

國立勤益科技大學

工業工程與管理系碩士班

碩士論文

產品模組化設計及組裝順序演算法之研究



研究生：楊仲靖

指導教授：曾懷恩 博士

學 號：49715025

中華民國 九十九 年 六 月

產品模組化設計及組裝順序演算法之研究

The modular product design and assembly sequence algorithm study

研究生：楊仲靖

指導教授：曾懷恩 博士



國立勤益科技大學

工業工程與管理系碩士班

碩士論文

A Thesis

Submitted to

Department of Industrial Engineering & Management

National Chin-Yi University of Technology

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Engineering

June 2010

Taiping, Taichung, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年六月

國立勤益科技大學
工業工程與管理系碩士班

論文口試委員會審定書

本校 工業工程與管理系 碩士班 楊仲靖 君

所提論文 產品模組化及組裝順序演算法之研究

合於碩士資格水準，業經本委員會評審認可。

口試委員：

張志明
王文振
周學士

指導教授：

系(所)主任：

中華民國 九十九 年 六 月

產品模組化設計及組裝順序演算法之研究

學生：楊仲靖

指導教授：曾懷恩 博士

國立勤益科技大學 工業工程與管理系碩士班

中文摘要

在全球資訊技術高速進展及企業經營進入微利時代，致使產品生命週期短促，因此企業必須快速回應市場需求，才得以在產品變異頻繁的情況下，大幅提升市場競爭力。本研究利用模組化來提升產品設計之效率，同時也將零件之工程資訊、材料、組裝結構納入模組化之中，除此之外本研究將以網路模式來表達零件之間的連結關係，這與一般常用之群集分析(Cluster Analysis)所運用迥然不同。

模組化領域由於考慮因素很多，相對的問題也較為複雜，雖已有相當多啟發式演算法針對產品組裝順序與裝配干涉作研究分析，然而求解之效率往往因產品元件數量之增加而受到相當程度之影響，多半僅止於近似最佳模組化作求解。為此，本研究擬提出一新設計之零件裝配限制條件下組裝程序演算法(Constrain-Based Construction Sequence Algorithm, CBCSA)來建立關聯網路的產品模組化，用以提升模組裝配順序最佳化的效果，並且達到減化複雜的組裝干涉之問題，依據干涉條件即可運算出產品可行的組裝順序。

此外演算法也結合資料結構提供零件工程資訊，藉由組裝階層樹來表達整個產品的模組化結構。最後，本研究將以釘書機以及多功能事務印表機作為實體範例，本演算法也將與同屬矩陣運算求解模組化問題之(Design Struct Matrix, DSM)和(Interpretive Structural Model, ISM)比較求解之結果，以呈現本研究演算法之求解效率。

關鍵字：產品模組化、產品設計、產品組裝、分群演算法、組裝次序

The modular product design and assembly sequence algorithm study

Student : Chung-Ching, Yang

Advisors : Dr. Hwai-En, Tseng

Department of Industrial Engineering & Management National Chin-Yi Institute of Technology

ABSTRACT

Today, the rapid flow of information and low-profit of enterprises result in the short product life cycle, the enterprises have to quickly respond to market demands in order to significantly increase market competitiveness under the environment of frequent product variation. In this study, we make use of modular product design to enhance the efficiency, where the products include components of the engineering information, materials and assembly structure in the modular product. In addition, we use the network models to present the relation between product components which is different from the general Cluster analyses. Due to considering of many factors in modular design, the above problems are complex and be taken as NP-hard problems. Though a considerable number of heuristic algorithms are used to do research and analysis about assembly sequence and interference, the efficiency of their methods is invariable due to the increasing size of product components. Besides, most of them can only be near-optimal solutions.

For the purpose of improving the optimization effect module about assembly sequence a new algorithm called Constrain-Based Construction Sequence Algorithm (CBCSA) was proposed in this study in order to resolve assembly interference problems between product modules and assembly sequence. Finally, this study will illustrate the effectiveness of this algorithm for solving by virtue of a stapler physical example and at the same time compare differences in grouping and assembly sequence for the modules with Design Structural Matrix (DSM) and Interpretive Structural Matrix(ISM).

Keywords: Modular Product Design, Design Structural Matrix (DSM), Interpretive Structural Matrix (ISM), Clustering Algorithm, Assembly Sequence.

誌謝

終於順利完成碩士論文，回首研究所這兩年時光，一路顛簸至最後總算是否極泰來，心頭這分滿滿的感動和感謝實在無可言喻。做為恩師曾懷恩教授門生，自尚未進入碩一前，就受到老師嚴格的訓練和教導，始終秉持著勤奮的信念苦幹至畢業，戰戰兢兢不敢有絲毫懈怠，真的非常感謝老師您讓我們磨練心性並且不厭其煩的給予建議，謝謝您。此外特別感謝興國管理學院褚文明教授，在數學規劃演算法上不吝賜教，給予相當多寶貴的實務經驗，方使本演算法更臻完美；同時還要感謝本校工管系王文派教授，感謝您於論文口試上給予評論及指正；再來則要感謝兩年來費盡心思帶領我們成長遨翔的導師黃美玲教授，老師您辛苦了。

此外，在學期間承蒙國科會、永銓機械公司林總經理在研究經費上的協助，俾使本研究得以順利完成，於此特茲感謝。另外，特別還要感謝產學合作期間學長林總經理的用心指導和照顧，還有剛進入研究所時帶領我漸入佳境的老朋友兼學長駿凱，以及無論是論文或是實務難題，總能協助我的仕展學長，感謝你們三人陪伴我度過產學合作的這段日子。再來還要感謝無時無刻緊盯我進度並且很愛談論軍旅生活點滴的俊民大哥、同研究室而且常常製造歡樂氣氛的孟迪、育修、志綱與經常辦聚餐活動的錦成、紳豪、維潔等所有同學，很慶幸能與大家同窗二年。最後還要感謝在論文程式上指導我，使我受益良多的助理承睿學長和智仁學長、還有在修課過程中，每到期中、期末經常一同熬夜苦戰的戰友玉豪、聖易，與幾位有趣的學弟：在生活常識上無所不通的唐愷、經常貢獻研究室西瓜的基成，以及陽光熱血的學弟俊智、柏嘉，真的很高興大家有緣能聚在一塊，一同相互扶持。

在這兩年的求學過程中，也要特別要感謝我的爸爸、媽媽、老姐、妹妹不斷的給予精神以及經濟上的支持，也請你們原諒我負笈異鄉沒有陪伴著大家的日子。最後，也要感謝女友慧愉，雖分隔兩地但仍在我最挫折時給我最適時的加油打氣，以及所有摯友們，感謝大家對我的關心和付出，並將此論文送給我就學過程中因病早逝的奶奶，於此獻上此論文與你們一同分享我的成就和喜悅。

楊仲靖 謹致於
國立勤益科技大學工業工程與管理學系碩士班
民國九十九年六月

目錄

中文摘要.....	ii
ABSTRACT.....	iii
誌謝.....	iv
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與目的	1
1.2 研究架構	4
第二章 產品工程資訊	6
2.1 零件工程資訊	6
2.2 零件裝配資訊屬性	11
2.3 零件干涉資訊	12
第三章 零件安裝限制條件下組裝程序演算法	14
3.1 CBCSA演算法符號介紹	14
3.2 NDCA執行步驟	16
3.3 NDCA演算法虛擬碼與流程圖	19
3.4 整體密度值 Cr	20
3.5 NDCA執行釘書機範例($k=1$)	23
3.6 NDCA執行釘書機範例($k=2$)	27
3.7 模組最佳化修正	33
第四章 組裝順序演算法	36
4.1 CBAS演算步驟	36
4.2 CBAS演算法虛擬碼與流程圖	37
4.3 組裝階層樹(Assembly Hierarchy Tree)	40
4.4 CBAS執行釘書機範例($k=1$)	40
4.5 CBAS執行釘書機範例($k=2$)	44
4.6 DSM與ISM執行步驟說明	48
4.6.1 設計結構矩陣DSM	48
4.6.2 詮釋結構矩陣ISM	51
4.6.3 DSM及ISM於組裝分群之缺點	54
4.7 DSM與ISM比較	54
第五章 實例分析	57
5.1 NDCA關聯矩陣演算步階	58
5.2 多功能事務印表機整體密度 Cr 值	59
5.3 多功能事務印表機分群結果	63
5.4 多功能事務印表機干涉資訊	63
5.5 多功能事務印表機組裝階層樹	63
5.6 多功能事務印表機最佳組裝順序	64
5.7 DSM、ISM與CBCSA之比較	64

第六章 結論與建議	67
參考文獻.....	68
附錄.....	71



圖目錄

圖 1 研究架構.....	5
圖 2 釘書機 3D爆炸圖.....	6
圖 3 零件關聯圖.....	6
圖 4 釘書機之Constraint示意圖.....	12
圖 5 三個零件之間的干涉關聯圖.....	12
圖 6 NDCA流程圖.....	22
圖 7 A^1 關聯矩陣.....	23
圖 8 步階密度矩陣 $WS_1(k=1)$	24
圖 9 步階密度矩陣 $WS_2(k=1)$	26
圖 10 釘書機關聯圖分群結果($k=1$).....	27
圖 11 釘書機四個模組($k=1$).....	27
圖 12 A^2 關聯矩陣($k=2$).....	28
圖 13 釘書機 2 步階關聯圖.....	28
圖 14 步階密度矩陣($k=2$).....	29
圖 15 群組 1 關聯圖與實體模組模型($k=2$).....	32
圖 16 重建置後的 WS_2 密度矩陣分群($k=2$).....	32
圖 17 釘書機分群結果($k=2$).....	33
圖 18 釘書機實體 2 大模組($k=2$).....	33
圖 19 模組最佳化修正程序.....	34
圖 20 釘書機 $k=1$ 修正後.....	35
圖 21 釘書機 $k=1$ 修正後模組結果.....	35
圖 22 CBAS流程圖.....	39
圖 23 產品階層樹.....	40
圖 24 組裝程序矩陣($k=1$).....	40
圖 25 二步階組裝程序矩陣($k=1$).....	41
圖 26 E^3 組裝順序矩陣($k=1$).....	41
圖 27 釘書機第一層之分群結果($k=1$).....	43
圖 28 釘書機第二層之分群結果($k=1$).....	44
圖 29 $k=1$ 時釘書機之完整組裝階層樹.....	44
圖 30 組裝程序矩陣($k=2$).....	45
圖 31 二步階組裝程序矩陣($k=2$).....	45
圖 32 最終組裝順序矩陣($k=2$).....	46
圖 33 釘書機第一層之分群結果($k=2$).....	47
圖 34 最終之樹狀結構($k=2$).....	48
圖 35 DSM矩陣結構.....	48
圖 36 DSM初始矩陣.....	49
圖 37 DSM兩兩分割法則.....	50

圖 38 兩兩分割法移動後結果	50
圖 39 DSM迴圈分割法	51
圖 40 關聯矩陣圖	52
圖 41 單位矩陣圖	52
圖 42 元素分佈圖	54
圖 43 DSM分群結果-兩兩分割	55
圖 44 DSM分群結果-迴圈法	56
圖 45 DSM最佳分群結果-迴圈法	56
圖 46 hp-1315 多功能事務印表機外觀	57
圖 47 多功能事務機爆炸圖	57
圖 48 多功能事務印表機零件關聯網路圖	58
圖 49 多功能事務印表機二步階關聯圖	58
圖 50 多功能事務印表機 $k=1$ 之分群結果	60
圖 51 修正後分群結果($k=1$)	61
圖 52 修正後分群結果($k=2$)	61
圖 53 修正後分群結果($k=3$)	62
圖 54 修正後分群結果($k=4$)	62
圖 55 多功能事務印表機模組分群實體結果	63
圖 56 多功能事務印表機組裝階層樹	64
圖 57 多功能事務機DSM分群結果	65
圖 58 多功能事務印表機DSM分群結果	66

