L \quad (5)$$

限制式(5)表示將批次  $b$  各訂單  $o$  所決定的儲位  $i$  僅經過一次。

## 3. 各訂單必會被指定至批次之限制式

$$\sum_{b \in B} X_o^b = 1 \quad \forall o \in O \quad (6)$$

限制式(6)表示各訂單  $o$  必定會被指定至批次  $b$ 。

## 4. 各批次所揀取的訂單總量不得超出最大負荷之限制式

$$\sum_{o \in O} w_o \cdot X_o^b \leq C \quad \forall b \in B, o \in O \quad (7)$$

限制式(7)表示批次  $b$  所揀取之各訂單  $o$  之承載量不得超出最大負承載量  $C$ 。

## 5. 變數範圍之限制式

$$X_o^b, Y_{ij}^b, Z_i^b \in 0, 1 \quad (8)$$

限制式(8)分別定義決策變數  $X_o^b$ 、 $Y_{ij}^b$  及  $Z_i^b$  為二元變數，其值為 0 或 1。

## 第四章 粒子群最佳化演算法結合蟻群演算法之說明

本研究所探討之揀貨路徑最佳化，不但要考慮每個批次之路線不能重複，同時各批次皆有載具最大承載量之限制，因此本研究透過粒子群最佳化結合蟻群演算法，針對倉儲揀貨路徑規劃問題，對批次大小及揀貨順序做最有效之配置，使整體揀貨路徑最小化。圖 4.1 為本研究提出之粒子群最佳化結合蟻群演算法之細部流程，先產生初始解作為母代，決定批次大小及該批次對應之訂單，並將此結果匯入蟻群演算法，計算每個批次之最短距離，回饋至粒子群演算法再加總每個批次之距離，判斷是否達到終止條件，本研究終止條件設定為世代數，達到設定之世代數則停止搜索，如果沒有，則透過粒子群演算法，將批次大小及批次對應之訂單輸出至蟻群演算法計算出此批次之最短路徑，再進行適應值之計算，不斷反覆進行至粒子群演算法達到終止條件為止。

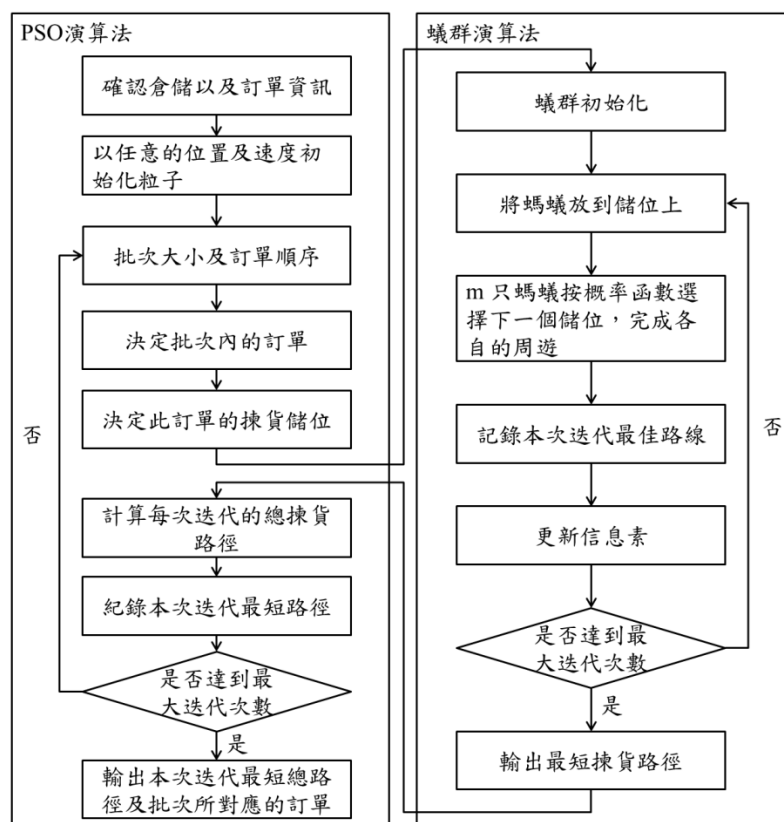


圖 4.1 粒子群最佳化演算法結合蟻群演算法流程圖

## 4.1 第一階段 PSO 演算法步驟說明

下面將逐一說明 PSO 演算法步驟

### Step 1：確認倉儲以及訂單資訊

使用本研究之演算法前，需先設定欲規劃揀貨流程之倉儲資訊，其資訊包含倉儲資訊與訂單資訊。倉儲資訊包含儲位數量、儲位與儲位間之距離、載具之最大承載量，訂單資訊則包含訂單數量以及訂單內各品項之位置，設定相關參數後，透過此研究所提出的演算法，尋找最佳的揀貨路徑。

### Step 2：PSO 之建立初始族群

本研究的目的是透過 PSO，在每個批次不超過載具承載量最大值的情況下，找出批次大小及相對應之訂單。如圖 4.2 所示，即為此各批次的大小及對應之訂單，在載具最大承載量為 3 張訂單，若有 8 張訂單之情形，則批次大小為 3。因此在批次 1 中將會揀取訂單 1、訂單 3 及訂單 6 的品項，其餘以此類推。

	Order 1	Order 2	Order 3	Order 4	Order 5	Order 6	Order 7	Order 8
Batch 1	1	0	1	0	0	1	0	0
Batch 2	0	1	0	0	1	0	1	0
Batch 3	0	0	0	1	0	0	0	1

圖 4.2 本研究所採用之編碼方式

決定初始粒子之方式，則是隨機產生三個變數，來決定各批次所揀取的訂單占訂單數量之比例，由於各批次有最大承載量的限制，因此若產生的數量大於載具的最大承載量，則將多餘的訂單數隨機分配給尚未達到最大承載量的批次。當批次大小決定後，先以各訂單儲位之相似度決定出一序列，將此順序置於各批次中，產生一組

批次以及相對應之訂單，將該批次所揀取的訂單品項參數匯至蟻群演算法以計算該批次所揀取各訂單品項之最短路徑。

### Step 3：計算適應值

根據已知之該批次之最短路徑，將此次迭代各粒子所有批次的揀貨路徑加總，作為各粒子之適應值。並將最短之距離指定為個體最佳解以及族群最佳解。

### Step 4：更新訂單順序

本研究採用於更新訂單順序以基因演算法之編碼方式，複製策略為競爭式，透過競爭式複製的方式，將母代透過比較的方式產生至新的子代中，其步驟說明如下：

1. 依照適應值的大小以遞減的方式進行排序。
2. 將排序好的母代族群中的前半部隨機選擇  $n$  條染色體。
3. 將選好的  $n$  條染色體中的適應值進行比較，具有較佳適應值的染色體將被複製至子代中。
4. 重複步驟 2，直到子代族群中設定的染色體的數量完全被複製完成為止。

#### Step 4-1：交配

研究所採用的交配方式為二進位編碼所使用的雙點交配 (Two point crossover)[9]。首先選取將進行交配的母代染色體，隨機產生  $n$  個族群位置，找出  $n$  個族群位置中具有較佳適應值者，將被挑選出來當作執行交配的母代，此為競爭式選擇策略，透過較佳的母代交配產生較佳的子代，而交配方式步驟如下。

首先隨機產生數個基因的位置，如圖 4.3 所示，隨機產生的點為第 2 個、第 5 點、第 6 點與第 9 點，將選取的第一個母代染色體，其將上述之位置內的值，直接遞移到新的子代相同的位置上，而第二條母代染色體，則保留與第一條母代染色體中，隨機選擇點內非相同的值，依序從左至右，插入產生的子代染

色體中，得以形成完整的子代。

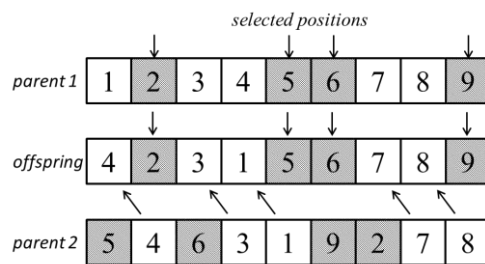


圖 4.3 位置交配圖

#### Step 4-2：突變

突變是避免在演化的過程中，不會因為複製或交配等過程中而遺失了一些有用的資訊，也是用來跳脫區域最佳解的一個重要指標，使得搜尋空間的範圍更為廣大，得以逼近全域最佳解。本研究採用的方式為鄰近雙點突變 (Adjacent two job change)[10] (圖 4.4)作為順序型的突變機制，其詳細突變機制如下。

