

# 定容積內長方形立方體堆疊順序之最佳化

陳啟昌 黃鵬或 林威成  
國立高雄應用科技大學 資訊工程系  
E-mail: linwc@kuas.edu.tw

## 摘要

立方體切割問題主要是在訴說目前一個很常見的問題，例如企業內部中，倉庫中的貨物擺放、船運的貨櫃貨物的擺放或是空運的貨物堆疊等，其中最主要的問題在於如何有效的利用空間將貨物放入其中，使得空間利用最大化，進而達到省下許多的空間、時間成本。

立方體的切割問題是基於平面切割問題的延伸，而平面切割問題以已經屬於難以在短時間內求得最佳解的問題，因此立方體的切割問題難度更是提高不少，而希望在一個短時間內求得可以接受的解，我們稱之為近似最佳解。

本文將研究如何用基因演算法 (Genetic Algorithms) 來求解立方體切割的問題，立方體在一定的空間中，它的近似最佳解之堆疊順序，以求在短時間內尋求一個可以接受的答案，可以成為企業在處理此類似問題的參考幫助，以達到節省時間、空間成本。

**關鍵詞：**基因演算法 (Genetic Algorithms)、堆疊順序問題、立方體切割問題。

## Abstract

Three-dimensional cutting problems is a common problem. For example, in a company, the goods to put in the warehouse, the container to put on the boats or air- transportation to put the goods in the airplane, The main problem is how to effectively use the space and put the goods, makes use of space to maximize the reach and thus save a lot of space and time cost.

Three-dimensional cutting problems is based on Two-dimensional cutting problems, the two-dimensional cutting problems is difficult to obtain the optimal solution in a short time, so three-dimensional cutting problems are more difficult, we hope to in a short time to obtain an acceptable solution, we call a near optimum solution.

In this paper we study how to use the Genetic Algorithms to solving two-dimensional cutting problems, the cube in a certain space, the stacking order of the near optimum solution, to find an acceptable answer in a short time, can be a reference to help in dealing with similar problems, to achieve

savings in time and space costs.

**Keywords:** Genetic Algorithms, Stacking order problem, Three-dimensional cutting problems

## 1. 前言

立方體擺放的問題可以延伸到許多各行業的倉儲系統，而在幾個特定行業中立方體擺放問題更顯得尤為重要，例如從小的運貨宅配服務到大的船運貨櫃，甚至是運費更高昂的空運，其中如何有效的將貨櫃擺放在一定的容量空間，並且最有效的利用空間進而減少剩餘空間，將會影響到企業所付出的時間成本，空間成本，進而提高企業的優勢。

一個好的貨物擺放方式可以節省企業所付出的成本，例如在大卡車上裝載貨櫃運送，假設好的擺放方式可以用一台卡車即可裝載完，而不好的方式必須使用兩台卡車才能裝載完，那麼運輸的成本就能大大的節省下來，而在傳統中，為了尋找好的擺放方式必須依靠人工的經驗外，也會耗費大量的時間，因此如何規劃作業資訊化，讓原本必須依靠人工分析的規劃工作藉由電腦完成，藉以減少人員的負擔與作業時間，提升企業的整體效益。

## 2. 文獻探討

### 2.1 貨櫃堆疊規劃的運作原理

傳統公司在於貨櫃的堆疊規劃基本上都是依靠經驗排列，但若是每次貨櫃擺放經由新人或是沒經驗的人接手時，在考慮擺放的上上就必須浪費更多的時間去運作，而且也需要花費大量的時間去訓練，而若是擺放的效果不理想時，又必須額外花費更多的時間來做貨物卸載的動作，一來一往的耗費更多的時間成本，也非常的麻煩。

### 2.2 基因演算法的現況與發展

基因演算法適於 1960 年代初期，由密西根大學的約翰·賀藍 (John Von Neumann) 提出一個自我複製的理論，為基因演算法奠定了基礎，使得其後 John-Holland 更延續此觀念，並加入達爾文之「物競天擇、適者生存」進化理論，並於 1970 年奠定了基因演算法的架構的初步雛型，即是簡單基因演算法 (simple genetic algorithms, SGA)。