表目錄

表 1 接觸面特性.....	7
表 2 零件鏈結方式分類	8
表 3 工具性分類.....	8
表 4 釘書機TMU表.....	10
表 5 釘書機零件工程資訊	11
表 6 零件干涉資訊	13
表 7 釘書機整體密度值 Cr	20
表 8 所有 CN_number 計算結果($k=1$)	24
表 9 所有 CA_number 之計算結果($k=1$)	25
表 10 θ_g 所有之密度值計算結果($k=1$).....	25
表 11 $Cluster_2$ 所需的 θ_g 值計算結果($k=1$)	26
表 12 所有 CN_number 之計算結果($k=2$).....	30
表 13 所有 CA_number 之計算結果($k=1$)	31
表 14 θ_g 所有之密度值計算結果($k=2$).....	31
表 15 調整後最佳整體密度值 Cr	34
表 16 零件至成品的完整($k=1$).....	41
表 17 產品所有組裝時間($k=1$).....	42
表 18 第一階層組裝順序($k=2$).....	46
表 19 零件至成品的完整($k=2$).....	47
表 20 產品所有組裝時間($k=2$).....	47
表 21 設計結構矩陣之 Cr 值	56
表 22 多功能事務機整體密度值 Cr	59
表 23 多功能事務機調整後整體密度值 Cr	60
表 24 多功能事務印表機最佳分群組裝順序	64

第一章 緒論

1.1 研究背景與目的

由於科技創新帶來無數新面向的產品設計概念，並且產品不斷的推陳出新，先進的製程技術也讓產品生產得以更有效率，品質上也得到了相對的保障，消費水準及品味也更加提升，行銷策略因此也需要比以往更為靈活及有彈性，才能應付這瞬息萬變的消費市場，利於獲取相對的利潤。然而，產品生產所需的總成本，在設計階段即已多半決定了，尤其是各種類的 3C 產品，其產品生命週期極其短促，競爭也非常之激烈，必須在產品設計階段就要將產品從生產到回收過程中所有的因素考慮進去，產品已無足夠的變異修改空間。

(楊鈺銓, 2003)提到又因全球市場競爭激烈，消費者需求變動頻繁，企業為了鞏固市場地位及市場競爭優勢，勢必要提供較多的產品變異(Product Variety)，同時也為了要強調差異性及個性化，故產品客製化是普遍受消費者青睞的，也較能獲取商機。(Tseng and Jiao, 1996)提到如何推陳出新來滿足消費者需求、如何在第一時間拔得頭籌、如何滿足多樣生產環境的企業本身的應變能力，來因應消費者的消費需求，讓消費者增加選擇自身產品的機會，也同樣是現今企業發展之重要策略。因此上述考慮產品生命週期與客製化兩種不同的產品生產策略間，的確存在互斥與取捨的問題，也是產品設計者的最大困擾。

基於上述之理由及消費市場多變的需求下，產品之組裝件(Component)、次組裝(Subassembly)間的組合、分離比以往更為複雜，而組合分離的複雜度造成了次組裝增殖(Proliferation)現象，造成次零件組裝程序愈趨複雜(Ong and Wong, 1999)，同時也助長了生產管理的困難度，這對於生產週期短促的產品而言，無疑的更是雪上加霜，因此產品模組化也絕對是產品設計的必然趨勢及考量。模組化工作在整個產品設計過程中，乃是結合相同功能與特性之設計，以符合特定目的之實體。(Kusiak and Huang, 1996)過去亦有文獻將模組化作如下的定義：

1. 介於產品實體與功能設計上的相似度。
2. 實際零件(Component)間組合、拆解關係的最小程度。

(Huang, 2000)認為模組化的架構則產生諸多的優勢，如零件共用的經濟規模效益、提高產品或部件變更設計的可能性、增加產品的多樣化、縮短訂貨的前置時間、工作分割並平行處理、產品易於升級、維修與回收。因此(Mckay etl., 1996)提出模組化架構相對於一體化架構有較多的優勢，對於建立產品平台，以共享共用的原則，發展延遲化(postponement)的製造或裝配，滿足大量客製化的經濟規模。(Tseng and Cheng, 2009)運用模組化設計考量在產品廢棄回收與再利用，以評估綠色導向的回收效益。從上述的觀點中可以清楚了解到，綠色產品模組化設計對於現代的產品設計上有著舉足輕重的角色，能夠因應競爭激烈生命週期短促的產品投入市場。

此外，已有相當多的研究針對模組化產品作設計，但大多數的演算法均以啟發式或圖解式的方法來進行分析與設計，如所發展的啟發式模組識別法，以產品的能量流、材料流、與訊號流，再依據三種判斷準則，分別是支配性流(dominant flow)、分支流(branching flow)與轉換-傳輸流(conversion-transmission flow)，來進行模組的規劃(Stone etl., 2000)。(Kusiak and Huang, 1996)亦發展一啟發式的演算法來模組產品架構，以辨別零件交換模組、匯流排模組與零件共用模組，同樣著重於零件的關係探討與模組規劃。(Salhieh and Kamrani, 1999)則利用矩陣的方法

來分析零件間的相似程度，再經由 p-median model 來進行群集的作業。此外 (Huang and Liang, 2001)則從同步工程的角度，發展一套網際網路為基礎並以模組組合來設計(design with module)的模組式設計公式，以求解模組組合的最佳化。

近年來，群聚技術(Clustering Technology)已廣泛運用於各種分群領域上，例如(Chen,2005)運用於生物資訊(Bioinformatics)、(Dunham, 2003)則運用在資料探勘(Data Mining)以及(Roiger, 2003)人工智慧(Artificial Intelligence)等層面。依據(Jain and Dubes, 1988)所分類，一般分群演算法主要分成兩大類：分割演算法(partitioning algorithms)與階層演算法(hierarchical algorithms)。分割式演算法是以距離作為評估標準，目前分割式分群方法包括有應用K_Means(McQueen, 1967)、應用K-medoids (Kaufman and Rousseeuw, 1990)、應用PAM(Kaufman and Rousseeuw, 1990)、應用CLARA(Kaufman and Rousseeuw, 1986)以及應用CLARANS(Ng and Han, 1994)等方法，由於分割演算法對於資料樣本數過少、群組中心值的優、集群差異較大以及任意不規則形狀而言，分割演算法會受到離群值(Noises)或雜訊(Outliers)的影響造成求解品質較差的分群結果。階層演算法是將集合中相似度較高的物件歸類，並將集合分裂成數個較小數目的物件集合；或是將數個相似度較接近的小集合物件，合併成一個單一集合物件。此類演算法所得到的分群結果，物件會形成一個階層圖(Kaufman and Rousseeuw, 1990)。至於物件相似度的比較評估準則，多半也是利用物件彼此間的距離(群內距離)及群組與群組之間之距離(群外距離)作參考。相關之分群演算法計有單一聯結法(Single Linkage)、完全聯結法(Complete Linkage)、平均聯結法(Average Linkage)、中心法(Centroid)及華德法(Ward's method)等等。上述類型的演算法，若輸入的群組中有許多的重疊部分則分群出來的結果較為不理想，因為當移除一個群組時將會連帶將其他有關係的群組移除，另一項缺點則是會花費許多時間在計算每種可能的分組組合上，同時也傾向於找到較圓球形狀的群集，對於不同形狀的群聚資料則較不理想。

除此之外，亦有密度演算法DBSCAN (Ester, 1996)、IncDBSCAN (Ester, 1998)、OPTICS (Ankerst, 1999)。許多密度演算法的應用上，使用全部的屬性群聚反而使問題複雜度增加將不容易有效發現其資料的群聚，因而以近年來有些學者(Agrawal, 1998)、(Cheng, 1999)等，紛紛提出其它不同的群聚演算法。但上述資料探勘之方法皆針對非網路結構資料型態進行群聚分析，無法適用於本研究關聯圖之架構下，因而發展一套以密度為主的分群演算法，做為產品模組化分析之工具。

近年來在分群的研究領域中，為了應付複雜的問題及提升分群的效能及效率之方法，因此非常多的分群研究採用啟發式的演算法，包括禁忌演算法(Al-Sultan, 1995)、(Xu, 2002)、退火模擬演算法(Bandyopadhyay and Maulik et al., 2001)、基因演算法(Tseng, 1997);(Maulik and Bandyopadhyay, 2000); (Saha and Bandyopadhyaya, 2007); (Chiou and Lan, 2001)、螞蟻最佳化演算法(Handl et al., 2002); (Shelokar et al., 2004); (Kao et al., 2006)、粒子最佳化演算法(Merwe and Engelbrecht, 2003)，來解決資料分群上的問題。不過零件數目大量增加，其資訊環境也會更為複雜，也增加了求解的困難度，因此演算法求解效率也會低落。如(Pierre et al., 2001)也是利用基因演算法來做搜尋，也提到說基因演算法會受到局部極佳解的影響，以致於所搜尋到的解不是最佳解，所以他提出了在染色體內的基因上做位置上的對調或插入的動作。(Pierre et al., 2001)的研究就是在做這些動作之前會去考慮產品零件的在先關係，再來作對調或插入的動作，這樣就可以免

於陷入局部最佳解的難處。(Mihai et al., 2002)則是利用基因演算法的方式，提出一個可以幫助研究者建立整組基因資料庫的成長，這對於搜尋組裝次序的速度有明顯的幫助。針對上述的啟發式分群法作了實驗比較，也初步獲得其針對問題求解的優劣及特性，但是任何啟發式演算法仍有其先天上的限制條件：

1. 不能保證任何問題都能夠得到滿意的收斂及全域最佳解。
2. 當問題範圍變數增大時，啟發式演算法的求解效率便會大打折扣。

因此本研究將發展出一套產品零件分群演算法的部份，將產品零件作適當的分群，並且作為產品模組化之基礎。除了模組最佳化問題外，探討產品之組裝順序也是該考慮的議題之一。其模組與模組間的組裝順序上，受限於組裝的干涉情形將會是影響較佳組裝順序的要素。

爾後，在於組裝次序的研究領域，愈來愈多研究則運用圖基法搭配數學演算法來搜尋組裝限制條件下的可行最佳組裝次序。如(Smith and Smith, 2002)提出考慮二維(+x,-x,+y,-y)零件間組裝方向矩陣計算組裝順序轉換方向次數結合基因演算法解決自動組裝規劃。(Xing et al., 2007)運用組裝優先關係矩陣探討連續性組裝、非連續性組裝以及綜合性組裝的組裝順序問題。此外，也有其它學者提出針對組裝次序上的求解方法(Sundaram et al., 2001)提出了用動態計畫的方法，來解決組裝次序的搜尋，(Hidefumi et al., 2001)也提出了一個拆卸支援系統來解決組裝/拆卸次序的問題，(John et al., 2001)利用組裝狀態的向量表示法來求出組裝次序，(Satoshi et al., 2001)的研究中提到，利用多代理協力的方式來搜尋組裝次序，不僅可以找出最佳的次序，而且此種方法也可以應付在組裝時所會發生的任何狀況。

本研究所創新之分群演算法，用以針對模組化與組裝限制條件下的組裝次序進行有效求得最佳解，其概念主源自於線性代數的矩陣運算。先前也有學者提出類似矩陣運算的方法應用，早期以(Warfield, 1974)由二維矩陣形式的詮釋結構模式(Interpretive Structural Model, ISM)作為發展，主要運用在社會開發系統的概念設計為前提的構造模組型管理決策工具，藉由數學運算呈現出層級結構化階層。(Hsiao and Liu, 2005)運用詮釋結構模式於咖啡機的產品設計過程，來解構各元件之關聯性，進而推導出元件執行流程順序與架構，以避免重覆設計問題；結構矩陣(Design Structure Matrix, DSM)方法，由(Steward, 1981)提出同屬二維矩陣結構，此方法能解決複雜專案任務與工作程序之規劃的問題，Steward將複雜專案任務中，各作業任務之作業關係分為獨立(Independent)、相依性(Dependent)、交互作用性(Interdependent)，以此關聯性之類型來針對作業任務或零件項目進行分割與簡化並重新排列得到分群結果。(Browning, 2001)以DSM在產品整合發展過程，可明顯表示整個發展過程縮短產品發展時間週期。(張志光, 2005)運用二維二元的設計架構矩陣，來表示工作的關係，以協助企業尋找各種流程型態與工作關係適合的產品生命週期管理系統解決方案，大多應用於產品開發流程領域。另外有部份運用在產品設計領域，(吳建南和蕭翠蓮, 2007)以設計結構矩陣，針對電子消費產品做產品模組分析，並且建立DSM產品零件資料庫。但由於設計結構矩陣針對分群問題較為繁雜，以及DSM所產生之階層樹結構，此方法主要考量為獲得交互作為效果，但對於獨立關係與相依關係較不符合實際的模組化結果；ISM存在矩陣運算較為複雜，但其方法與DSM之概念有雷同之處，同樣以零件的交互作用關係做為模組化問題的切割，但在組裝次序問題上，ISM所產生之階層概念與DSM迥然不同，ISM運用零件關聯性的元素分佈圖，進而以圖解表示元素層級的流程關係；在此二種矩陣運用的方法皆只能針對1階矩陣進行處理，