首先抽取將要突變的母代染色體，在此染色體上隨機產生要突變的基因位置，產生後與左邊鄰近的基因位置，相互調換，進而產生新的子代，得以完成此突變機制。

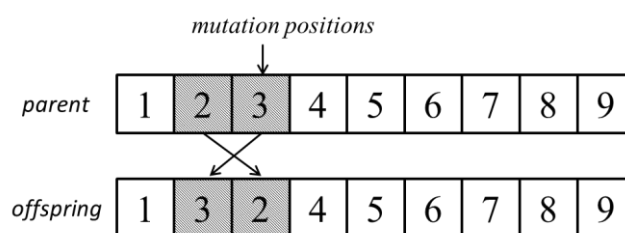


圖 4.4 鄰近雙點突變

#### Step 5：更新批次大小

本研究採用更新速度與位置為公式(9)、(10)。

符號說明：

$t$ ：迭代次數 ( $t = 1, 2, \dots, T$ )

$i$  : 粒子編號( $i = 1, 2, \dots, I$ )

$d$  : 粒子維度編號( $d = 1, 2, \dots, D$ )

$n$  : 第  $n$  次計算  $Cr$  值( $n = 0, 1, 2, \dots$ )

$c_1$  : 個體最佳解學習係數

$c_2$  : 群體最佳解學習係數

$Cr(n)$  : 第  $n$  次的  $Cr$  值

$w(t)$  : 為第  $t$  迭代的慣性權重

$X_i(t)$  : 為第  $t$  迭代的第  $i$  個粒子位置

$X_{id}(t)$  : 為第  $t$  迭代的第  $i$  個粒子內第  $d$  個位置

$V_i(t)$  : 為第  $t$  迭代的第  $i$  個粒子速度

$V_{id}(t)$  : 為第  $t$  迭代的第  $i$  個粒子內第  $d$  個速度

$pbest_{id}(t)$  : 為第  $t$  迭代的第  $i$  個個體粒子最佳解內第  $d$  個最佳解位置

$gbest_d(t)$  : 為第  $t$  迭代的群體粒子最佳解內第  $d$  個最佳解位置

數學函數：

$$V_{id}(t+1) = w(t) \times V_{id}(t) + c_1 \times Cr(n) \times (pbest_{id}(t) - X_{id}(t)) + c_2 \times (1 - Cr(n)) \times (gbest_{id}(t) - X_{id}(t)) \quad (9)$$

$$X_{id}(t+1) = X_{id}(t) + V_{id}(t+1) \quad (10)$$

更新個體各維度速度與位置步驟：

- i. 設定  $i = 1$
- ii. 設定  $d = 1$
- iii. 更新  $i$  粒子中  $d$  維度的速度( $V_{id}(t+1)$ )，透過公式(9)，進行更新
- iv. 更新  $i$  粒子中  $d$  維度的位置( $X_{id}(t+1)$ )，透過公式(10)，進行更新
- v. 判斷  $d$  是否等於  $D$ ，若是，則  $i = i + 1$ ，反之，則  $d = d + 1$  與  $n = n + 1$ ，並回至步驟 iii
- vi. 判斷  $i$  是否大於  $I$ ，若是，則表示結束更新，反之，則回至步驟 ii

#### Step 6：更新個體最佳解

更新個體最佳解其目的是希望以此做為學習個體最佳經驗的依據，使其能往更佳方向前進。更新所有個體(粒子)最佳解，當現在的個體適應值優於或小於個體最佳解的適應值時，便將個體最佳解替換為現在的個體的粒子，反之，則不進行替換，反覆執行，直到所有粒子皆更新過為止。

#### Step 7：更新族群最佳解

更新族群最佳解其目的，以此做為學習群體最佳經驗的依據，使其能往更佳方向前進。更新族群最佳解，當現在的個體最佳解適應值優於或小於族群最佳解的適應值時，便將族群最佳解替換為其個體最佳解的粒子，反之，則不進行替換，反覆執行，直到現在的個體最佳解適應值無法小於族群最佳解為止。

#### Step 8：判斷是否滿足 PSO 終止條件

本研究所提出的 PSO 演算法之終止條件，為演算的迭代次數超過設定的最大迭代次數時，便為終止與演算成功，反之則回到 step 3 開始。

## 4.2 第二階段蟻群演算法步驟說明

下面將逐一說明蟻群演算法步驟

#### Step 1：確認倉儲以及訂單資訊

當每次輸入目前 PSO 產生之批次所指定之訂單內各品項儲位後，透過蟻群演算法搜尋並決定其各儲位間之最短距離，其適應值為最短之揀貨路徑。計算完所有個體的適應值後，更新所有個體各自最佳解、族群最佳解後，經反覆迭代運算，直到滿足最大迭代次數，回饋其族群最佳解之最短路徑於 PSO。

## Step 2：起始狀態及參數設定

符號說明：

$\tau_0$ ：各線段費洛蒙起始值

$\rho$ ：費洛蒙衰退參數

$S$ ：螞蟻數量

$\alpha, \beta$ ：用來決定費洛蒙與距離重要性之參數。若  $\alpha = 0$ ，則螞蟻將選擇距離最短的鄰近儲位作為下一個拜訪儲位。若  $\beta = 0$ ，則螞蟻選擇下一拜訪儲位時不考量其距離長短，僅費洛蒙濃度作為選擇下一個拜訪儲點之依據。

$t_{max}$ ：執行迭代次數

## Step 3：建構 TSP 路徑

將  $S$  隻螞蟻放至隨機選擇之儲位上，每隻螞蟻自該儲位出發，透過公式(11)之求算，以選擇下一個到訪儲位。反覆進行以逐步完成揀貨路徑。

$$P_{ij}^s(t) = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha \times [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{u \in J_s(i)} [\tau_{iu}(t)]^\alpha \times [\eta_{iu}]^\beta} & \text{if } j \in J_s(i) \\ 0 & \text{other} \end{cases} \quad (11)$$

$\tau_{ij}(t)$ 為儲位  $ij$  間之距離在時間  $t$  之費洛蒙濃度； $\eta_{ij}$  代表期望值，通常為儲位  $ij$  間距離之倒數； $J_s(i)$  是位於節點  $i$  之螞蟻  $s$ ，尚未拜訪過的鄰近儲位集合；在起始狀態時，由於各儲位間的路徑尚未有費洛蒙之累積，因此螞蟻是以隨機的方式選擇拜訪儲位。每隻螞蟻對下一儲位之選擇，並非選擇機率最高者，而是另外產生一個隨機亂數，以機率方式選擇下一儲位。

## Step 4：更新費洛蒙濃度

當所有螞蟻均完成一趟的揀貨路徑後，便執行「整體更新法」，即依據他們的表現進行費洛蒙的更新。儲位  $ij$  間的路徑上殘留費洛



蒙量之計算如(12)所示。

$$\tau_{ij}(t+1) = (1-\rho)\tau_{ij}(t) + \rho \quad (12)$$

$$\sum_s \Delta\tau_{ij,s} = \Delta\tau_{ij} \quad (13)$$

$\Delta\tau_{ij,s}$  為在時間  $t \rightarrow t+1$  時，第  $s$  隻螞蟻在儲位  $ij$  間的路徑留下之費洛蒙， $\sum_s \Delta\tau_{ij,s}$  為在時間  $t \rightarrow t+1$  時，所有螞蟻在儲位  $ij$  間的路徑留下費洛蒙的量，若線段  $(i, j)$  為螞蟻  $s$  所曾走過的線段(即： $ij \in L_s$ )，則  $\Delta\tau_{ij,s} = Q/L_s$ ；否則  $\Delta\tau_{ij,s} = 0$ 。 $L_s$  為螞蟻  $s$  所建構之路徑總長度。

Step 5：更新最佳路徑

符號說明：

$L^+$ ：為目前所找到之最佳路徑總長度，

$T^+$ ：為目前所找到之最佳路徑，

所有螞蟻找出的揀貨路徑中，找出路徑長度最短者  $min$ ，若螞蟻  $s$  所找到的路徑其總長度最小。若  $min < L^+$ ，則令  $L^+ = min$ ， $T^+ = min$ 。則往下一次迭代推進。

Step 6：測試停止條件

蟻群演算法的停止條件設定為迭代次數到達執行迭代次數( $t_{max}$ )停止，即當  $t = t_{max}$  時停止；此時， $T^+$  為找到的最佳路徑， $L^+$  為其總長度；否則回到 step 3。世代的推移是指當所有螞蟻均完成一趟路徑建構，且做完費洛蒙的更新後，才推移一次世代。即：若  $t_{max} = 100$ ，表示步驟將重複 100 次才會到達迭代上限。

## 第五章 績效評估

本章節透過實驗來評估本方法的績效，定義一組共同的問題，利用本研究之粒子群最佳化演算法結合蟻群演算法進行求解，透過與線性規劃求解的結果，進行比較，分析由本研究所提出之方法的結果品質與求解時間，進行探討。本章節區分為四節，第 5.1 節說明整體實驗的環境建構，第 5.2 節進行與數學模式的比較，呈現其結果與分析，第 5.3 節進行與廠商現行模式的方法比較，並呈現結果，第 5.4 節為此章節之小結。