而基因演算法的精神在於模擬自然界生物演進進化的過程，每個物種在自然界彼此的競爭、淘汰、只有適應性強的物種得以生存以及繁衍後代；而物種經由一代又一代的競爭、交配、突變，經由長時間的演進，最後留下適應性最強的物種。

基因演算法是利用簡單的系統架構展現它強大的搜尋能力，它利用保存每代進化過程中基因的重要資訊，進行複製，所以能比單純的隨機搜尋方式找到更好的解，而且也具備較高的問題獨立性。這種處理能力使之不易陷入局部最佳解中而無法跳脫，最終會逐步向整體最佳解收斂，而其特點也更為廣泛的應用於各個領域之中。

## 2.3 堆疊問題簡介

堆疊問題在很多領域都有涉獵到，例如物流業的貨物裝載、鐵路上貨車車廂的裝載、輪船貨櫃的裝載、航運的貨櫃裝載等，而不論發生在哪個地方，最佳的解決方法即是把貨艙的空間作最有效的利用，即是把貨艙裝滿。但在眾多的貨物中，要找出最佳的解是一個很困難的問題，尤其是在有限的時間內想要找到更是困難，因此在研究中希冀以基因演算法在短時間內找到一個近似最佳解，來解決這個問題，讓原本須以大量的時間人力來完成擺放作業能夠節省時間上不必要的浪費，進而提升公司競爭力。

## 2.4 三維裝箱問題

三維的裝箱問題的演進是從 1961 年的 Gilmore、Gomory 先提出一維的原物料裁剪問題演進而來，主要描述的問題在於如何有效的將不同三維立方體放置於一個更大的三維立方體空間之中，而問題分為以下兩類：

(1) 有  $n$  塊不同長寬高的立方體，要放入一個大型的立方體空間之中，在每個立方體位置不重疊的情況下，運用最少的大型立方體空間將  $n$  塊立方體放置完畢。

(2) 有  $n$  塊不同長寬高的立方體，只能放入一個大型的立方體空間之中，在每個立方體位置不重疊且  $n$  塊立方體無法完全填入大型立方體之中的情況下，如何有效的放置這些小立方體。

## 3. 系統設計與實作

### 3.1 前言

在現在的貨櫃擺放作業中，往往都必須依靠作業員的經驗以及大量的時間去做擺放，但如果因為是缺乏經驗的作業員來接手這項工作時，就必須耗費更多的時間去嘗試擺放的位置順序，因此利用基因演算法設計一套能夠在短時間內得到貨櫃擺放

的排列順序，可以大大的提高工作效率。

### 3.2 系統規劃

在貨櫃擺放作業中，我們設計一套可以適用於基因演算法的編碼方式，首先須定義一個大型的立方體空間為貨櫃，以及填補貨櫃的小型立方體為貨物，而目的在於最有效的利用每個貨櫃的空間，進而找出利用最少的貨櫃將貨物填補完的排列組合。

### 3.3 系統設計

介紹系統的程式流程，以圖 1 敘述我們方法的運作流程方式，在一開始的時候匯入貨櫃的空間，貨物的大小數量的參數，接著將匯入的資料做編碼基因化，產生初始的族群，接著計算族群的適應性函數，計算的方式我們先將當前基因產生的排列順序依序取出，接著取出目前貨櫃的起始點，來做判斷是否可以填入，若是無法填入，則看是否還有下一個起始點，有的話就回去判斷是否能否被填入，如果沒有則該貨物無法被填入，接著反覆詢問直到所有貨物都詢問過是否能夠被填入，接著紀錄其適應性函數，再來判斷是否滿足終止條件，若無法滿足，則做選擇、交配、突變等步驟產生新一代的族群，再次計算適應性函數，直到滿足終止條件後離開程式，得到最佳解。