無法以數值量化來評估零件關聯網路間的群聚情形。因此，本研究創新之演算法針對DSM與ISM剛好能補足此二維矩陣方法的不足，有利於模組化和組裝限制情形的組裝程序運用發展的空間。

然而，產品由許多零件、模組所構成，藉著零件與零件之間的組裝，最終形成產品或模組，此過程中勢必會有組裝之次序，然而較佳的組裝次序將能夠減少組裝時間、降低組裝成本、易於維修保養等等效益。(Masclé and Balasoiu, 2001)認為利用組裝和拆卸給整合起來，對於高價位的每個組裝動作、修理、維修以及元件、零件和產品的利用，是非常有幫助的一種方式。但是，有效產品模組設計必需在可行之組裝條件下，才能構成堪用的模組，因為零件不同的裝配過程會造成零件間存在不同的組裝限制(Assembly Constraints)。(Laperriere and ElMaraghy, 1996)提出可行之組裝次序所需之三種必要條件：

1. 幾何上的妨礙限制(Geometric Interference Constraints)：在元件之間的組裝次序限制中，去計算與相鄰零件間碰撞的自由路徑(Collision-free Path)後，屬產生的組裝限制條件必須滿足，否則組裝將因為幾何上的妨害限制而無法進行。
2. 穩定性限制(Stability Constraints)：在完成部分元件的組裝後，卻無法維持已組裝元件之間的組裝狀態。
3. 易組裝性限制(Accessibility Constraints)：雖然部份組裝次序能滿足幾何上的妨害限制與穩定性限制，但是要完成此一組裝次序就必須使用工具去挾持或是切削移除部分的材料，諸如此類的組裝次序仍是不可以進行的。

另一方面，在不違反上列之限制條件下，零件能夠依其實體功能完成零件的組裝作業。(江俊霖, 2002)將組裝次序求解方法區分為圖基法(Graph-base Approach)與數學演算法(Mathematical Algorithm)。其中，圖基法(Graph-base Approach)為較普遍使用之方法，主要以圖形的方式來表達組裝次序，但求解效果將隨著零件的增加可行組裝次序也隨著指數的增加。此外數學演算法(Mathematical Algorithm)是以數學模型來表達產品的結構，如(Dini and Santochi, 1992)等。

透過上述之分群方法的各種缺失，本研究創新一套針對產品結構網路模式，進行零件模組化的分群演算法，希冀針對較複雜之零件結構時以有效率之演算進行求解，作為產品設計上一有效的求解工具。研究中也將產品零件間之組裝限制條件考慮進去，不僅僅是針對產品模組化問題也考慮零件裝配順序層面，所設計出一套有效率之產品組裝順序演算程序。

1.2 研究架構

本研究之架構呈現如下圖 1，分別詳述如下：

(1) 緒論

探討過去學者針對模組化設計以及分群演算法所做的應用與研究，並且針對本研究之研究動機加以說明。

(2) 關聯圖與產品工程資訊

概述建立產品的關聯圖與產品工程資訊，作為本研究演算法之演算基礎。

(3) 分群演算法

此為本研究之核心，以釘書機關聯圖作為範例說明產品模組化問題

的演算過程。

(4) 組裝順序演算法

藉由釘書機說明組裝順序演算步驟，以及組裝限制條件與分群演算法之關聯性，同時說明 DSM 與 ISM 執行步驟並且分析結果。

(5) 實體範例說明

運用本研究演算法，針對大型電子產品進行應用說明。

(6) 結論與建議

說明本研究之研究成果以及未來研究發展上的建議。

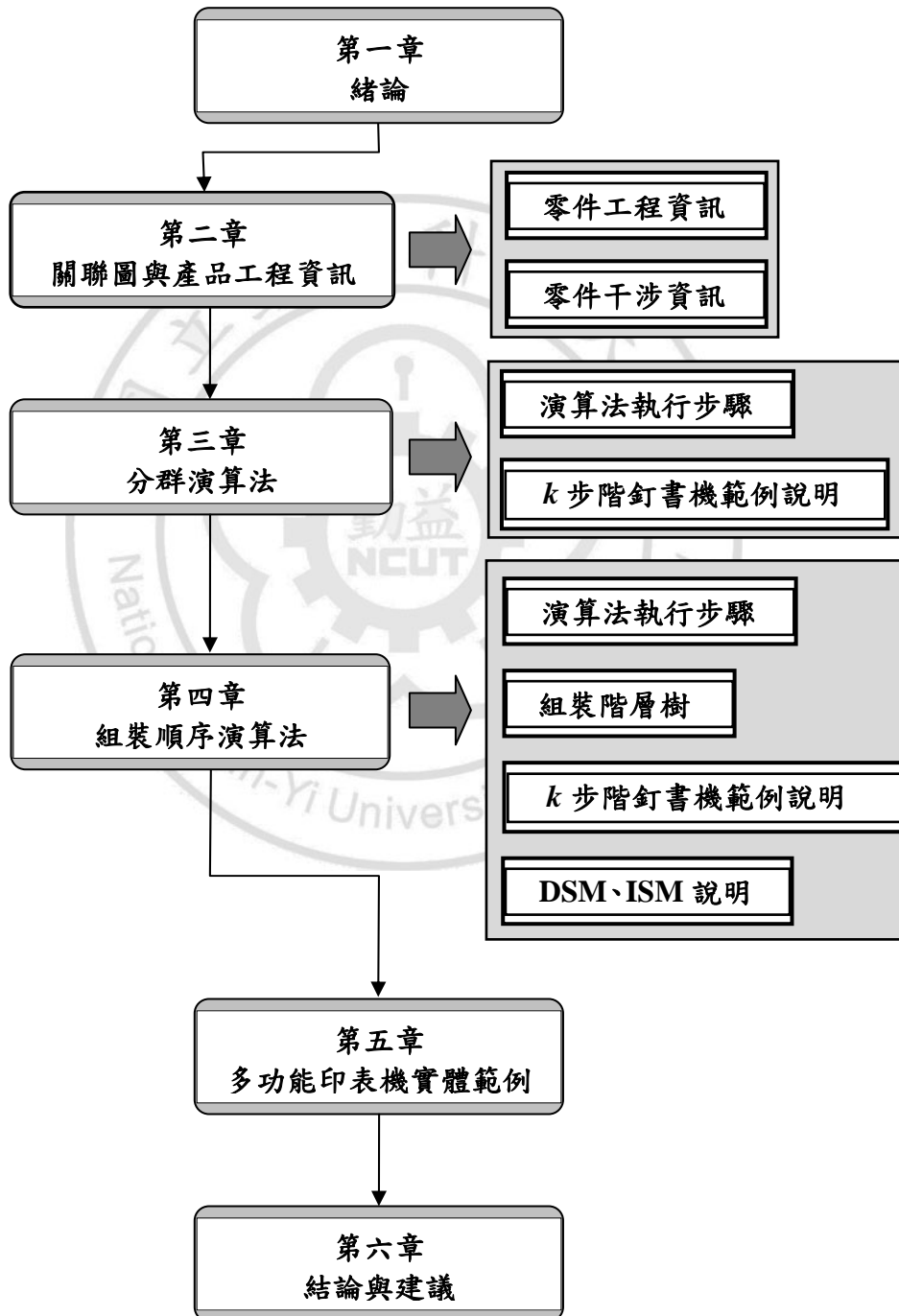


圖 1 研究架構

第二章 產品工程資訊

本研究中將以(DeFazio and Whitney, 1987)之Liaison Graph為基礎，以網路圖的型態表達零件之間的連結關係，再進一步將零件工程上的資訊紀錄於圖中節點的資料結構內，該資料結構內容將詳述於本章節中。本研究零件資料結構網路圖藉由結點之資料結構的描述，除能表達出產品彼此連結的關係外，亦能將零件間連結的工程特性、型態及功能描述出來。這將對產品設計、產品改善及成本分析，提供設計者足夠之資訊及參考。Liaison Graph圖形的方式來表達組裝順序與實體結構，研究中將以釘書機 12 個零件實例作為演算法說明，如下圖 2 釘書機之 3D 爆炸圖以及圖 3 為釘書機之零件關聯圖做為表示，圖中節點(Node)代表零件與弧(Arc)代表零件和零件之間的關係。

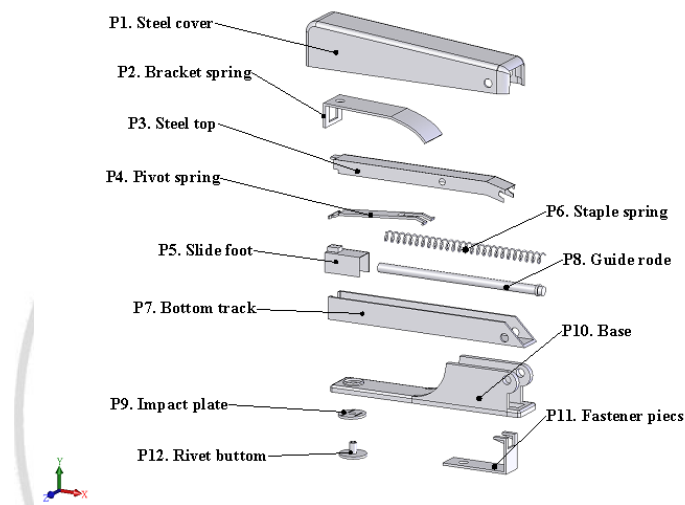


圖 2 釘書機 3D 爆炸圖

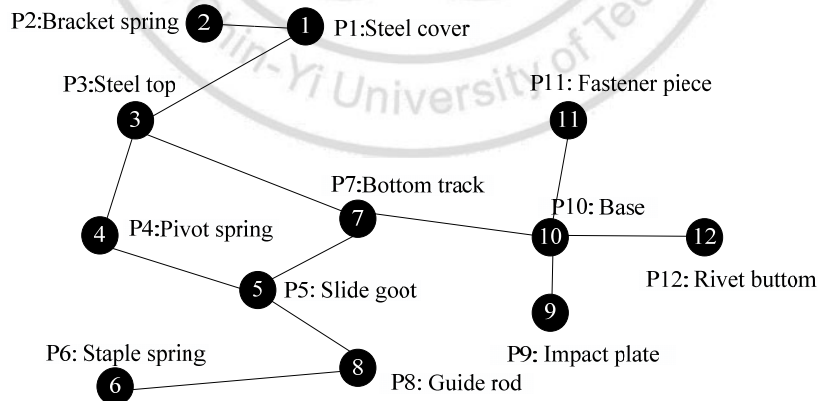


圖 3 零件關聯圖

2.1 零件工程資訊

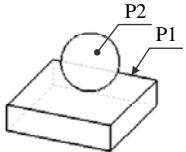
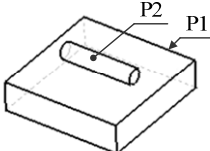
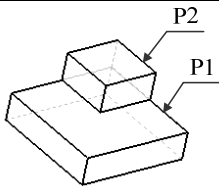
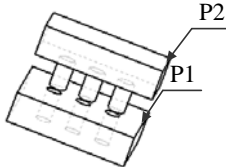
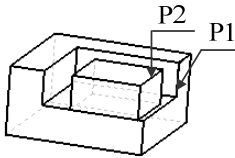
若將網路節點視為產品待裝配之零件，其網路零件中之資料結構(Data Structure)包含：零件標號(Index Number)、接觸面特性、結合方向、結合方式、工具性及組裝時間。零件接觸面特性和彼此間之結合方式有關，本研究參考(Tseng and Cheng, 2009)所提之接觸面特性、工具性之零件工程資訊，並將結合

方向、結合方式納入零件工程資訊中。

(1)接觸面特性

表示出零件與零件之間接觸面或接觸點的型態，當接觸面愈廣或是接觸點愈多時，則表示二零件之間的密接程度越高；換言之，此兩零件間的結合也更牢固。反之，零件與零件間之結合介面設計較容易，且易於拆裝，本研究將接觸面特性整理如表 1 所示。

表 1 接觸面特性(Tseng and Cheng, 2009)

零件間屬性	屬性	圖示	敘述
接觸方式	點接觸		接觸為一個點。
	線接觸		接觸為一條線的接觸。
	單面接觸		接觸為一個面。
	多點接觸		接觸為多個點。
	多面接觸		接觸為多個面。