### 5.1 實驗方式與環境建構

#### 5.1.1 實驗環境

##### 1. 需求資訊：

本研究考量的需求資訊除各訂單之產品品項需求量，訂單之品項數量分為 4、7、10 個品項等三個水準，來決定各訂單之需求量，而本研究將採取訂單數為 5、10、20、50、100 與 200 等水準，進行實驗分析。

##### 2. 倉儲資訊：

本例子假設於一傳統揀貨區，共兩個揀貨區塊，每一揀貨走道左右各有 6 個儲位，儲位的寬度與長度、揀貨走道寬度以及橫向走道寬度均為 1 個單位，揀貨員進入揀貨走道至離開行走 4 個單位長，由第一個揀貨走道至最後揀貨走道行走 7 單位長，如圖 5.1 所示。此外每個儲位僅存放一個品項。

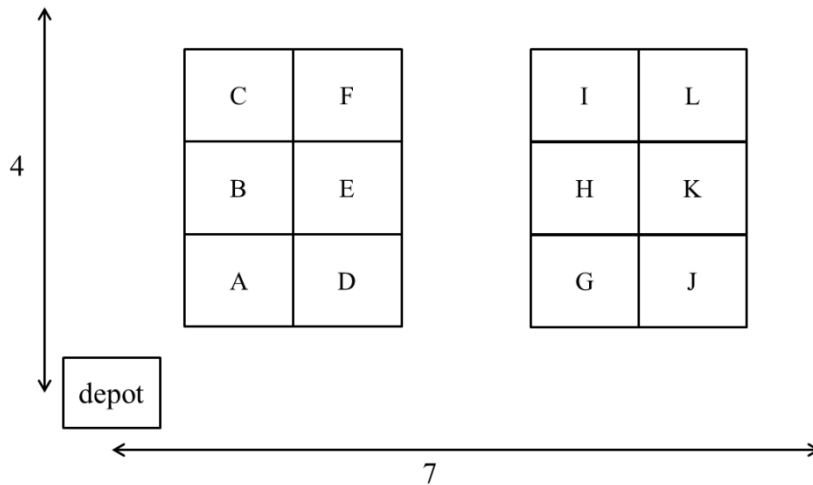


圖 5.1 倉儲範例圖

### 3. 揀貨臺車之資訊：

每個批次皆以一台揀貨台車進行揀貨之動作，本研究將揀貨臺車之最大承載量分為 4 張訂單及 5 張訂單兩種水準，進行實驗分析。

### 4. 進行實驗之作業系統之環境：

本實驗之作業系統為 Windows XP Professional SP3，CPU 為 Intel® Core™2 Quad Processor Q8300 2.5GHz，1.87GB RAM，求解工具為 Matlab 2010R。

綜合上述，本研究將上述之各影響因素，整理如表 5.1，將此實驗共區分為兩種等級，區別在於問題的大與小，共 10 組問題，每一組問題有各自的需求水準(Orders)與揀貨臺車承載量之水準(Capacity)，其問題規模由小至大，而變數與限制式的數量，也逐筆增加，亦表示問題相對更複雜；因此，使用本研究所提出多階多機台加工之基因演算法，與混整數線性規劃模型採用 IBM ILOG CPLEX Optimizer 軟體進行求解的比較，評估以整數線性規劃求解之方式，找出最佳解與本研究所提出之方法的差距。

表 5.1 實驗問題

Data Size	Problem Number	Problem Size (Order, Capacity, items)	Data Size	Problem Number	Problem Size (Order, Capacity, items)
Small	1	(5,4,4)	Large	19	(50,4,4)
	2	(5,4,7)		20	(50,4,7)
	3	(5,4,10)		21	(50,4,10)
	4	(6,4,4)		22	(100,4,4)
	5	(6,4,7)		23	(100,4,7)
	6	(6,4,10)		24	(100,4,10)
	7	(7,4,4)		25	(200,4,4)
	8	(7,4,7)		26	(200,4,7)
	9	(7,4,10)		27	(200,4,10)
	10	(5,5,4)		28	(50,5,4)
	11	(5,5,7)		29	(50,5,7)
	12	(5,5,10)		30	(50,5,10)
	13	(6,5,4)		31	(100,5,4)
	14	(6,5,7)		32	(100,5,7)
	15	(6,5,10)		33	(100,5,10)
	16	(7,5,4)		34	(200,5,4)
	17	(7,5,7)		35	(200,5,7)
	18	(7,5,10)		36	(200,5,10)

## 5.2 本研究之模式與整數線性規劃模型比較

承 5.1 章節所提之各種實驗環境設計及演算法參數，將執行完成表 5.1 中的所有問題，分別採取使用 CPLEX 求解的方式，與本研究模式使用 Matlab 來執行。CPLEX 求解的優點為能求解出最佳解，但是前文已提到本研究之問題，為 NP-Complete 的問題，若問題的規模較小，就能在短時間內求解出最佳解來，相對的，當問題規模逐漸變大時，求解難度提高，可能需要長時間來進行求解，甚至有無法求解的情況，為了避免過長的求解時間，必須對此有所限制；而 CPLEX 在演算時，因採用分支界定法(Branch-and-Bound; B&B)的方式，所以需要使用電腦本身的記憶體空間，支持整個演算進行，問題越大，所需的記憶體空間也就越大，當記憶體不足時，CPLEX 則會停止運算(Runs out of memory)，雖無法求得最佳解，但會提供一組在停止運算前的近似解；因此，若發生此情況，本研究則擷取在停止運算後近似解，作為此實驗的評估標準。

另外，本研究模式因採用基因演算法，而在使基因演算法求解問題時，每次的結果不盡相同，所以本研究在每一個問題下，均執行十次，分別紀錄下來，找出十次演算中之最大值、最小值與平均值，進

行與最佳解的評估，而該如何評估的兩種方法的差距，本研究採用 Chen、Lin 與 Fang[11]所使用的方式，如公式(14)所示：

$$SolutionGap(\%) = \frac{S - B}{B} \times 100\% \quad (14)$$

公式(14)中， $S$  則為本研究模式所求解之結果； $B$  為由 *CPLEX* 求解之最佳解，假如超出記憶體之運算，則使用近似解做為比較的依據。透過公式(14)的計算，將能評估本研究模式與最佳解之間的差異，除了評估求解的品質外，求解之時間，也是本實驗的評估重點。

### 5.2.1 結果比較

表 5.2 為本次實驗的結果呈現，小樣本之問題皆能透過 *CPLEX* 求解出最佳解，而本研究所提出之粒子群最佳化演算法結合蟻群演算法，在小樣本之問題，求得之最小的解與最佳解之間無任何差距，表示本方法所求得之結果為此問題下的最佳解，而大樣本之問題，*CPLEX* 在求解過程中，皆無法求得最佳，但本研究模式皆能求得近似解。

表 5.2 本研究模式與整數線性規劃模型之結果與差距

Data Size	Problem Number	Problem Size (Order, Capacity, items)	CPLEX Optimallier	Hybrid PSO and ACO algorithm		
			Solution	Min Solution(Gap %)	Average Solution(Gap %)	Max Solution(Gap %)
Small	1	(5,4,4)	40	40(0%)	40(0%)	40(0%)
	2	(5,4,7)	44	44(0%)	44(0%)	44(0%)
	3	(5,4,10)	54	54(0%)	54(0%)	54(0%)
	4	(6,4,4)	40	40(0%)	40(0%)	40(0%)
	5	(6,4,7)	46	46(0%)	46(0%)	46(0%)
	6	(6,4,10)	56	56(0%)	56(0%)	56(0%)
	7	(7,4,4)	42	42(0%)	42(0%)	42(0%)
	8	(7,4,7)	46	46(0%)	46(0%)	46(0%)
	9	(7,4,10)	56	56(0%)	56(0%)	56(0%)
	10	(5,5,4)	28	28(0%)	28(0%)	28(0%)
	11	(5,5,7)	28	28(0%)	28(0%)	28(0%)
	12	(5,5,10)	28	28(0%)	28(0%)	28(0%)
	13	(6,5,4)	40	40(0%)	40(0%)	40(0%)
	14	(6,5,7)	44	44(0%)	44(0%)	44(0%)
	15	(6,5,10)	54	54(0%)	54.4(-0.7%)	56(-3%)
	16	(7,5,4)	42	42(0%)	42(0%)	42(0%)
	17	(7,5,7)	44	44(0%)	44.8(-1.8%)	46(-5%)
	18	(7,5,10)	56	56(0%)	56(0%)	56(0%)