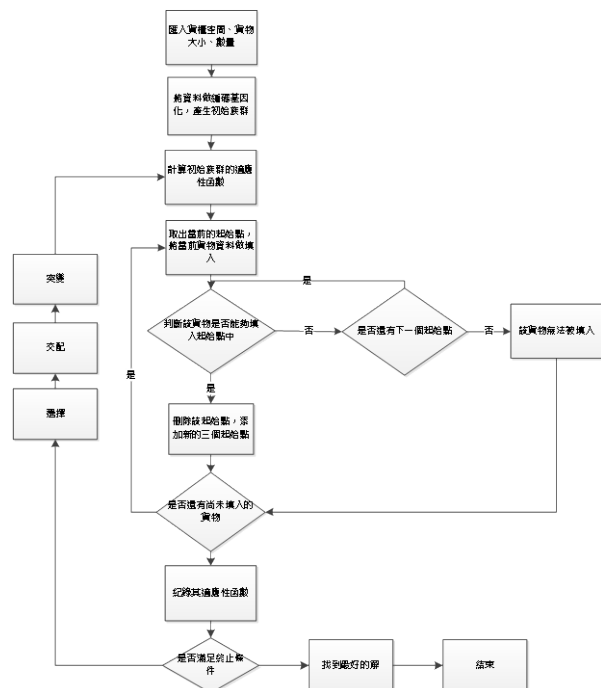


圖 1. 貨櫃擺放系統流程圖

### 3.4 系統實作

貨櫃空間，以及貨物大小、數量，在這邊我們做一個詳細的講解，在這裡舉個簡單的例子，我們定義一個貨櫃空間，其深度、高度長度，如表 1：

表 1. 貨櫃空間參數表

深度 D (單位：格)	高度 H (單位：格)	長度 L (單位：格)
2	10	10

而我們要放置的貨物參數如表 2：

表 2. 貨物大小、數量參數表

深度 bd (單位：格)	高度 bh (單位：格)	長度 bl (單位：格)	數量
1	8	2	4
2	6	1	3
2	3	3	2
1	4	2	8

根據貨櫃空間其參數，得到總空間容量為 200 格(單位)，而要放入的貨物總容量也為 200 格(單位)，希望求出近似最佳解，找到最好的貨物擺放方式。

擺放的方式做個簡單的介紹，假設初始空間如圖 2，第一個貨物是[1,8,2]的大小，要裝入一開始的貨櫃空間，那麼它取得到了起始點[0,0,0]，接著我們去判斷，從[0,0,0]到[1,8,2]這之間是否是空的空間，不會與其他的貨物重疊，得到的解釋是可以擺放的，那麼就刪除起始點[0,0,0]加入新的三個起始點[[0,0,2],[0,8,0],[1,0,0]]，如圖 3，接著取出下一塊方塊。