(2)結合方向

零件結合方向，乃探討零件與零件間的可行組合方向，本研究以 3 個維度空間為基準，共計 6 個座標結合方向，故零件間可形成一個組合方向矩陣 (Combined Direction Matrix, CDM)，藉此方向矩陣瞭解零件間結合方向關係。矩陣內的元素為一組 6 個方向之座標向量(+X、-X、+Y、-Y、+Z、-Z)，每一座標值均為整數 0 或 1，0 表示兩零件間在該方向沒有結合關聯，1 則表示該方向有結合關聯。CDM 矩陣對角線均為令為 0，矩陣的上三角與下三角數值相對稱。

(3) 結合方式

(Yu, 2006)曾運用實體鏈結(Physical Link)來說明零件間聯結關係類型，並將實體鏈結分成有永久接合(Permanent Fastening)、可拆式接合(Removable Fastening)，其接合方式透過外力或加熱等特性使得零件變形因而永久接合，但此方式於產品回收上較為棘手；可拆式的接合又細分為幾何結合(Geometric Fastening)與分離固定件(Fastener)二類。而幾何接合則利用零件本身的幾何特徵來達成結合之目的，以及分離固定件則藉由如螺絲、鉚釘等元件使零件與零件之間能進行結合。因此本研究將零件間 22 種鏈結方式分類於表 2 中。

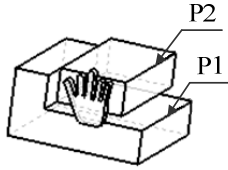
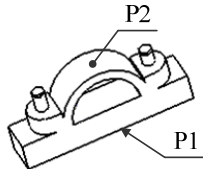
表 2 零件鏈結方式分類(Yu,2006)

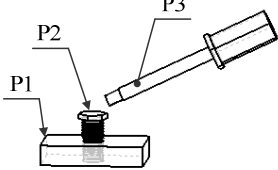
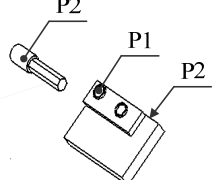
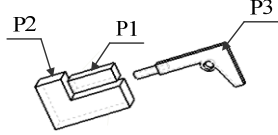
永久結合 PF(Permanent Fastening)		幾何結合 GF(Geometric Fastening)		分離固定件 F(Fastener)	
Code	特性	Code	特性	Code	特性
PF 1	拉彎	GF1	插入	F1	螺栓
PF 2	彎曲	GF2	扣合	F2	螺絲
PF 3	化學聚合	GF3	壓合	F3	螺帽
PF 4	軟焊	GF4	旋入	F4	墊圈
PF 5	硬焊	GF5	接觸	F5	鉚釘
PF 6	黏著	/	/	F6	鍵
PF 7	溶劑			F7	栓
/				F8	銷
				F9	釘
				F10	扣環

(4) 工具性

工具主要參考自(Tseng and Cheng, 2009)所提出之五項工具型態，其中的考量屬性有徒手、小工具、特殊之工具及大型工具等。研究中將用以表示操作程度越困難其作業時可能會影響到組裝上的效率，以下表 3 是其工具性與其說明。

表 3 工具性分類(Tseng and Cheng, 2009)

零件間屬性	屬性	圖示	敘述
工具性	用手的		僅需要雙手，即可將兩個零件結合起來。
	螺絲起子		兩個零件結合時，需要螺絲起子才可以結合。

	用小型工具的		兩個零件結合時，需要小型工具才可以結合，如：十字螺帽與螺絲需透過十字螺絲起子才可順利結合。
	使用特別的工具		兩個零件結合時，需要特殊工具才可以結合。
	用大型工具的		兩個零件結合時，需要大型工具才可以結合，如：兩個零件需要透過焊接才可順利連結。

(5)組裝時間

於 1940 年由美國工作方法工程協會 (Methods Engineering Council) 研究員之竭心研究，綜合及發展 Taylor 與 Gilbreth 之構想。並於 1948 年，Maynard 和 Stegemertin 及 Schwab 等三位工作方法工程師，所發表之「方法時間測定」(Methods Time Measurement, MTM) 之工作研究技術。其 MTM 數據之時間單位為 TMU (Time Measurement Unit, TMU)，即 1 TMU 為 0.00001 小時、0.0006 分鐘、0.036 秒。即：1 秒 = 27.8 TMU、1 分 = 1.667 TMU、1 小時 = 100,000 TMU。關於其 MTM 動作要素說明如下以及釘書機範例列於表 4，總共將釘書機 k=1 步階之範例分割成 4 個模組，於表示成為 M1, M2, ..., M4，此外 M5, M6 則表示將此四個模組繼續分割成二個大模組，模組分割過程之說明將於第三章詳述，然而評估數值如附表 1、附表 2。

(1) 加壓 (Apply Pressure, AP)：

1. 條件 1：AP1=16.2 TMU (為強力加壓，而在加壓之前有「重抓」(Regrasp) 的動作，故時間值較大，其符號為 AP1)
2. 條件 2：AP2=10.6 TMU (為輕微的加壓，即無重「重抓」(Regrasp) 之動作。其符號為 AP2)

(2) 對準 (Position, P)：

1. 齧合 (Engage) 程度
 - 程度 1：齧合程度很鬆弛，可以物體重量自行套入。
 - 程度 2：齧合程度稍微緊密，須用微力將物體套入。
 - 程度 3：齧合程度非常緊密，須用大力將物體套入。
2. 對稱性 (Symmetrical)
 - (1) 對稱 (Symmetrical) 符號 S，如兩圓形物體齧合之情形。
 - (2) 半對稱 (Semi-Symmetrical) 符號 SS，如兩正方形物體齧合之情形。換言之，其齧合位置有二點以上者。
 - (3) 非對稱 (Non-Symmetrical) 符號 NS，如兩梯形物體齧合之情形。換言之，其齧合位置只有一點者。

3. 操作之難易度

- (1) 操作容易(Easy to Handle)符號 E，操作之物體堅固，齧合程度寬弛，不需重抓(Regrasp)動作始能控制目的物之狀態。
- (2) 操作困難(Difficult to Handle)符號 D，操作之物體柔軟或細小，齧合位置距離遠及必須重抓(Regrasp)動作始能控制目的物之動作發生。

表 4 釘書機 TMU 表

零件節點	零件連結關係	所需動素	TMU	時間(sec)
1	L1-2	P1(SS)	9.4	0.338
	L1-3	AP2+P1(SS)	10.6+9.4	0.72
2	L2-1	P1(SS)	9.4	0.338
3	L3-1	AP2+P1(SS)	10.6+9.4	0.72
	L3-4	AP2+P1(NS)	10.6+16	0.958
	L3-7	P1(S)	5.6	0.202
4	L4-3	AP2+P1(NS)	10.6+16	0.958
	L4-5	AP2+P1(NS)	10.6+16	0.958
5	L5-4	AP2+P1(NS)	10.6+16	0.958
	L5-7	AP2+P1(S)	10.6+5.6	0.583
	L5-8	AP2+P1(S)	10.6+5.6	0.583
6	L6-8	AP2+P2(S)	10.6+16.2	0.965
7	L7-3	P1(S)	5.6	0.202
	L7-5	AP2+P1(S)	10.6+5.6	0.583
	L7-10	P1(S)	5.6	0.202
8	L8-5	AP2+P1(S)	10.6+5.6	0.583
	L8-6	AP2+P2(S)	10.6+16.2	0.965
9	L9-10	P1(S)	5.6	0.202
10	L10-7	P1(S)	5.6	0.202
	L10-9	P1(S)	5.6	0.202
	L10-11	AP2+P1(S)	10.6+5.6	0.583
	L10-12	AP1+P1(S)	10.6+5.6	0.583
11	L11-10	AP2+P1(S)	10.6+5.6	0.583
12	L12-10	AP2+P1(S)	10.6+5.6	0.583
M1	LM1-M2	P2(SS)	25.3	0.911
	LM1-M3	P2(SS)	19.7	0.709
M2	LM2-M1	P2(SS)	25.3	0.911
	LM2-M3	P1(SS)	14.7	0.529
M3	LM3-M1	P2(SS)	19.7	0.709
	LM3-M2	P1(SS)	14.7	0.529
	LM3-M4	P2(SS)	25.3	0.911
M4	LM4-M3	P2(SS)	25.3	0.911
M5	LM5-M6	P2(SS)	25.3	0.911
M6	LM6-M5	P2(SS)	25.3	0.911

本研究依上述圖 2 釘書機為例，說明零件 TMU 時間的計算，並將釘書機之 MTM 時間計算如上表 4 中，依表中零件 1 與零件 2 在組裝上是屬於鬆弛的接合

方式為動素P(1)，因此不需施以任何力量即可進行半對稱的齧合動作，所需要之TMU為9.4即為0.338秒。

2.2 零件裝配資訊屬性

零件間裝配相關資訊主要是提供零件裝配的過程中，由內、外在環境中提供或消耗資源量等相關資料項目，通常與零件裝配時間或成本有關係。該屬性資料可作為零件裝配過程中計算組裝時間、組裝成本或求解最佳化問題的參考依據，對於產品開發，設計及分析等作為有很大的幫助，本研究僅以組裝時間及組裝成本兩項納作為考量因素。最後將組成如表5釘書機k=1步階的零件資料結構表，表中M1、M2、M3與M4分別為模組1、模組2、模組3與模組4的工程資訊，另外，M5、M6則是代表上述四個模組又可分割為成二個大模組，不同之模組分群結果將會有各別之零件工程資訊，於表中總共有釘書機12個零件、四個模組和二個大型模組。

表5 釘書機零件工程資訊

零件節點	零件材料	零件連結關係	接觸面特性	結合方向	結合方式	工具性	組裝時間
1	塑鋼	2	單面接觸	(0,0,0,1,0,0)	F5	手	0.338
		3	單面接觸	(0,0,0,1,0,0)	F5	手	0.72
2	鐵	1	單面接觸	(0,0,1,0,0,0)	F5	手	0.338
3	鐵	1	單面接觸	(0,0,1,0,0,0)	F5	手	0.72
		4	單面接觸	(0,0,0,1,0,0)	PF4	特殊工具	0.958
		7	單面接觸	(0,0,0,1,0,0)	F5	手	0.202
4	鐵	3	單面接觸	(0,0,1,0,0,0)	PF4	特殊工具	0.958
		5	單面接觸	(0,0,0,1,0,0)	F5	小工具	0.958
5	鐵	4	單面接觸	(0,0,1,0,0,0)	F5	小工具	0.958
		7	單面接觸	(0,0,0,1,0,0)	PF4	特殊工具	0.583
		8	單面接觸	(1,0,0,0,0,0)	GF5	手	0.583
6	鋁	8	單面接觸	(0,0,0,0,1,1)	GF1	手	0.965
7	鐵	3	單面接觸	(0,0,1,0,0,0)	F5	手	0.202
		5	單面接觸	(0,0,1,0,0,0)	GF5	手	0.583
		10	單面接觸	(0,0,0,1,0,0)	GF1	手	0.202
8	鋼	5	單面接觸	(0,1,0,0,0,0)	GF5	手	0.583
		6	單面接觸	(0,0,0,0,1,1)	GF1	手	0.965
9	鐵	10	單面接觸	(0,0,1,0,0,0)	PF4	特殊工具	0.202
10	鋁	7	單面接觸	(0,0,1,0,0,0)	GF1	手	0.202
		9	單面接觸	(0,0,0,1,0,0)	PF4	特殊工具	0.202
		11	單面接觸	(0,0,0,0,0,1)	PF4	特殊工具	0.583
		12	線接觸	(0,0,0,1,0,0)	GF1	手	0.583
11	鋼	10	單面接觸	(0,0,0,0,1,0)	PF4	特殊工具	0.583
12	鋼	10	多點接觸	(0,0,1,0,0,0)	GF1	手	0.583
M1	合金	M2	多點接觸	(0,0,0,1,0,0)	F5	手	0.911

		M3	多面接觸	(0,0,0,1,0,0)	GF5	手	0.709
M2	合金	M1	多點接觸	(0,0,1,0,0,0)	F5	手	0.911
		M3	多點接觸	(0,0,0,1,0,0)	GF5	手	0.529
M3	合金	M1	多面接觸	(0,0,1,0,0,0)	GF5	手	0.709
		M2	多點接觸	(0,0,1,0,0,0)	GF5	手	0.529
		M4	點接觸	(1,1,0,0,0,0)	GF1	手	0.911
M4	合金	M3	點接觸	(1,1,0,0,0,0)	GF1	手	0.911
M5	合金	M6	點接觸	(1,1,0,0,0,0)	GF1	手	0.911
M6	合金	M5	點接觸	(1,1,0,0,0,0)	GF1	手	0.911