由圖 5.2 所見，可看出兩個方法在求解時間上的趨勢，本研究方法的求解時間，由小規模的問題到大規模的問題，其求解時間緩慢的增加，且都遠低於 *CPLEX*，可看出當問題規模逐漸變大時，本研究模式所需的求解時間，並不會迅速增加，更可明確的得知本研究模式的優異之處。

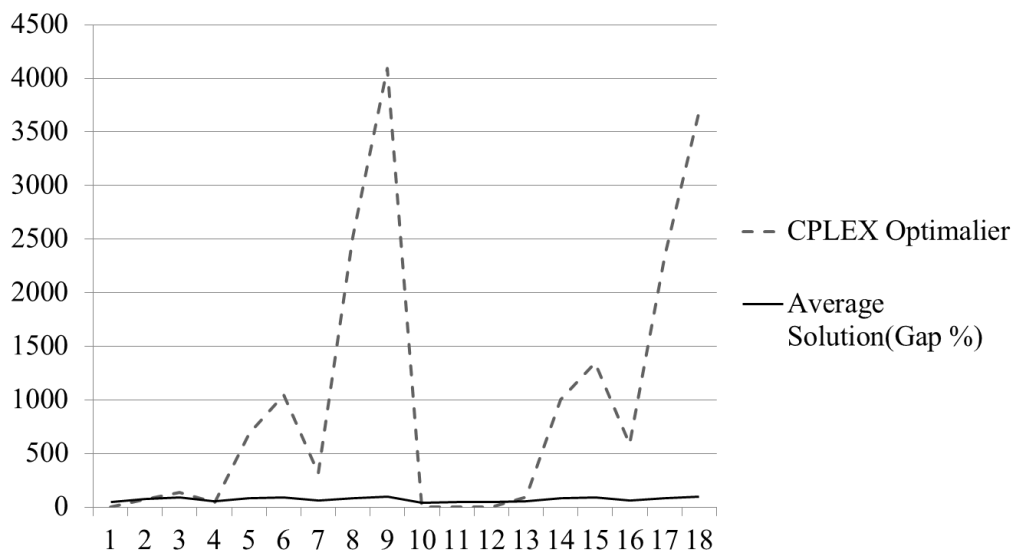


圖 5.2 本研究模式與整數線性規劃模型之時間與差距

### 5.3 本研究之模式與二階段基因演算法之比較

除了探討各種不同規模下的問題外，本研究比較以二階段基因演算法之規劃方法與本研究所提出之演算法的規劃結果，並以最短揀貨距離的觀點，探討兩種方法與揀貨排程上之影響。

#### 5.3.1 二階段基因演算法說明

本節說明二階段基因與蟻群演算法，針對倉儲揀貨路徑規劃問題，對批次大小及揀貨順序做最有效之配置，使整體揀貨路徑最小化。圖 5. 為二階段基因與蟻群演算法之細部流程，先產生初始解作為母代，決定批次大小及該批次對應之訂單，並將此結果匯入第二階段之基因演算法，計算各批次之最短距離，回饋至第一階段基因演算法再加總各批次之揀貨距離，判斷是否達到終止條件，本研究終止條件設定為世代數，達到設定之世代數則停止搜索，如果沒有，則透過第一階段基因演算法，將批次大小及批次對應之訂單輸出至第二階段基因演算法計算出此批次之最短路徑，再進行適應值之計算，不斷反覆進行至第一階段基因演算法達到終止條件為止。

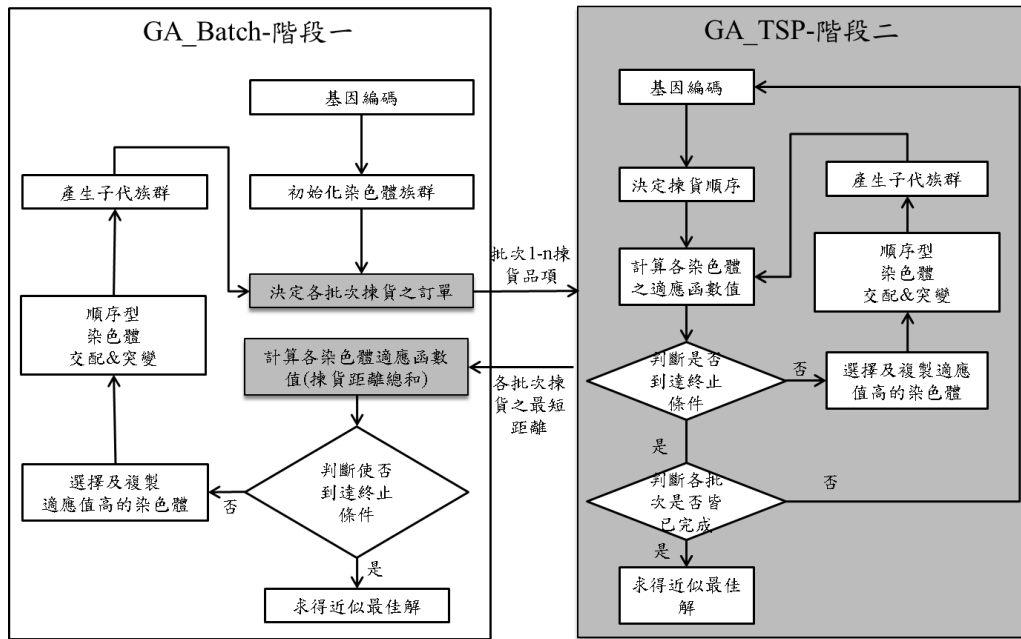


圖 5.3 二階段基因演算法規劃流程圖

### 5.3.2 結果比較

表 5.3 為本次實驗的結果呈現，於小樣本中，透過二階段基因演算法所求得最小的解與最佳解無異，與本研究所提出之粒子群演算法結合蟻群演算法，求得之最小的解與最佳解之間無任何差距。但觀察平均數以及最大解，但現行之方法與最佳解有些許之差異，最高可達 39% 之誤差，透過與最佳解之比較，表示本研究所提出之方法所求得之結果優於二階段基因演算法；而大樣本之問題終，但本研究所提出之近似解皆優於二階段基因演算法之近似解，更可明確的得知本研究模式的優異之處。

表 5.3 本研究模式、整數線性規劃模型與二階段基因演算法之成果差距

Data Size	Problem Number	Problem Size (Order, Capacity, items)	CPLEX	Hybrid PSO and	Multi GA algorithm		
			Optimalier	ACO algorithm	Min	Average	Max
			Solution	Average Solution	Solution(Gap %)	Solution(Gap %)	Solution(Gap %)
Small	1	(5,4,4)	40	40(0%)	40(0.00)	40.4(-0.01)	42(-0.05)
	2	(5,4,7)	44	44(0%)	44(0.00)	47.2(-0.07)	50(-0.14)
	3	(5,4,10)	54	54(0%)	54(0.00)	56.8(-0.05)	60(-0.11)
	4	(6,4,4)	40	40(0%)	40(0.00)	44.8(-0.12)	46(-0.15)
	5	(6,4,7)	46	46(0%)	46(0.00)	57.6(-0.25)	60(-0.30)
	6	(6,4,10)	56	56(0%)	56(0.00)	58.4(-0.04)	62(-0.11)
	7	(7,4,4)	42	42(0%)	42(0.00)	46.8(-0.11)	48(-0.14)
	8	(7,4,7)	46	46(0%)	46(0.00)	56.8(-0.23)	64(-0.39)
	9	(7,4,10)	56	56(0%)	56(0.00)	63.6(-0.14)	66(-0.18)
	10	(5,5,4)	28	28(0%)	28(0.00)	28.4(-0.01)	30(-0.07)
	11	(5,5,7)	28	28(0%)	28(0.00)	28.4(-0.01)	30(-0.07)
	12	(5,5,10)	28	28(0%)	28(0.00)	28.8(-0.03)	30(-0.07)
	13	(6,5,4)	40	40(0%)	40(0.00)	44(-0.10)	46(-0.15)
	14	(6,5,7)	44	44(0%)	44(0.00)	49.6(-0.13)	52(-0.18)
	15	(6,5,10)	54	54.4(-0.7%)	54(0.00)	63.2(-0.17)	64(-0.19)
	16	(7,5,4)	42	42(0%)	42(0.00)	44.4(-0.06)	46(-0.10)
	17	(7,5,7)	44	44.8(-1.8%)	44(0.00)	52(-0.18)	56(-0.27)
	18	(7,5,10)	56	56(0%)	56(0.00)	62.4(-0.11)	66(-0.18)
Large	19	(50,4,4)	-	308.8	342(-0.11)	371.2(-0.20)	374(-0.21)
	20	(50,4,7)	-	348.8	392(-0.12)	452.4(-0.30)	462(-0.32)
	21	(50,4,10)	-	363.6	425(-0.17)	470.8(-0.29)	476(-0.31)
	22	(100,4,4)	-	606.4	666(-0.10)	738.4(-0.22)	744(-0.23)
	23	(100,4,7)	-	674.8	680(-0.01)	896(-0.33)	906(-0.34)
	24	(100,4,10)	-	698.8	732(-0.05)	930.4(-0.33)	946(-0.35)
	25	(200,4,4)	-	1241.2	1276(-0.03)	1485.2(-0.20)	1500(-0.21)
	26	(200,4,7)	-	1331.2	1386(-0.04)	1817.2(-0.37)	1832(-0.38)
	27	(200,4,10)	-	1394.8	1426(-0.02)	1883.6(-0.35)	1900(-0.36)
	28	(50,5,4)	-	249.6	298(-0.19)	305.6(-0.22)	316(-0.27)
	29	(50,5,7)	-	267.2	304(-0.14)	352.8(-0.32)	360(-0.35)
	30	(50,5,10)	-	280	326(-0.16)	359.2(-0.28)	366(-0.31)
	31	(100,5,4)	-	495.6	530(-0.07)	620.8(-0.25)	630(-0.27)
	32	(100,5,7)	-	540.8	570(-0.05)	729.2(-0.35)	734(-0.36)
	33	(100,5,10)	-	558.4	592(-0.06)	732.8(-0.31)	744(-0.33)
	34	(200,5,4)	-	1002.4	1122(-0.12)	1247.6(-0.24)	1260(-0.26)
	35	(200,5,7)	-	1078.4	1185(-0.10)	1483.6(-0.38)	1490(-0.38)
	36	(200,5,10)	-	1116.8	1254(-0.12)	1506(-0.35)	1520(-0.36)