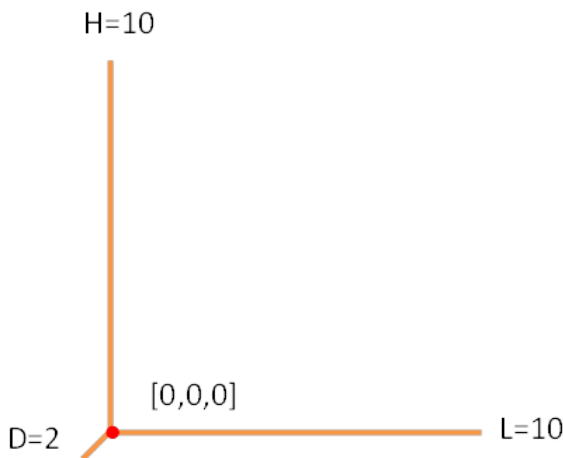


圖 2. 初始空間

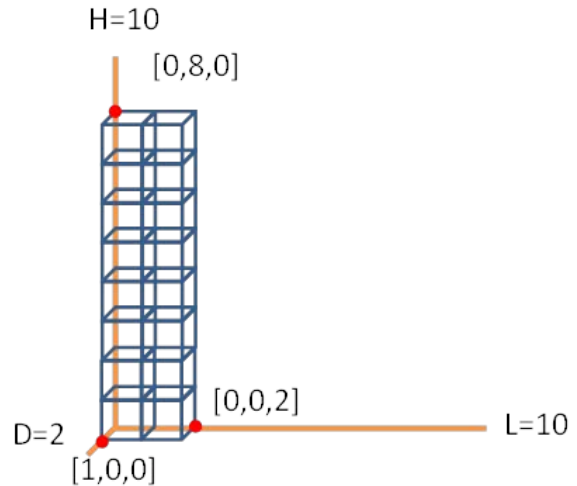


圖 3. 第一次擺放貨物後的變化

此時場地上的起始點變為三個分別為[[0,0,2],[0,8,0],[1,0,0]]，接著取下一塊貨物填入，如果是[2,6,1]的貨物，當前取得起始點是[0,0,2]，而從[0,0,2]開始計算[2,6,1]貨物其位置，可以放入，因此刪除起始點，匯入新的起始點，得到[0,0,3],[0,6,2],[2,2,2]三個起始點，而[2,0,0]因為等於到了場地的深度的極限，因此刪除，於是起始點剩餘[[0,8,0],[1,0,0],[0,0,3],[0,6,2]]，如圖 4。

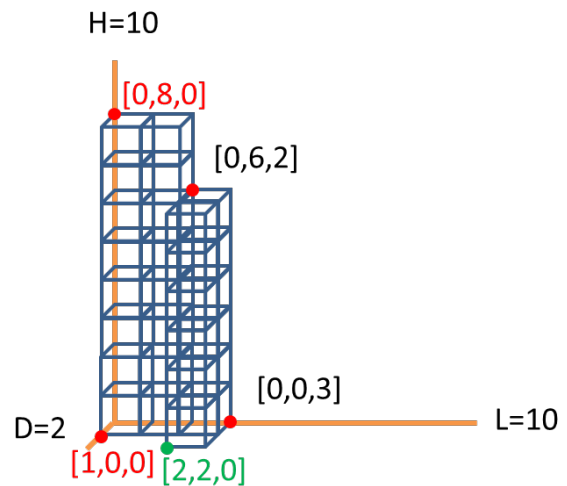


圖 4. 第二次擺放貨物的變化

## 4. 案例研究與分析

### 4.1 模擬空間擺放

在模擬空間擺放的部份我們設定了一組參數，如表 3，而表 4 這組貨物的參數能夠剛好把設定的空間填滿，而參數的設定在下面做說明。

在這組參數中，我們先設定一組空間較小，但是想要完全擺放完畢不是這麼容易的參數。

表 3. 模擬空間擺放貨櫃空間參數表

貨櫃空間參數				
空間	高	長	寬	總空間
模擬空間	2	10	10	200

表 4. 模擬空間擺放貨物參數表

貨物參數				
貨物	高	長	寬	數量
A	1	8	2	4
B	2	6	1	3
C	2	3	3	2
D	1	4	2	8

我們的實驗結果設定執行代數為 1000 代，突變率為 50%，程式終止條件為滿足結果重複代數的 0.1%或是執行完 1000 代。

這份參數雖然空間較小，但是在貨物的擺放上卻不是這麼容易可以完全填入，因為參數設定的關係，有些相同貨物必須放置在最外圍，且不能鄰近擺放，才能夠將全部的貨物填入。

如圖 5 結果圖來看，我們的總空間為 200，而在最後找到的近似最佳解的貨櫃空間使用為 200，代表我們貨櫃空間的使用率達到了百分之百，完全的將貨櫃的空間做有效的利用。