2.3 零件干涉資訊

此步驟將針對零件於限制條件下的組裝次規劃，零件組裝的次序非常的重要，如下圖 4 釘書機為例中紅色標示之彈簧未能先比塑膠零件裝在軸上，則就無法進行墊片的安裝。因此，倘若只依元件的關聯圖如下圖 5 中無法判斷出受組裝限制條件的元件組裝次序，因此本研究需建立出零組件間組裝上會發生之干涉限制條件。組裝干涉矩陣內以 c_{ij} 表示 $node_i$ 與 $node_j$ 進行組裝時，會造成組裝干涉之零件集合，由圖 2 釘書機範例中，可得到之干涉訊息如下表 6 所列。

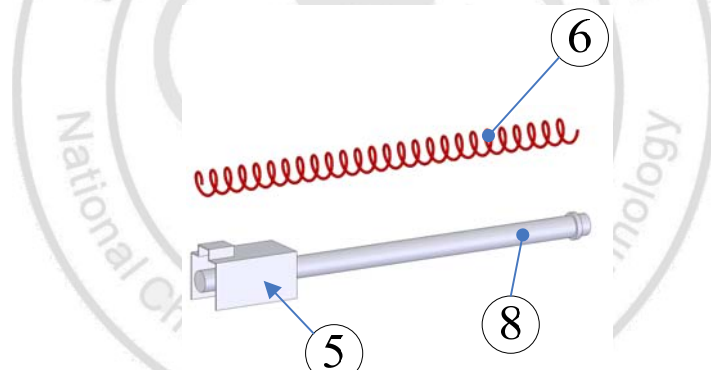


圖 4 釘書機之 Constraint 示意圖

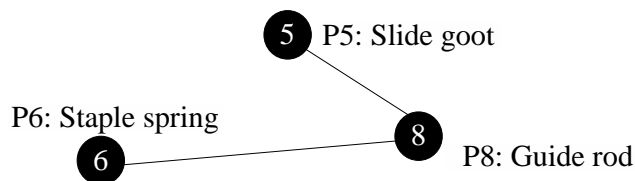


圖 5 三個零件之間的干涉關聯圖

下表 6 中， $c_{58}=c_{85}$ 其干涉零件 {6} 表示零件 8 與零件 6 安裝完後才能安裝零件 5，若零件 5 與零件 8 先行組裝，零件 6 即無法安裝。同理若零件 8 與零件 5 先組裝，零件 6 亦無法安裝。

表 6 零件干涉資訊

零件(Part)	干涉零件 (Constraint Part)
$C_{58} = C_{85}$	{6}
$C_{1210} = C_{1012}$	{9}



第三章 零件安裝限制條件下組裝程序演算法

本研究所發展之組件安裝限制條件下組裝程序演算法(Constrain-Based Construction Sequence Algorithm)，可分為網路密度分群演算法(Network Density Clustering Algorithm, NDCA)以及限制為基的組裝順序(Constraint-Based Assembly Sequence, CBAS)。本研究之演算法主要乃針對網路密度分群演算法，在網路中的所有節點間相互連結的密度作為分群的依據，即網路中任一節點(Node)與其相鄰周邊節點間之連結路徑(Arc)數愈多，表示該區域的節點間連接密度愈高。若將節點視為裝配之組件，則連結密度愈高的組件形成群組(Cluster)的機會就愈高。

因此本研究之分群演算重點工作，首先必須在關聯圖的節點分佈中，找出適當的節點群組，該節點群組內的節點數及其間相連結的路徑數所構成的密度，須比網路中其它節點群組要相對較高才行。很明顯的，關聯圖中的節點群組可以擁有無數的組合型態，且會隨網路節點數增加而讓節點分群更加複雜，若要從網路中決定出最佳的節點群組合是非常困難的。

本研究將所有關聯圖節點連結關係以一關聯矩陣 A 表示，再利用矩陣運算的機制找出節點間連結的路徑數；針對矩陣運算所產生的數據資料，並透過本研究發展之演算分析，找出能夠代表網路各群組的群組節點，該群組會以 $node_i$ 作為基準節點找出之間有連結關係之群組成員，依此便能找出 $node_i$ 基準節點為中心，於 k 步階所涵蓋之範圍內元素之間的關聯性強弱，關係愈強烈其數值將會相對較高，便可提密度值提升。演算法產生第一個分群必定是發生在整體關聯圖的某特定區域，其他區域的節點與該群組比較沒有關係，因此演算法可進一步針對其他網路區域執行上述相同的演算，找出網路節點第二個群組；依此類推，最後網路可以形成數個群組出來，完成網路節點第一層(Layer)的分群。同一群組內的節點可以結合成單一的節點，針對組裝而言，即將裝配零件組合併成一個模組(Module)之意，我們可將模組視為一個新組裝完成的組件(Component)，該零件亦能擁有其相關之零件屬性，包括零件間的連結關係。因此可持續上述分群演算之機制，執行第二層(Layer)的分群演算，求出模組間之分群結果。

另外，本研究也考慮到零件組裝上限制之斥資訊，組裝的元件彼此相接連的方是有許多種類型，但也須考慮到元件間相接連之互斥關係，即部分的元件的安裝存在順序性，若未按此順序執行，則部分元件就無法進行安裝。若演算法重覆上述之步驟，進行多層次的分群演算，所有零件最後會裝配成一成品。本研究提出之分群演算法完整的流程，詳述於下節中。

3.1 CBCSA演算法符號介紹

在介紹本研究之分群演算法之前，先將演算中使用的符號表示如下：

1. A^l :表示網路包含 n 個節點，其構成 $n \times n$ 的關聯矩陣為 A^l ，其中

$$A^l = \begin{bmatrix} a_{11}^l & a_{12}^l & \cdots & a_{1n}^l \\ a_{21}^l & a_{22}^l & \cdots & a_{2n}^l \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}^l & a_{n2}^l & \cdots & a_{nn}^l \end{bmatrix} \quad (1)$$

A^1 矩陣中的元素可表示為 a_{ij}^k ， $1 \leq i, j \leq n$ ， $k=1$ ，表示 $node_i$ 能夠透過 $k(k=1)$ 步距離到達 $node_j$ 的可行路徑數目。

2. A^k :表示令 $A^k = A^{k-1} \times A^1$ ， $k > 1$ ，其中 A^k 內的元素 a_{ij}^k 可計算如下所列：

$$a_{ij}^k = \sum_{q=1}^n (a_{iq}^{k-1} \cdot a_{qj}^1), k > 1, 1 \leq i, j \leq n \quad (2)$$

3. P_{ij}^v :表示為 $node_i$ 至 $node_j$ 可到達之第 v 條路徑的節點集合。
 4. W_k :表示第 k 步階的權重值。
 5. p :表示第 k 步階重要性距離排序。
 6. g :表示第 g^{th} 個節點群組， $g=i$ 。
 7. WS_r :表示網路節點中第 r^{th} 個群組之步階密度矩陣。

$$WS_r = \begin{bmatrix} 0 & s_{12} & \cdots & s_{1n} \\ s_{21} & 0 & \cdots & s_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{n1} & s_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

8. B_i^k :表示經由 k 步階之距離下與 $node_i$ 連結之節點集合。
 9. CN_g :表示針對網路節點中 $node_i$ 為中心第 g^{th} 個節點群組，由中心點 $node_i$ 出發經 k 步階範圍所能包含的節點集合。
 10. CN_number :表示為 CN_g 內節點數目。
 11. CA_number :表示為 CN_g 內節點間路徑步階數目。
 12. θ_g :表示以 $node_i$ 為中心之第 g^{th} 個節點所屬的群組密度， $c=i$ 。
 13. $Cluster_r$:表示網路節點第 r^{th} 個群組節點集合。
 14. E^1 :表示網路包含 n 個零件，建構成以 E^k 來表達，探討組裝限制之矩陣，其矩陣形式與關聯矩陣相似，其表示如下：

$$E^1 = \begin{bmatrix} e_{11}^1 & e_{12}^1 & \cdots & e_{1n}^1 \\ e_{21}^1 & e_{22}^1 & \cdots & e_{2n}^1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{n1}^1 & e_{n2}^1 & \cdots & e_{nn}^1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

15. E^k :表示令 $E^k = E^{k-1} \times E^1$ ， $k > 1$ ，其中 E^k 內的元素 e_{ij}^k 可計算如下所列：

$$e_{ij}^k = \sum_{q=1}^n (e_{iq}^{k-1} \cdot e_{qj}^1), k > 1, 1 \leq i, j \leq n \quad (5)$$

16. c_{ij} :表示 $node_i$ 與 $node_j$ 進行組裝時，會造成組裝干涉之零件集合。
 17. $f(S)$:表示第 $m=1$ 階層權重值，若有2個以上之模組存在時，其值為1；反之，則否。

18. \bar{D} :表示第 $m=1$ 階層所有模組密度平均值。
19. S :表示第 $m=1$ 階層總模組數。
20. ab :表示第 $m=1$ 階層模組間之總弧線數。
21. Cr :表示整體密度值。

3.2 NDCA執行步驟

Step 1: 一步階關聯矩陣運算($k=1$)

令由 n 個網路節點構成 $n \times n$ 矩陣 A^1 ，該矩陣即為一步階關聯矩陣，一步階關聯矩陣可表達網路節點間之連結關係；矩陣中的元素 $a_{ij}^1, 1 \leq i, j \leq n$ 可表示為 $node_i$ 經由一步階連結到 $node_j$ 的可行路徑數目。當 $a_{ij}^1 = 1$ 表示 $node_i$ 與 $node_j$ 有 1 條相鄰的連結，反之 $a_{ij}^1 = 0$ 表示 $node_i$ 與 $node_j$ 間沒有任何連結存在。矩陣中 $a_{ij}^1 = 1, i = j$ 的情況表示節點連結回自己，雖然矩陣運算過程中為合理，亦屬 1 步階之連結，但該情況表示 $node_i$ 在原地踏步，對演算法並無任何作用，反而會擾亂後續節點間步階數之計算，因此演算法將所產生之矩陣， A^1 其中令 $a_{ij}^1 = 0, i = j, 1 \leq i, j \leq n$ ， A^1 可修改如公式(1)。若將節點視為待裝配的零件， $a_{ij}^1 = 0$ 表示零件 i 與零件 j 間沒有存在任何連結機制，反之 $a_{ij}^1 > 0$ ，則表示至少存在一條組合之方法。

Step 2: k 步階關聯矩陣運算($k=k+1$)

2 步階關聯矩陣 A^2 可表達網路節點間，可經由兩步階到達之節點連結關係；矩陣中的元素 $a_{ij}^2, 1 \leq i, j \leq n$ 表示 $node_i$ 經由 2 步階連結到 $node_j$ 的可行路徑數目。另外，節點走 1 步至相鄰節點後，再走回原節點亦屬 2 步階之連結，該情況對演算法問題分析並無助益，也同樣會擾亂後續節點間步階數之計算，因此該狀況亦須排除之， A^k 可修正如公式(6)，然而 A^k 內的元素計算如上公式(2)。

$$\begin{aligned}
 A^k &= A^1 \times A^{k-1} = \begin{bmatrix} 0 & a_{12}^1 & \cdots & a_{1n}^1 \\ a_{21}^1 & 0 & \cdots & a_{2n}^1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}^1 & a_{n2}^1 & \cdots & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 & a_{12}^{k-1} & \cdots & a_{1n}^{k-1} \\ a_{21}^{k-1} & 0 & \cdots & a_{2n}^{k-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}^{k-1} & a_{n2}^{k-1} & \cdots & 0 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 0 & a_{12}^k & \cdots & a_{1n}^k \\ a_{21}^k & 0 & \cdots & a_{2n}^k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}^k & a_{n2}^k & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (6)
 \end{aligned}$$

Step 3: 計算步階權重

本研究權重公式參考自(Barron and Barrett, 1996)所提出之多重屬性權重計算方法如下列公式(7)，運用在弧線上將會給予步階衡量權重，將產品組裝上擁有強烈組裝直接關聯之零件，然而節點距離較疏遠之關聯性較弱，因此該項訊息能夠判斷出網路中有那些區域可能存在密度較高的節點群。

$$W_k = \frac{k+1-p}{\sum_{l=1}^k l} = \frac{2(k+1-p)}{k(k+1)}, l=1 \sim k \quad (7)$$