## 5.4 本研究之模式與現行做法之比較

除了探討各種不同規模下的問題以及多階段遺傳演算法外，本研究比較現行以派工法則與優先權為基礎之規劃方法與本研究所提出之多階平行機台之基因演算法的規劃結果，並以最短揀貨距離的觀點，探討兩種方法與揀貨排程上之影響。

### 5.4.1 現行規劃說明

本節說明案例公司現行針對生產排程的規劃方式，以訂單能準時達交第一優先，規劃人員在規劃時，都是使用以訂單匯入順序進行規劃，以滿足各顧客之產品訂單交期設定為優先考量，物流中心之揀貨規劃流程中，生管人員先匯總將業務手中之訂單資料，透過訂單匯入



順序規劃(見圖 5.)決定於現有產能下，物料庫存是否足夠，若足夠則建立揀貨單，否則透過人工之方式修正。接著決定揀貨臺車以及揀貨人員，判定揀貨臺車以及揀貨人員是否足夠，若足夠則開始揀貨作業，出貨及包裝。

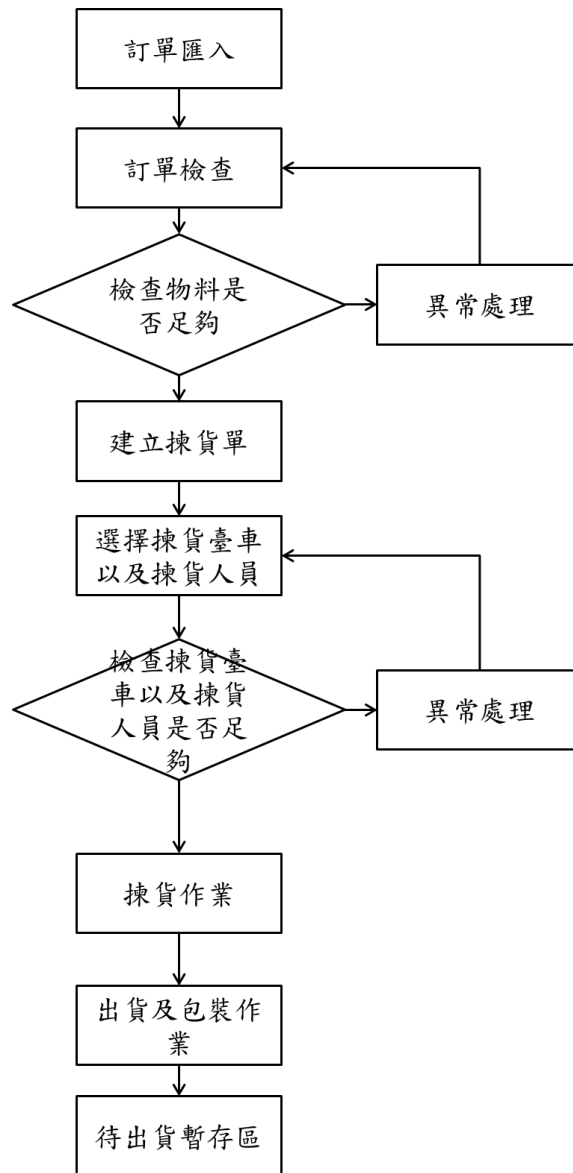


圖 5.4 現行做法規劃流程圖

現行做法如圖 5. 規劃人員將目前訂單匯入系統，依訂單匯入順序開始規劃，整理訂單內所需揀取之貨物，由距離起始點最近之儲位開始規劃，逐一揀貨至最後一儲位，再回歸至起始點。

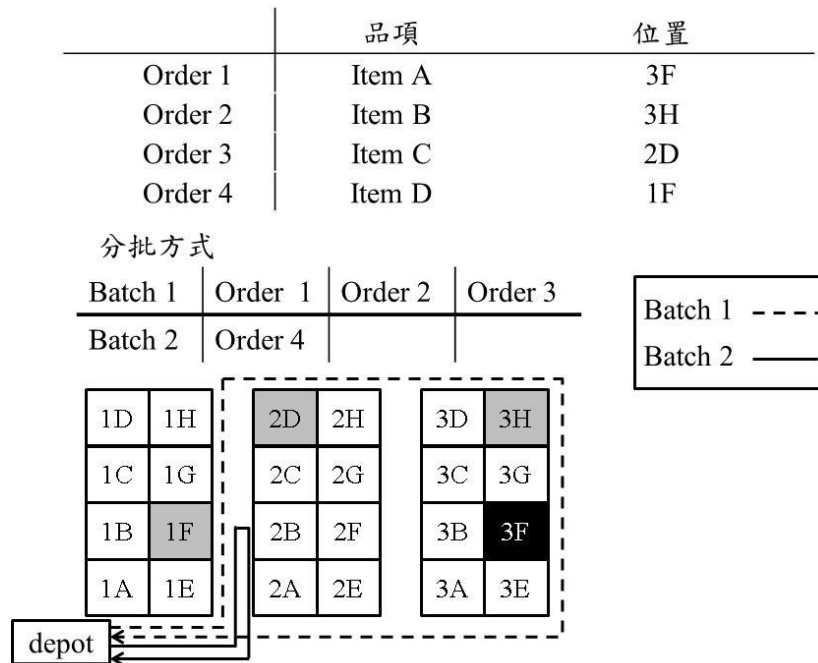


圖 5.5 現行檢貨做法示意圖

### 5.4.2 結果比較

表 5.4 為本次實驗的結果呈現，小樣本之問題 1 及問題 4 中，先行之作法皆能求解出最佳解，而本研究所提出之粒子群最佳化演算法結合蟻群演算法，求得之最小的解與最佳解之間無任何差距。於問題 2 與問題 3 中，但現行之方法與最佳解有些許之差異，並高達 27% 之誤差，透過與最佳解之比較，表示本方法所求得之結果優於現行之作法；而大樣本之問題，但本研究所提出之近似解皆優於現行做法之近似解，更可明確的得知本研究模式的優異之處。