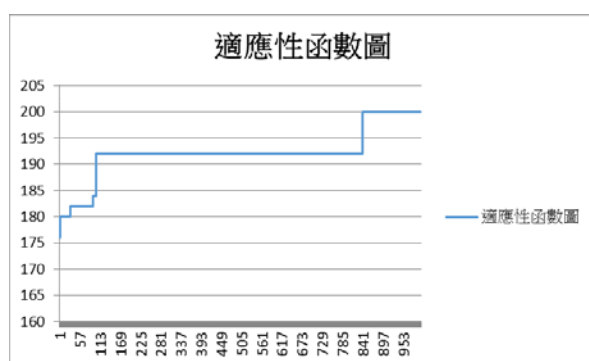


圖 5. 結果圖

## 5. 結論

根據本研究最後求得的結果，希望從繁複的貨櫃擺放取得一個簡單的答案，增加工作效率，而原本需要工作經驗的一項工作經由本研究的方式可

以輔助工作人員更有效的做規劃、處理貨物之間的擺放問題，也可以給予工作人員相當的參考依據，增加工作的效率。

在貨物運輸行業中，除了一般的貨物裝載問題以外，還有物流的順序等問題，這些在裝載的時候就必須做些考量，才能有效的節省工作時間、增進工作時的效率。而在本研究中先是單純的以裝載最佳的方式進行填塞排列，而尚未考量到物流送貨位置不同的因素，當然在本研究中的目的是求出如何將貨物最有效的用最少量的貨櫃裝入，而不會浪費太多的空間，造成不必要的增加貨櫃來運輸，造成運輸成本的增加。

未來研究的部分有個方向可以探討，來更加完善運輸業的裝載問題，先前提到航運、海運等貨櫃裝載，因為目的地通常是一樣的一個地方，因此只要考慮如何把貨櫃空間做填滿即可，而在運輸業物流的部分，因為會有送貨地點先後順序的問題，因此必須考量到貨物裝卸的順序問題，因為如果第一個到的送貨地點的貨物放在貨櫃最裡面，那就必須花費更多的時間把前面的貨物卸下，才能取得要送達的貨物，而未來研究的目的就是希望能夠考量到卸貨優先順序的問題，進而再提升工作效率、企業的競爭能力。

## 參考文獻

- [1] 張美忠，「貨物運輸棧板裝載問題啟發式解法之應用」，碩士論文，交通大學，新竹(1992)。
- [2] 葉進儀、吳泰熙、張維昌，2006，結合平行基因演算法與排列啟發式方法解二維長方形排列問題。
- [3] 張瑞玫，2006，線性規劃應用於配置及裝箱問題。
- [4] 吳泰熙、邱創鈞、賴志昌，2006，以協力演化遺傳演算法求解容器堆疊問題。
- [5] Holland, J.H., *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, the university of Michigan Press, Ann Arbor, 1975.
- [6] Chung, F.R.K., Carey, M.R and Johnson, D.J., "On packing two-dimensional bins," *SIAM J. Alg. Disc. Meth.*, 3, 1982, pp.66-76.
- [7] Gehring, H., and Bortfeld, A., "Davis, L. (Editor), *Handbook of Genetic Algorithms*, Van Nostrand Reinhold, Reading Mass,
- [8] Lin, F.-T. and Kao, C.Y., *Incorporating the Genetic Approach to Simulated Annealing in Solving Combinatorial Optimization Problems*, Ph.D. Dissertation, National Taiwan Univ., 1991.
- [9] "1991.A Genetic Algorithm for Solving the Container Loading Problem," *International Transactions of Operational Research*, Vol. 4, pp.401-418 (1997).
- [10] Bortfeldt, A., and Gehring, H., "A Hybrid Genetic Algorithm for the Container Loading Problem," *European Journal Operational Research*, Vol. 131, pp. 143-161 (2001).
- [11] Ngoi, B. K. A., Tay, M. L., and Chua, E. S., "Applying Spatial Representation Techniques to the Container Packing Problem," *International*

Journal of Production Research, Vol. 32, pp. 111-123 (1994).

- [12] Eley, M., "Solving Container Loading Problem by Block Arrangement," European Journal Operational Research, Vol. 141, pp. 393-409

(2002).

- [13] George, J. A., and Robinson, D. F., "A Heuristic for Packing Boxes into a Container," Computers and Operations Research, Vol. 7, pp. 147-156 (1980).