Step 4: 計算步階密度矩陣

接續要算出網路任意兩節點間所存在的路徑步階數，倘若兩節點間步階數目愈大，則表示該兩節點之相鄰周邊可能存在密度高的節點群。 s_{ij} , $i, j \in [1, \dots, n]$ 為步階密度矩陣內的元素，當 $s_{ij} > 0$ 時，則表示 $node_i$ 到 $node_j$ 存在著連結路徑數目，在此將以 $node_i$ 為基準節點找出之間有連結關係之群組成員，依此便能找出 $node_i$ 基準節點為中心， k 步階所涵蓋之範圍內元素之間的關聯性強弱。由公式(7)求得之權重值 w_k 加入 1 步階關聯矩陣 A^1 公式(1) 與 k 步階關聯矩陣 A^k 公式(6) 二者中，方能得到步階密度矩陣 WS_r ，如公式(8)。

$$\begin{aligned} WS_r &= w_1 \times A^1 + w_2 \times A^2 + \dots + w_k \times A^k \\ &= (w_1 \times \begin{bmatrix} 0 & a_{12}^1 & \dots & a_{1n}^1 \\ a_{21}^1 & 0 & \dots & a_{2n}^1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}^1 & a_{n2}^1 & \dots & 0 \end{bmatrix}) + \dots + (w_k \times \begin{bmatrix} 0 & a_{12}^k & \dots & a_{1n}^k \\ a_{21}^k & 0 & \dots & a_{2n}^k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}^k & a_{n2}^k & \dots & 0 \end{bmatrix}) \\ &= \begin{bmatrix} 0 & w_1 \cdot a_{12}^1 + \dots + w_k \cdot a_{12}^k & \dots & w_1 \cdot a_{1n}^1 + \dots + w_k \cdot a_{1n}^k \\ w_1 \cdot a_{21}^1 + \dots + w_k \cdot a_{21}^k & 0 & \dots & w_1 \cdot a_{2n}^1 + w_k \cdot a_{2n}^k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 \cdot a_{n1}^1 + \dots + w_k \cdot a_{n1}^k & w_1 \cdot a_{n2}^1 + \dots + w_k \cdot a_{n2}^k & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (8) \\ &= \begin{bmatrix} 0 & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & 0 & \dots & s_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{n1} & s_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Step 5: 計算群組內節點數目

Step 5.1: $k=1$ 步階下第 g^{th} 個節點群組集合 CN_g

本步驟將以 $node_i$ 群組中心自公式(8)密度矩陣 WS_r 中，搜尋出 $k=1$ 步階距離下 $B_i^{k=1}$ 內節點集合，且 s_{ij} 必需大於 0，表示其 $node_i$ 與 $node_j$ 存在連結關係，並搜尋出 $B_i^{d=1}$ 集合中所有節點其 $d=1$ 步階相關聯之節點集合 $B_j^{k=1}$ ，將 $B_i^{k=1}$ 與 $B_j^{k=1}$ 之間相同之節點予以保留，其餘自 $B_j^{k=1}$ 中刪除。使其 $B_i^{k=1}$ 集合中節點間必需存在有相互關聯性，則用 $\hat{+}$ 來表示二個集合之間的組合符號。另將 $B_i^{k=1}$ 內所有節點記錄於節點群組集合 CN_g ， $CN_g = B_i^{k=1}$ ，如下公式(9)。完成後則繼續下列步驟 **Step 5.2**。

$$\begin{aligned} CN_g &= \{B_j^1 | B_j^1 \in B_i^1\} \hat{+} CN_g \\ &= \{B_j^1 | B_j^1 \in B_i^1, j \in B_i^1\} \hat{+} CN_g, i, j \in [1, \dots, n] \end{aligned} \quad (9)$$

Step 5.2 : $k=2$ 步階下第 g^{th} 個節點群組集合 CN_g

乃針對上述 $B_i^{k=1}$ 為中心，由公式(8)密度矩陣 WS_r 中繼續搜尋出 $k=2$ 步階之距離下群組集合($s_{ij}>0$)，公式表示如下公式(10)，但 $B_j^{k=2}$ 集合內之節點元素必需與 $B_i^{k=2}$ 集合內節點有相同情形，否則必需自 $B_j^{k=2}$ 中刪除節點元素。最後，將 $B_i^{k=2}$ 內元素記錄於 CN_g ， $CN_g=CN_g B_i^{k=2}$ ，繼續步驟**Step 5.3**。

$$\begin{aligned} CN_g &= \{B_j^2 | B_j^2 \in B_i^2\} \hat{+} CN_g \\ &= \{B_j^2 | B_j^2 \in B_i^2, j \in B_i^2\} \hat{+} CN_g, i, j \in [1, \dots, n] \end{aligned} \quad (10)$$

Step 5.3 : $k=k+1$ 步階下第 g^{th} 個節點群組集合 CN_g

此步驟與上述步驟程序相同，搜尋出 $k=k+1$ 步階距離下群組集合，公式如下(11)式，且將 B_i^k 內元素記錄於 CN_g ， $CN_g=CN_g B_i^k$ ，並持續**Step 5.3**之步驟至完成演算法之最終 k 步階數為止，方能繼續步驟**Step 5.4**。

$$\begin{aligned} CN_g &= \{B_j^k | B_j^k \in B_i^k\} \hat{+} CN_g \\ &= \{B_j^k | B_j^k \in B_i^k, j \in B_i^k\} \hat{+} CN_g, i, j \in [1, \dots, n] \end{aligned} \quad (11)$$

Step 5.4 : 計算出 CN_g 集合內節點數目

根據公式(11)最後計算之結果，若將 CN_g 內所有節點構成的群組，並記錄所包含之節點數 CN_number ， $CN_number \in CN_g$ 。

Step 6 : 計算群組內節點相互連結密度

由上列公式(8)步階密度矩陣 WS_r 內所有的元素數值 s_{ij} ，找出相對應的 CN_g 內所有節點間之 CA_number ，但因矩陣 WS_r 之上矩陣及下矩陣是對稱的關係，表示兩節點間的路徑數目會重複乙次，因此 CA_number 可計算如下(12)式。

$$CA_number = \frac{\sum_{s_{ij} \in WS_r} s_{ij}}{2}, i, j \in CN_g \quad (12)$$

計算出 CA_number 與 CN_number 後方能求得密度值 θ_g ，用以表示第 g^{th} 群網路群組密度， θ_g 愈高表示其模組內連結關係愈強烈，其計算主要依照第 i^{th} 群模組內節線數 CA_number 除以第 i^{th} 群模組節點數 CN_number ，如此一來將使產品模組在分群過程中能將關聯性愈強烈的零件其必需歸屬在同一模組下，以利於模組的組裝能夠更順利執行產品組裝，計算如下公式(13)：

$$\theta_g = \frac{CA_number}{CN_number} \quad (13)$$

Step 7: 挑選出第 s^{th} 個分群

同時也記錄其相對應之 CN_g 計算出 θ_g ，並將 CN_g 內之零件成員由 WS_r 密度矩陣中刪除，即以0作為表示。緊接著繼續Step 8。

Step 8: 是否已完成第 m 層內所有分群

判斷是否有零件尚無群組歸屬，若是則令 $r=r+1$ ，將得重複Step 4 至Step 6 之執行步驟，繼續挑選出次大之 θ_g 將相對應 CN_g 內之節點視為第 $r=r+1$ 個群組 $Cluster_r$ 作求解，直至所有零件皆有群組歸屬；反之，繼續Step 9 組裝順序之運算。本步驟執行結束的條件是：

1. 當密度矩陣 WS_r 已無任何節點存在為止。
2. 所有零件皆已有群組歸屬。

3.3 NDCA演算法虛擬碼與流程圖

下述為本研究之分群演算法NDCA，虛擬碼程式運算架構說明，並且於圖 6 表示本演算之流程。

Algorithm_1

$u=1$;

$Layer_u = \{node_1^1, node_2^1, \dots, node_n^1\}$;

While ($|Layer_u| \neq 1$) **Do**

$k=2$;

While ($k \leq k_{max}$) **Do**

$c=1$;

$Cluster_c = Empty$;

Setup the initial matrix A^1 , $a_{ij}^1 \in A^1$, $i, j \in [1, \dots, n]$;

While ($A^1 \neq Empty$) **Do**

$c=c+1$;

Record all $P_{ij}^1(1)$;

For ($z=2$; $z=k$; $z++$)

$A^z = A^{z-1} \times A^1$, $a_{ij}^z = 0, \forall i = j$;

If ($z > 2$) **Then**

For each value of $a_{ij}^z \in A^z$, $i \neq j$, **regulate them by procedures as:**

For ($g=1$; $g=|v|$; $g++$)

For ($h=1$; $h=n$; $h++$)

If ($P_{ij}^1(1) \in P_{ih}^{z-1}(g)$) **Then**

$a_{ij}^z = a_{ij}^z - 1$;

End

End

End

End

End

$D = \sum_{i=1}^k k \times A^k$;

$r=1$;

$D_{temp} = Empty$;

While ($D \neq \text{Empty}$) **Do**

$s_{ij} = \max \{s_{ij} \in D, \forall i, j, s_{ij} \notin WS_{temp}\}$;

$B_i^{d=k} = \{s_{ij} > 0, s_{ij} \in WS_r\}$;

$CN_g = \{B_i^{d=k} \mid B_j^{d=k} \in B_i^{d=k}, i, j = 1, \dots, n\}$;

$CN_Num_r = |CN_g|$;

$CA_Num_r = \frac{\sum_{i,j} s_{ij}}{2}, s_{ij} \in WS_r$;

$\theta_g = \frac{CA_Num_g}{CN_Num_g}$;

$D_{temp} = D_{temp} / + s_{ij}$;

$r++$;

End

$Cluster_c = \text{Matrix}(CN_g)$;

$\theta_g = \max\{\theta_g, \forall g\}$;

$A^l = A^l / \sim \text{Cluster}_r$;

End

$k++$;

End

$u++$;

Algorithm_2;

Algorithm_3;

End

3.4 整體密度值 Cr

本研究將以整體密度值 Cr 作為衡量 k 步階之優劣，其 Cr 值愈高表示平均密度 \bar{D} 越高以及模組間連結弧線數目 ab 愈少。其公式表示如下(14)式，僅針對產品第 $m=1$ 階層分群計算整體密度值 Cr 。

$$Cr = f(S) \times \left(\bar{D} + \frac{S-1}{ab} \right), f(S) = \begin{cases} 0, & S=1 \\ 1, & S > 1 \end{cases} \quad (14)$$

最後，本研究分群演算法NDCA總共執行 $k=1\sim 5$ 步階整體密度值 Cr 如下表 7。當 $k=1$ 時， $\bar{D}=1.534$ 、 $S=4$ 、 $ab=4$ ， $Cr=1.284$ ，其整體密度值較佳。由於 $k=5$ 時，整體只能夠分為 1 個模組，即 $Cr=0$ 表示只需計算至 5 步階即可停止，繼續運算則無求解效益， $f(S)=1$ 用以表示產生二個以上模組分群結果，便可計算出整體密度值；反之，則 $f(S)=0$ 即表示模組分群結果僅能分割為一個模組大小，因此在整體密度值 Cr 的計算上並無意義。

表 7 釘書機整體密度值 Cr

k -value	Cr
$k=1$	$1 \times \left(\frac{2.134}{4} + \frac{4-1}{4} \right) = 0.534 + 0.75 = 1.284$
$k=2$	$1 \times \left(\frac{1}{2} + \frac{2-1}{2} \right) = 0.5 + 0.5 = 1$

$k=3$	$1 \times \left(\frac{1}{2} + \frac{2-1}{2}\right) = 0.5 + 0.5 = 1$
$k=4$	$1 \times \left(\frac{1}{2} + \frac{2-1}{2}\right) = 0.5 + 0.5 = 1$
$k=5$	0