表 5.4 本研究模式、整數線性規劃模型與現行做法之成果差距

Data Size	Problem Number	Problem Size (Order, Capacity, items)	CPLEX Optimialier	Current method	Hybrid PSO and ACO algorithm		
			Solution	Solution (Gap %)	Min Solution(Gap %)	Average Solution(Gap %)	Max Solution(Gap %)
Small	1	(5,4,4)	40	44(-10%)	40(0%)	40(0%)	40(0%)
	2	(5,4,7)	44	56(-27%)	44(0%)	44(0%)	44(0%)
	3	(5,4,10)	54	54(0%)	54(0%)	54(0%)	54(0%)
	4	(6,4,4)	40	54(-35%)	40(0%)	40(0%)	40(0%)
	5	(6,4,7)	46	56(-21%)	46(0%)	46(0%)	46(0%)
	6	(6,4,10)	56	56(0%)	56(0%)	56(0%)	56(0%)
	7	(7,4,4)	42	54(-28%)	42(0%)	42(0%)	42(0%)
	8	(7,4,7)	46	56(-21%)	46(0%)	46(0%)	46(0%)
	9	(7,4,10)	56	56(0%)	56(0%)	56(0%)	56(0%)
	10	(5,5,4)	28	28(0%)	28(0%)	28(0%)	28(0%)
	11	(5,5,7)	28	28(0%)	28(0%)	28(0%)	28(0%)
	12	(5,5,10)	28	28(0%)	28(0%)	28(0%)	28(0%)
	13	(6,5,4)	40	52(-30%)	40(0%)	40(0%)	40(0%)
	14	(6,5,7)	44	44(0%)	44(0%)	44(0%)	44(0%)
	15	(6,5,10)	54	56(-3%)	54(0%)	54.4(-0.7%)	56(-3%)
	16	(7,5,4)	42	54(-28%)	42(0%)	42(0%)	42(0%)
	17	(7,5,7)	44	46(-5%)	44(0%)	44.8(-1.8%)	46(-5%)
	18	(7,5,10)	56	56(0%)	56(0%)	56(0%)	56(0%)
Large	19	(50,4,4)	-	358(-0.16)	302	308.8	316
	20	(50,4,7)	-	366(-0.05)	348	348.8	350
	21	(50,4,10)	-	368(-0.01)	362	363.6	364
	22	(100,4,4)	-	688(-0.13)	590	606.4	616
	23	(100,4,7)	-	710(-0.05)	674	674.8	676
	24	(100,4,10)	-	702(0.00)	698	698.8	700
	25	(200,4,4)	-	1368(-0.10)	1240	1241.2	1244
	26	(200,4,7)	-	1408(-0.06)	1330	1331.2	1334
	27	(200,4,10)	-	1406(-0.01)	1392	1394.8	1398
	28	(50,5,4)	-	282(-0.13)	248	249.6	252
	29	(50,5,7)	-	280(-0.05)	266	267.2	270
	30	(50,5,10)	-	282(-0.01)	280	280	280
	31	(100,5,4)	-	560(-0.13)	482	495.6	506
	32	(100,5,7)	-	564(-0.04)	540	540.8	542
	33	(100,5,10)	-	562(-0.01)	558	558.4	560
	34	(200,5,4)	-	1106(-0.10)	1000	1002.4	1010
	35	(200,5,7)	-	1132(-0.05)	1078	1078.4	1080
	36	(200,5,10)	-	1134(-0.02)	1114	1116.8	1120

## 5.5 實驗設計

本小節為探討 5.2 節中，兩個主要因子對於檢貨距離與 CPU Time 的影響，分別是訂單數量、批量大小。由於本樣本範例為小樣本，僅 12 個儲位，因此另外考慮儲位數量以及訂單內之品項數量兩因子，探討儲位數量是否為影響本研究所提出之演算法之關鍵因子。

### 5.5.1 實驗規劃說明

#### 1. 實驗設計

採 4 因子 3 水準之全因子實驗，且每個實驗重複 2 次，實驗順序為完全隨機方式，其各因子資訊與水準如表 5.5 所示，為此實驗設計的實驗組數與完全隨機方式下的實驗順序。

表 5.5 控制因子及水準

	Control Factor		Level 1	Level 2	Level 3
1	訂單數量	A	10	15	20
2	訂單內品 項數量	B	4	7	10
3	揀貨臺車 承載量之 水準	C	3	4	5
4	儲位數量	D	12	18	24

## 2. 原因

- (1) 全因子實驗：考慮實驗結果可全部涵蓋各種可能，可避免交絡 (Confounding)，及因子的效應無法與其它的效應明確分辨。
- (2) 重複 2 次：為了找出隨機誤差項，以確認因子是否為主要因子。

### 5.5.2 CPU Time 數據分析

進行實驗獲取附錄二之實驗數據後，本研究針對三個因子對於 CPU Time 的影響進行變異數分析 (ANOVA)，使用 Design-Expert 8.0.7.1 軟體計算所得之 ANOVA 表如表 5.6 所示，其中因子 A 訂單數量、因子 B 訂單內品項數量與因子 C 揀貨臺車承載量之水準皆會影響演算法之運算時間，其因子 D 儲位多寡則不顯著，表示儲位多寡並不影響本研究所提出演算法之運算時間。所以對於 CPU Time，因子 A 訂單數量、因子 B 訂單內品項數量與因子 C 揀貨臺車承載量，皆是影響整個演算的關鍵因素。

表 5.6 CPU Time 之 ANOVA 分析表

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F	P
Model	8326.67	8	1040.83	8.30	< 0.0001
A-訂單數量	1666.99	2	833.50	6.65	0.0017*
B-訂單內品項數量	4323.04	2	2161.52	17.24	< 0.0001*
C-揀貨臺車承載量	1873.88	2	936.94	7.47	0.0008*
D-儲位多寡	462.75	2	231.37	1.85	0.1615
Residual	19185.15	153	125.39		
Lack of Fit	9349.63	72	129.86	1.07	0.3833
Pure Error	9835.52	81	121.43		
Cor Total	27511.82	161			

\*p<0.05

## 5.6 小結

本章節透過與數學模型求解工具 CPLEX 的比較，取得各種問題規模下的最佳解或近似解，以求解的品質與時間兩個維度進行比較，結果呈現，不論是在品質或時間，本研究所提的方法之規劃結果，有不錯的績效表現。而在第二個實驗中，使用案例為目前該公司的規劃方式，透過與該公司的方法模式比較，也呈現較該公司的方法優異的結果。因此，不論是在最佳化或現行規劃方法的比較上，本研究模式皆呈現不錯的結果。

## 第六章 結論與未來方向

### 6.1 結論

從過去標準的訂單分批以及揀貨路徑規劃問題，本研究則延伸結合兩項議題，提出一粒子群最佳化演算法結合蟻群演算法，並考量現行物流中心特性，訂單內之產品品項為少量但多樣、物流中心之揀貨臺車有限，批量皆有承載量之上限之因素，決定訂單分批方式及揀貨順序。目的為提供規劃人員於安排訂單之揀貨排程時，以整體的揀貨路徑最小化為目標，決定如何將現場的揀貨員，適當的給予安排及規劃，得到較高的揀貨績效，以快速回應顧客需求。

此外，利用本研究模式與混整數線性規劃求解之方式進行比較，透過實驗結果分別以訂單數量與揀貨臺車承載量等角度進行觀察，本研究模式不論是在小問題或大問題的情況下，皆有不錯的求解績效，於大問題中，其求解時間更是減少很多。此外，更透過實際案例的比較，與該公司的現行規劃方式，其結果為本研究模式優於現況方法，因此能提供規劃人員較好的規劃結果，以供參考。

### 6.2 未來方向

本研究所提出的模式，在求解的品質與時間上表現頗佳，但本模式是以一些基本假設為前提下所建立，利用粒子群最佳化演算法結合蟻群演算法決定訂單分批方式及揀貨順序之問題，因此建議未來可改進的研究方向如下：

1. 考慮各訂單之結束時間之參數，使其目標由決定最短路徑加上符合訂單之結束時間之雙目標模型。
2. 粒子群最佳化演算法結合蟻群演算法之參數的設計，本研究採取經驗法則的方式進行設定，未來能夠使用參數最佳化的方法，如田口法，來進行更好的參數探討。
3. 加入多出口之物流特性，即車輛派遣問題。

## 參考文獻

- [1] Tompkins J. A, White J. A, Bozer Y. A, Tanchoco J. M. A, "Facilities planning, 3rd edition. Wiley, Chichester.," 2003.
- [2] R. de Koster, T. Le-Duc, and K. J. Roodbergen, "Design and control of warehouse order picking: A literature review," *European Journal of Operational Research*, vol. 182, pp. 481-501, 2007.
- [3] J. Won and S. Olafsson \*, "Joint order batching and order picking in warehouse operations," *International Journal of Production Research*, vol. 43, pp. 1427-1442, 2012/05/16 2005.
- [4] Petersen, II, C.G., "An evaluation of order picking routeing policies," *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 17, pp. 1098 - 1111, 1997.
- [5] K. J. Roodbergen and R. de Koster, "Routing order pickers in a warehouse with a middle aisle," *European Journal of Operational Research*, vol. 133, pp. 32-43, 2001.
- [6] M. Dorigo, V. Maniezzo, and A. Colorni, "Ant system: optimization by a colony of cooperating agents," *Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics, IEEE Transactions on*, vol. 26, pp. 29-41, 1996.
- [7] C. Y. Tsai, J. J. H. Liou, and T. M. Huang, "Using a multiple-GA method to solve the batch picking problem: considering travel distance and order due time," *International Journal of Production Research*, vol. 46, pp. 6533-6555, 2012/05/16 2008.
- [8] Osman Kulak, Y. Sahin, and M. Taner, "Joint order batching and picker routing in single and multiple-cross-aisle warehouses using cluster-based tabu search algorithms," *Flexible Services and Manufacturing Journal*, vol. 24, pp. 52-80.
- [9] Guangming Lin and Xin Yao, "Analysing Crossover Operators by Search Step Size," *Proc. IEEE int. conf. Evolutionary Computation*, pp. 107-110, 1997.
- [10] G. Ceran and M. K. Yilmaz, "An efficient genetic algorithm next term for previous term hybrid flow shop scheduling with multiprocessor task

problemsnext term," *Applied Soft Computing*, vol. 11, pp. 3056 - 3065, 2011.