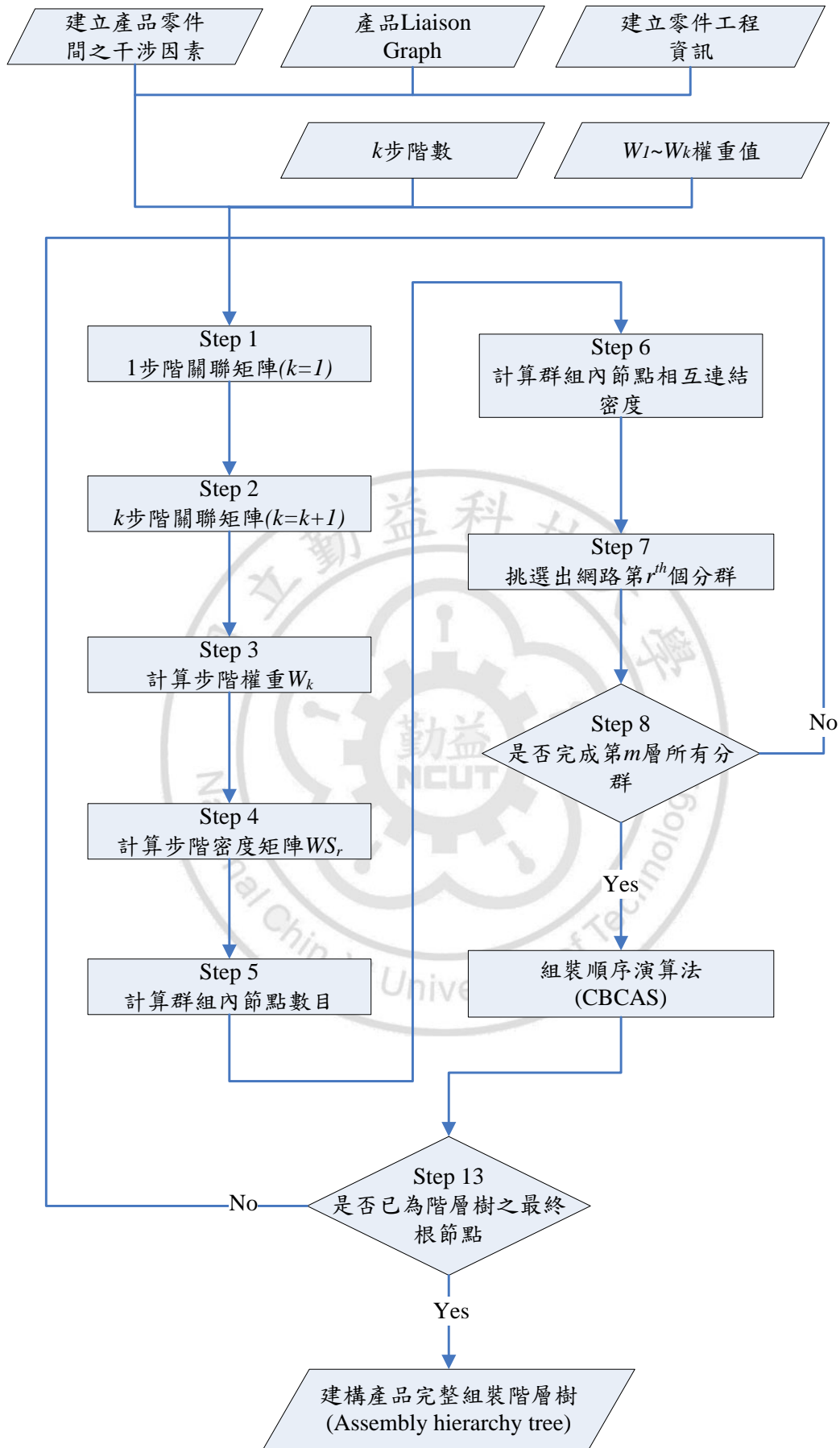


圖 6 NDCA 流程圖

3.5 NDCA執行釘書機範例($k=1$)

首先本節將針對圖 2釘書機 12 個零件作為範例說明，當 $k=1$ 步階時演算法的演算步驟說明如下：

Step 1:一步階關聯矩陣運算($k=1$)

經由圖 3釘書機關聯圖中 12 個節點建構成之為 12×12 的一步階關聯矩陣 A^1 ，矩陣中的元素 a_{ij}^1 ， $1 \leq i, j \leq 12$ 亦可表示為 $node_i$ 經由 1 步連結到 $node_j$ 的可行路徑數目，零件關聯矩陣列於圖 7 所示。

$$A^1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

圖 7 A^1 關聯矩陣

Step 2:二步階關聯矩陣運算($k=2$)

當 $k=1$ 時，只需計算至一步階之弧線距離，因此不需計算二步階關聯矩陣 A^2 。

Step 3:計算步階權重

本研究可利用上述公式(7)，在 $k=1$ 時，其 1 步階權重值 $W_1 = \frac{2 \times (1+1-1)}{1 \times (1+1)} = 1$ 。

Step 4:計算步階密度矩陣(WS_1)

依照公式(7)計算所求得權重值，並將 1 步階關聯矩陣如圖 7 所示乘以弧線權重值 $W_1=1$ 如公式(8)，可得步階密度矩陣 WS_1 如下圖 8。

$$WS_1 = 1 \cdot A^1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

圖 8 步階密度矩陣 $WS_1(k=1)$

Step 5: 計算群組內節點數目

Step 5.1: $k=1$ 步階下第 1 個節點群組集合 CN_1

以 $node_1$ 為群組中心自公式(8)密度矩陣 WS_1 中，搜尋出 $k=1$ 步階距離下 $B_1^{k=1}$ 內節點集合，且 s_{ij} 必需大於 0，因此搜尋出 $B_1^{k=1} = \{1,2,3\}$ 。並搜尋出 $B_1^{k=1}$ 集合中所有節點其 $k=1$ 步階相關聯之節點集合 $B_2^{k=1} = \{1,2\}$ 、 $B_3^{k=1} = \{1,3,4,7\}$ ，將 $B_1^{k=1}$ 與 $B_j^{d=1}$ ， $j=1,2,3$ 之間相同之節點予以保留，其餘自 $B_j^{d=1}$ ， $j=1,2,3$ 中刪除。將 $B_1^{k=1}$ 內所有節點記錄於節點群組集合 CN_1 ， $CN_1 = B_1^{k=1}$ ，即完成 $k=1$ 步階之 CN_1 求解。由於本小節只針對 $k=1$ 步階進行求解演算，因此無需執行 Step 5.2~ Step 5.3 之步驟。

Step 5.4: 計算出 CN_1 集合內節點數目

根據公式(11)最後計算之結果，若將 CN_g 內所有節點構成的群組，並記將其節點紀錄予 CN_1 集合中，因此 CN_1 群組內相互連結之元素包含 $node_1$ 本身共有 $\{1,2,3\}$ ，如下表 8 所列。

表 8 所有 CN_number 計算結果($k=1$)

$CN_1 = \{1,2,3\}$	$CN_number = 3$
$CN_2 = \{1,2\}$	$CN_number = 2$
$CN_3 = \{1,3,4,7\}$	$CN_number = 4$
$CN_4 = \{3,4,5\}$	$CN_number = 3$
$CN_5 = \{4,5,7,8\}$	$CN_number = 4$
$CN_6 = \{6,8\}$	$CN_number = 2$
$CN_7 = \{3,5,7,10\}$	$CN_number = 4$
$CN_8 = \{5,6,8\}$	$CN_number = 3$

$CN_9=\{9,10\}$	$CN_number=2$
$CN_{10}=\{7,9,10,11,12\}$	$CN_number=5$
$CN_{11}=\{10,11\}$	$CN_number=2$
$CN_{12}=\{10,12\}$	$CN_number=2$

Step 6: 計算群組內節點相互連結密度

本步驟將自上表 8 搜尋出 CN_g 內所有的關聯節點間相互連結的路徑數目，並將其令為 CA_number ，計算結果列於表 9。

表 9 所有 CA_number 之計算結果($k=1$)

1	$CA_number = \frac{4}{2} = 2$	7	$CA_number = \frac{6}{2} = 3$
2	$CA_number = \frac{2}{2} = 1$	8	$CA_number = \frac{4}{2} = 2$
3	$CA_number = \frac{6}{2} = 3$	9	$CA_number = \frac{2}{2} = 1$
4	$CA_number = \frac{4}{2} = 2$	10	$CA_number = \frac{8}{2} = 4$
5	$CA_number = \frac{6}{2} = 3$	11	$CA_number = \frac{2}{2} = 1$
6	$CA_number = \frac{2}{2} = 1$	12	$CA_number = \frac{2}{2} = 1$

Step 7: 挑選出第 1 群模組

根據上述之表 8 以及表 9 之結果，將圖 3 釘書機範例計算出第 1 次分群之密度值計算如下表 10，並予第 1 個模組成員 $M1=\{7,9,10,11,12\}$ ，並將其元素由 WS_1 步階密度矩陣中刪除，重新建構為 WS_2 步階密度矩陣如圖 9。

表 10 θ_g 所有之密度值計算結果($k=1$)

1	$\theta_1 = \frac{2}{3} = 0.667$	7	$\theta_7 = \frac{3}{4} = 0.75$
2	$\theta_2 = \frac{1}{2} = 0.5$	8	$\theta_8 = \frac{2}{3} = 0.667$
3	$\theta_3 = \frac{3}{4} = 0.75$	9	$\theta_9 = \frac{1}{2} = 0.5$
4	$\theta_4 = \frac{2}{3} = 0.667$	10	$\theta_{10} = \frac{4}{5} = 0.8$

5	$\theta_5 = \frac{3}{4} = 0.75$	11	$\theta_{11} = \frac{1}{2} = 0.5$
6	$\theta_6 = \frac{1}{2} = 0.5$	12	$\theta_{12} = \frac{1}{2} = 0.5$

$$WS_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

圖 9 步階密度矩陣 WS_2 ($k=1$)

Step 8: 是否已完成 1 層之分群

判斷是否有無群組歸屬之零件，若是則令 $r=2$ ，針對下一個網路節點群組 $Cluster_2$ 作求解，將得重複 Step 4 至 Step 6 之執行步驟，直至所有零件皆有群組歸屬。當 WS_2 時，由下表 11 $Cluster_2$ 挑選群組 $\theta_1 = 0.667$ 為最大值 $M2 = \{1, 2, 3\}$ 。依序重覆上述步驟，可得到 $M3 = \{4, 5, 8\}$ 、 $M4 = \{6\}$ 之結果，其中 $M4$ 為獨立零件模組，即完成第一階層分群。並將模組 1 與模組 2 之結果表示如下圖 10 與圖 11，如此一來便完成所有零件之分群作業。

表 11 $Cluster_2$ 所需的 θ_s 值計算結果 ($k=1$)

1	$\theta_1 = \frac{2}{3} = 0.667$	5	$\theta_5 = \frac{2}{3} = 0.667$
2	$\theta_2 = \frac{1}{2} = 0.5$	6	$\theta_6 = \frac{1}{2} = 0.5$
3	$\theta_3 = \frac{2}{3} = 0.667$	9	$\theta_8 = \frac{2}{3} = 0.667$
4	$\theta_4 = \frac{2}{3} = 0.667$		

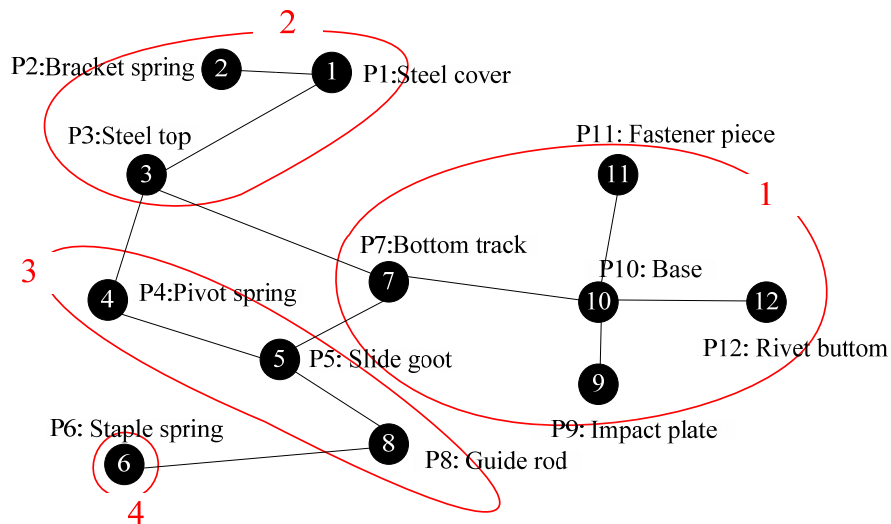


圖 10 釘書機關聯圖分群結果(k=1)