- [11] Tzu-Li Chen, J. T. Lin, and S.-C. Fang, "A shadow-price based heuristic for capacity planning of TFT-LCD manufacturing," *Journal of Industrial and Management Optimization*, pp. 209-241, 2010.



附錄一：Makespan 之實驗數據表

實驗	A	B	C	D	CPU Time	實驗	A	B	C	D	CPU Time
1	10	7	3	18	15.14	82	10	7	5	24	7.93
2	10	7	4	12	15.38	83	15	4	4	12	15
3	20	4	3	18	16.74	84	20	10	5	12	23.37
4	20	7	4	24	17.58	85	10	10	4	18	15.98
5	10	10	3	18	19.35	86	10	10	5	12	11.95
6	15	7	5	12	17.09	87	20	10	3	12	39.27
7	10	4	4	12	9.75	88	15	10	5	12	17.62
8	15	7	3	18	20.37	89	20	10	4	12	29.28
9	10	10	5	18	11.65	90	10	10	4	18	15.76
10	20	4	3	18	17.28	91	15	4	3	12	15.63
11	10	7	3	12	18.73	92	20	7	3	12	34.41
12	15	4	5	12	12.77	93	20	10	5	24	21.89
13	10	7	4	24	8.84	94	10	7	3	12	18.38
14	20	4	4	24	10.2	95	15	10	4	18	21.71
15	20	7	5	18	20.61	96	20	10	5	24	21.76
16	20	7	5	24	15.44	97	20	4	5	12	16.78
17	10	7	5	18	11.06	98	20	7	3	12	34.18
18	20	4	3	24	11.26	99	15	7	3	18	20.39
19	10	4	4	24	4.51	100	15	4	5	18	10.68
20	20	7	4	18	23.67	101	20	10	4	18	16.83
21	10	4	5	18	8.42	102	15	7	3	24	12.74
22	15	7	3	12	24.48	103	15	10	4	24	19.13
23	15	10	5	24	15.95	104	20	10	3	18	34.47
24	20	4	4	18	15.8	105	10	10	3	18	19.12
25	10	4	4	12	9.87	106	20	7	3	18	27.37
26	20	10	3	24	31.18	107	20	4	5	18	14.01
27	15	7	5	18	15.77	108	20	10	3	12	39.81
28	10	10	4	12	16.92	109	15	4	5	24	6.82
29	20	4	3	24	11.05	110	10	7	5	12	11.69
30	15	4	5	24	7.05	111	15	10	3	12	28.54
31	20	10	5	18	22.92	112	10	7	3	24	9.36
32	20	7	4	18	23.59	113	10	7	4	12	15.73
33	10	4	5	24	3.98	114	15	10	5	18	17.06
34	15	10	3	12	28.48	115	15	7	5	12	17.08
35	20	10	5	18	22.37	116	20	7	4	24	16.92

實驗	A	B	C	D	CPU Time	實驗	A	B	C	D	CPU Time
36	20	10	3	24	31.14	117	15	4	3	18	12.26
37	15	7	3	24	13.04	118	15	10	3	24	21.87
38	20	10	4	24	25.44	119	20	7	5	24	15.99
39	20	4	3	12	21.68	120	20	4	5	12	16.8
40	10	10	5	24	10.27	121	10	7	3	24	9.26
41	15	4	4	18	12.04	122	20	4	3	12	22.04
42	10	7	5	12	11.6	123	10	4	3	12	10.78
43	10	10	4	12	17.35	124	15	10	4	24	19.15
44	10	4	3	18	9.09	125	15	4	3	24	7.85
45	15	4	4	18	11.9	126	15	4	4	24	7.34
46	20	4	4	12	19.32	127	15	7	4	12	21.09
47	20	4	5	18	14.23	128	10	7	3	18	15.02
48	15	7	4	24	12.52	129	15	7	4	24	12.39
49	15	7	5	24	11.19	130	20	7	5	18	21.11
50	20	4	4	24	10.47	131	10	4	5	24	4.12
51	10	7	4	18	13.61	132	15	4	5	12	13.11
52	10	10	5	18	11.77	133	15	10	5	18	17.29
53	20	4	4	18	15.13	134	15	10	4	18	21.34
54	10	10	5	12	11.92	135	15	4	5	18	10.47
55	10	4	4	18	8.9	136	20	7	3	24	18.51
56	20	10	3	18	34.01	137	20	7	5	12	22.7
57	10	4	3	12	10.71	138	15	10	3	18	25.46
58	20	7	4	12	27.03	139	15	4	3	24	7.68
59	20	10	4	18	27.41	140	10	10	4	24	13.83
60	20	10	5	12	23.6	141	10	7	4	18	13.88
61	20	10	4	24	25.73	142	15	7	3	12	24.54
62	10	4	4	18	9.08	143	15	10	5	24	15.63
63	10	10	3	12	22.05	144	15	10	3	18	25.46
64	20	7	4	12	27.22	145	15	10	5	12	17.74
65	10	10	4	24	13.36	146	10	4	4	24	4.4
66	10	10	3	24	155	147	10	4	5	18	8.38
67	10	4	3	24	4.93	148	15	4	4	12	14.33
68	15	4	3	12	15.66	149	10	10	3	24	15.17
69	10	10	3	12	22.02	150	15	10	3	24	21.97
70	15	7	5	18	15.76	151	15	4	4	24	7.46
71	15	7	4	12	21.33	152	15	4	3	18	12.99

實驗	A	B	C	D	CPU Time	實驗	A	B	C	D	CPU Time
72	15	7	4	18	18.9	153	10	4	5	12	8.48
73	10	7	4	24	9.26	154	15	10	4	12	23.25
74	10	10	5	24	10.52	155	10	7	5	24	8.05
75	20	7	3	24	18.34	156	20	4	5	24	9.83
76	15	7	4	18	18.54	157	10	4	5	12	8.28
77	20	7	5	12	22.8	158	15	10	4	12	23.09
78	20	10	4	12	29.5	159	20	4	5	24	10
79	10	4	3	18	9.43	160	20	7	3	18	27.34
80	10	7	5	18	11.25	161	10	4	3	24	4.95
81	15	7	5	24	11.11	162	20	4	4	12	19.73

- 註： A： 訂單數量(A1：10，A2：15，A3：20)  
 B： 訂單內品項數量(B1：4，B2：7，B3：10)  
 C： 揀貨臺車承載量之水準(C1：3，C2：4，C3：5)  
 D： 儲位多寡(D1：12，D2：18，D3：24)

## 附錄二:第五章之實驗配置

訂單所需求之品項為 4 個品項

訂單	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0
儲位 2	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
儲位 3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
儲位 4	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
儲位 5	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
儲位 6	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
儲位 7	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1
儲位 8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1
儲位 9	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1
儲位 10	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
儲位 11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
儲位 12	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
訂單	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
儲位 2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
儲位 3	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
儲位 4	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0
儲位 5	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
儲位 6	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
儲位 7	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1
儲位 8	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0
儲位 9	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1
儲位 10	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
儲位 11	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
儲位 12	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1

訂單	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
儲位 2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
儲位 3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
儲位 4	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0
儲位 5	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0
儲位 6	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0
儲位 7	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
儲位 8	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0
儲位 9	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1
儲位 10	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
儲位 11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
儲位 12	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
訂單	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
儲位 2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
儲位 3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
儲位 4	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
儲位 5	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0
儲位 6	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
儲位 7	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1
儲位 8	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
儲位 9	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1
儲位 10	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0
儲位 11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
儲位 12	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0

訂單	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
儲位 2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
儲位 3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
儲位 4	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
儲位 5	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1
儲位 6	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
儲位 7	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1
儲位 8	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
儲位 9	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
儲位 10	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1
儲位 11	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
儲位 12	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
訂單	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
儲位 2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
儲位 3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
儲位 4	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
儲位 5	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1
儲位 6	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
儲位 7	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
儲位 8	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
儲位 9	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
儲位 10	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1
儲位 11	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
儲位 12	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0

訂單	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
儲位 2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
儲位 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
儲位 4	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
儲位 5	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1
儲位 6	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
儲位 7	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
儲位 8	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
儲位 9	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
儲位 10	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
儲位 11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
儲位 12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0
訂單	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0
儲位 2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
儲位 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
儲位 4	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1
儲位 5	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1
儲位 6	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
儲位 7	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
儲位 8	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1
儲位 9	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1
儲位 10	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
儲位 11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
儲位 12	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0

訂單	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1
儲位 2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
儲位 3	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
儲位 4	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
儲位 5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1
儲位 6	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
儲位 7	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
儲位 8	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1
儲位 9	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0
儲位 10	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0
儲位 11	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
儲位 12	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
訂單	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0
儲位 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
儲位 3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
儲位 4	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
儲位 5	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1
儲位 6	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
儲位 7	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
儲位 8	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
儲位 9	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0
儲位 10	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1
儲位 11	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
儲位 12	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0



訂單所需求之品項為 7 個品項

訂單	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
儲位 2	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1
儲位 3	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0
儲位 4	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1
儲位 5	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1
儲位 6	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
儲位 7	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0
儲位 8	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0
儲位 9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1
儲位 10	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 11	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1
儲位 12	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0
訂單	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1
儲位 2	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
儲位 3	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1
儲位 4	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1
儲位 5	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
儲位 6	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
儲位 7	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1
儲位 8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0
儲位 9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0
儲位 10	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 11	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
儲位 12	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1

訂單	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
儲位 2	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0
儲位 3	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1
儲位 4	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0
儲位 5	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1
儲位 6	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1
儲位 7	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1
儲位 8	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
儲位 9	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
儲位 10	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0
儲位 11	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1
儲位 12	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1
訂單	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1
儲位 2	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1
儲位 3	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0
儲位 4	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1
儲位 5	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
儲位 6	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
儲位 7	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1
儲位 8	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1
儲位 9	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0
儲位 10	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 11	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1
儲位 12	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0

訂單	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1
儲位 2	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1
儲位 3	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1
儲位 4	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0
儲位 5	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0
儲位 6	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0
儲位 7	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
儲位 8	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
儲位 9	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
儲位 10	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1
儲位 11	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1
儲位 12	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1
訂單	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
儲位 2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0
儲位 3	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1
儲位 4	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
儲位 5	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1
儲位 6	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
儲位 7	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0
儲位 8	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1
儲位 9	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1
儲位 10	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
儲位 11	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0
儲位 12	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0

訂單	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1
儲位 2	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0
儲位 3	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
儲位 4	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1
儲位 5	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
儲位 6	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1
儲位 7	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0
儲位 8	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 9	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
儲位 10	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0
儲位 11	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1
儲位 12	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0
訂單	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
儲位 2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1
儲位 3	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0
儲位 4	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1
儲位 5	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1
儲位 6	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
儲位 7	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0
儲位 8	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
儲位 9	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1
儲位 10	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 11	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1
儲位 12	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0

訂單	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1
儲位 2	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
儲位 3	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0
儲位 4	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0
儲位 5	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0
儲位 6	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1
儲位 7	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0
儲位 8	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 9	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
儲位 10	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
儲位 11	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1
儲位 12	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1
訂單	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1
儲位 2	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
儲位 3	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0
儲位 4	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0
儲位 5	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0
儲位 6	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1
儲位 7	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0
儲位 8	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 9	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
儲位 10	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
儲位 11	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1
儲位 12	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1

訂單所需求之品項為 10 個品項

訂單	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1
儲位 2	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
儲位 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
儲位 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
儲位 7	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 8	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
儲位 9	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1
儲位 11	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
儲位 12	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1
訂單	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
儲位 2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
儲位 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
儲位 4	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
儲位 5	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
儲位 6	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
儲位 7	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
儲位 8	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 9	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
儲位 11	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
儲位 12	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0

訂單	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
儲位 2	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 3	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
儲位 5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
儲位 6	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
儲位 7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
儲位 8	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
儲位 9	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1
儲位 10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 11	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1
儲位 12	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1
訂單	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1
儲位 2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1
儲位 3	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1
儲位 4	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 5	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 6	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
儲位 7	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
儲位 9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 10	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
儲位 11	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0
儲位 12	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1

訂單	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
儲位 2	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 3	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
儲位 5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
儲位 6	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
儲位 7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
儲位 8	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
儲位 9	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
儲位 10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
儲位 11	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
儲位 12	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0
訂單	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1
儲位 2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0
儲位 3	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
儲位 4	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 5	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 6	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
儲位 7	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1
儲位 9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 10	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 11	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 12	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0



訂單	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
儲位 2	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 3	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
儲位 5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
儲位 6	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
儲位 7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
儲位 8	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
儲位 9	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1
儲位 10	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
儲位 11	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
儲位 12	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
訂單	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0
儲位 2	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0
儲位 3	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1
儲位 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
儲位 7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 8	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
儲位 9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 10	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
儲位 11	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
儲位 12	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1

訂單	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1
儲位 2	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 3	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
儲位 5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
儲位 6	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
儲位 8	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
儲位 9	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1
儲位 10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 11	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1
儲位 12	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1
訂單	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
起始點	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1
儲位 2	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1
儲位 3	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
儲位 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 6	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
儲位 7	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
儲位 9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
儲位 10	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0
儲位 11	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0
儲位 12	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1

附錄三：第五章實驗之儲位配置

		儲位													
儲位	距離	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	0	0	1	2	3	4	5	6	5	6	7	8	9	10	
	1	1	0	1	2	5	6	7	6	7	8	9	10	11	
	2	2	1	0	1	6	7	6	7	8	7	10	11	10	
	3	3	2	1	0	7	6	5	8	7	6	11	10	9	
	4	4	5	6	7	0	1	2	1	2	3	6	7	8	
	5	5	6	7	6	1	0	1	2	1	2	7	8	7	
	6	6	7	6	5	2	1	0	3	2	1	8	7	6	
	7	5	6	7	8	1	2	3	0	1	2	5	6	7	
	8	6	7	8	7	2	1	2	1	0	1	6	7	6	
	9	7	8	7	6	3	2	1	2	1	0	7	6	5	
	10	8	9	10	11	6	7	8	5	6	7	0	1	2	
	11	9	10	11	10	7	8	7	6	7	6	1	0	1	
	12	10	11	10	9	8	7	6	7	6	5	2	1	0	
	13	9	10	11	12	7	8	9	6	7	8	1	2	3	
	14	10	11	12	11	8	9	8	7	8	7	2	1	2	
	15	11	12	11	10	9	8	7	8	7	6	3	2	1	
	16	12	13	14	15	10	11	12	9	10	11	6	7	8	
	17	13	14	15	14	11	12	11	10	11	10	7	8	7	
	18	14	15	14	13	12	11	10	11	10	9	8	7	6	
	19	13	14	15	16	11	12	13	10	11	12	7	8	9	
	20	14	15	16	15	12	13	12	11	12	11	8	9	8	
	21	15	16	15	14	13	12	11	12	11	10	9	8	7	
	22	16	17	18	19	14	15	16	13	14	15	10	11	12	
23	17	18	19	18	15	16	15	14	15	14	11	12	11		
24	18	19	18	17	16	15	14	15	14	13	12	11	10		

		儲位											
儲位	距離	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	0	9	10	11	12	13	14	13	14	15	16	17	18
	1	10	11	12	13	14	15	14	15	16	17	18	19
	2	11	12	11	14	15	14	15	16	15	18	19	18
	3	12	11	10	15	14	13	16	15	14	19	18	17
	4	7	8	9	10	11	12	11	12	13	14	15	16
	5	8	9	8	11	12	11	12	13	12	15	16	15
	6	9	8	7	12	11	10	13	12	11	16	15	14
	7	6	7	8	9	10	11	10	11	12	13	14	15
	8	7	8	7	10	11	10	11	12	11	14	15	14
	9	8	7	6	11	10	9	12	11	10	15	14	13
	10	1	2	3	6	7	8	7	8	9	10	11	12
	11	2	1	2	7	8	7	8	9	8	11	12	11
	12	3	2	1	8	7	6	9	8	7	12	11	10
	13	0	1	2	5	6	7	6	7	8	9	10	11
	14	1	0	1	6	7	6	7	8	7	10	11	10
	15	2	1	0	7	6	5	8	7	6	11	10	9
	16	5	6	7	0	1	2	1	2	3	6	7	8
	17	6	7	6	1	0	1	2	1	2	7	8	7
	18	7	6	5	2	1	0	3	2	1	8	7	6
	19	6	7	8	1	2	3	0	1	2	5	6	7
	20	7	8	7	2	1	2	1	0	1	6	7	6
	21	8	7	6	3	2	1	2	1	0	7	6	5
	22	9	10	11	6	7	8	5	6	7	0	1	2
23	10	11	10	7	8	7	6	7	6	1	0	1	
24	11	10	9	8	7	6	7	6	5	2	1	0	