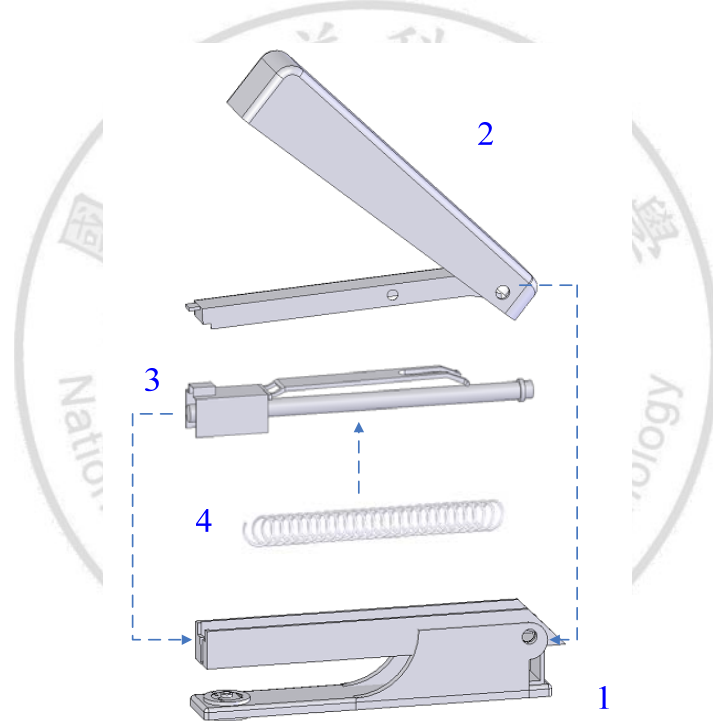


圖 11 釘書機四個模組(k=1)

最後，依圖 3 釘書機針對 $k=1$ 步階整體密度值之計算如(14)式，釘書機 $k=1$ 步階整體密度值 Cr ， $\bar{D} = \frac{0.8+0.667+0.667+0}{4} = \frac{2.134}{4} = 0.534$ 、 $S = 4$ 、 $ab = 4$ ， $Cr = 1 \times (0.534 + \frac{4-1}{4}) = 1.284$ 。

3.6 NDCA 執行釘書機範例 ($k=2$)

本章節乃針對釘書機 $k=2$ 步階之 NDCA 分群演算法進行說明， $k=2$ 步階關聯圖中節點間之弧線，將在一步階之弧線與二步階之弧線距離給予不同之關聯權重，其釘書機 $k=2$ 步階之 NDCA 演算步驟如下：

Step 1:一步階關聯矩陣運算(k=1)

其一步階之關聯圖與關聯矩陣 A^1 ，分別表示於圖 3 以及圖 7。

Step 2:二步階關聯矩陣運算(k=2)

以圖 3 釘書機為例，執行二步階矩陣運算 A^2 可經由公式(6)矩陣的運算 $A^1 \times A^1$ 獲得，其二步階之計算結果之二步階關聯矩陣與關聯圖分別如圖 12 及圖 13 所示。其中圖 12 二步階關聯矩陣內元素值 $a_{35}^2=2$ 表示 $node_3$ 到 $node_5$ 存在 2 條二步階連結路徑，分別為 $P_{35}^1=<3-4-5>$ 與 $P_{35}^2=<3-7-5>$ 此二條連結路徑，其中節點 4 與 7 分別為 $node_3$ 到 $node_5$ 所存在二條之間隔節點。

$$A^2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

圖 12 A^2 關聯矩陣(k=2)

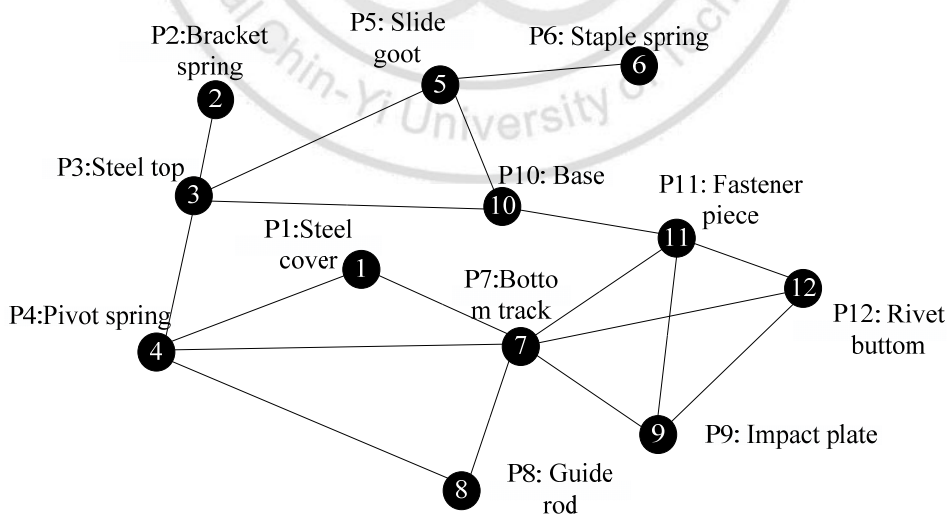


圖 13 釘書機 2 步階關聯圖

Step 3:計算步階權重

以圖 3 釘書機 k=2 步階為例，當二步階計算出弧線權重值 W_1 為

$\frac{2 \times (2+1-1)}{2 \times (2+1)} = \frac{4}{6}$ ，並且 W_2 為 $\frac{2 \times (2+1-2)}{2 \times (2+1)} = \frac{2}{6}$ ，因此得知一步及二步階弧線
 權重值 w_1 與 w_2 ，其權重分別為 $\frac{4}{6}$ 與 $\frac{2}{6}$ 。

Step 4: 計算步階密度矩陣(WS_I)

依照公式(7)計算所求得權重值，並將一步階與二步階關聯矩陣各別乘以弧線權重值如公式(8)的步階密度矩陣，且加總為第 1 個群組之步階密度矩陣 WS_I 如圖 14 所示。自圖 7 一步關聯階矩陣中 $node_5$ 至 $node_3$ 在矩陣中 $a_{53}^1 = 0$ ，乃表示沒有存在一步階弧線距離的關係，然而圖 12 中二步階矩陣關聯矩陣時 $a_{53}^2 = 2$ ，代表著存在著二步階的關聯性路徑有 2 條，因此計算可得 $s_{53} = \frac{4}{6} \times 0 + \frac{2}{6} \times 2 = \frac{4}{6}$ 。

$$WS_1 = \frac{4}{6} \cdot A^1 + \frac{2}{6} \cdot A^2 = \begin{bmatrix} 0 & \frac{4}{6} & \frac{4}{6} & \frac{2}{6} & 0 & 0 & \frac{2}{6} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{4}{6} & 0 & \frac{2}{6} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{4}{6} & \frac{2}{6} & 0 & \frac{4}{6} & \frac{4}{6} & 0 & \frac{4}{6} & 0 & 0 & \frac{2}{6} & 0 & 0 \\ \frac{2}{6} & 0 & \frac{4}{6} & 0 & \frac{4}{6} & 0 & \frac{4}{6} & \frac{2}{6} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{4}{6} & \frac{4}{6} & 0 & \frac{2}{6} & \frac{4}{6} & \frac{4}{6} & 0 & \frac{2}{6} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{2}{6} & 0 & 0 & \frac{4}{6} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{4}{6} & 0 & \frac{4}{6} & \frac{4}{6} & \frac{4}{6} & 0 & 0 & \frac{2}{6} & \frac{2}{6} & \frac{4}{6} & \frac{2}{6} & \frac{2}{6} \\ 0 & 0 & 0 & \frac{2}{6} & \frac{4}{6} & \frac{4}{6} & \frac{2}{6} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{2}{6} & 0 & 0 & \frac{4}{6} & \frac{2}{6} & \frac{2}{6} \\ 0 & 0 & \frac{2}{6} & 0 & \frac{2}{6} & 0 & \frac{4}{6} & 0 & \frac{4}{6} & 0 & \frac{4}{6} & \frac{4}{6} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{2}{6} & 0 & \frac{2}{6} & \frac{4}{6} & 0 & \frac{2}{6} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{2}{6} & 0 & \frac{2}{6} & \frac{4}{6} & \frac{2}{6} & 0 \end{bmatrix}$$

圖 14 步階密度矩陣($k=2$)

Step 5: 計算群組內節點數目

Step 5.1: $k=1$ 步階下第 I^{th} 個節點群組集合 CN_I

以 $node_I$ 為群組中心自密度矩陣 WS_I 中，搜尋出 $k=1$ 步階距離下 $B_I^{k=1}$ 內節點集合 $\{1,2,3\}$ ，並搜尋出 $B_I^{k=1}$ 集合中所有節點其 $k=1$ 步階相關聯之節點

集合 $B_2^{k=1}=\{1,2\}$ 、 $B_3^{k=1}=\{1,3,4,7\}$ ，將 $B_1^{k=1}$ 與 $B_j^{k=1}$ ， $j=1,2,3$ 之間相同之節點予以保留，其餘自 $B_j^{k=1}$ ， $j=1,2,3$ 中刪除。使其 $B_1^{k=1}$ 集合中節點間必需存在有相互關聯性。此外將 $B_1^{k=1}$ 內所有節點記錄於節點群組集合 CN_1 ， $CN_1=B_1^{k=1}=\{1,2,3\}$ 。

Step 5.2：k=2 步階下第 I^{th} 個節點群組集合 CN_I

同樣依上述 $B_1^{k=1}=\{1,2,3\}$ 為中心，由公式(8)密度矩陣 WS_I 中繼續搜尋出 $k=2$ 步階之距離下群組集合($s_{ij}>0$)， $B_1^{k=2}=\{4,7\}$ ，然而 $B_j^{k=2}$ 之 $k=2$ 步階之距離下群組集合為 $B_4^{k=2}=\{1,3,7,8\}$ 、 $B_7^{k=2}=\{1,4,8,9,11,12\}$ 集合內之節點元素必需與 $B_1^{k=2}$ 集合內節點有相同情形，否則必需自 $B_j^{k=2}$ ， $j=4,7$ 中刪除節點元素。最後，將 $B_1^{k=2}$ 內元素組合並記錄於 CN_I 中。

Step 5.3：k=k+1 步階下第 g^{th} 個節點群組集合 CN_I

此步驟與上述步驟程序相同，搜尋出 $k=k+1$ 步階距離下群組集合，公式如上(11)式，但由於此次只進行 $k=2$ 步階之演算，所以不需執行本步驟。

Step 5.4：計算出 CN_I 集合內節點數目

根據公式(11)最後計算之所有結果，將 CN_g ， $g=1\sim 12$ 內所有節點構成的群組，並記錄所包含之節點數，如下表 12 所列。

表 12 所有 CN_number 之計算結果($k=2$)

$CN_1=\{1,2,3,4,7\}$	$CN_number=5$
$CN_2=\{1,2,3\}$	$CN_number=3$
$CN_3=\{1,2,3,4,5,7,10\}$	$CN_number=7$
$CN_4=\{1,3,4,5,7,8\}$	$CN_number=6$
$CN_5=\{3,4,5,6,7,8,10\}$	$CN_number=7$
$CN_6=\{5,6,8\}$	$CN_number=3$
$CN_7=\{1,3,4,5,7,8,9,10,11,12\}$	$CN_number=10$
$CN_8=\{4,5,6,7,8\}$	$CN_number=5$
$CN_9=\{7,8,9,10,11,12\}$	$CN_number=6$
$CN_{10}=\{3,5,7,9,10,11,12\}$	$CN_number=7$
$CN_{11}=\{7,9,10,11,12\}$	$CN_number=5$
$CN_{12}=\{7,9,10,11,12\}$	$CN_number=5$

Step 6: 計算群組內節點相互連結密度

由 CN_g 集合搜尋出相關聯之弧線數目加總，便可得下表 13 之結果。

表 13 所有 CA_number 之計算結果($k=1$)

1	$CA_number = \frac{8.666}{2} = 4.333$	7	$CA_number = \frac{24}{2} = 12$
2	$CA_number = \frac{3.334}{2} = 1.667$	8	$CA_number = \frac{8.666}{2} = 4.333$
3	$CA_number = \frac{15.334}{2} = 7.667$	9	$CA_number = \frac{9.334}{2} = 4.667$
4	$CA_number = \frac{13.334}{2} = 6.667$	10	$CA_number = \frac{14.666}{2} = 7.333$
5	$CA_number = \frac{15.334}{2} = 7.667$	11	$CA_number = \frac{9.334}{2} = 4.667$
6	$CA_number = \frac{3.334}{2} = 1.667$	12	$CA_number = \frac{9.334}{2} = 4.667$

Step 7: 挑選出第 1 群模組

由下表 14 中找出最大之 θ_g 值為 $\theta_{10} = 0.8$ ，並於第 1 個模組分群中 $\theta_7 = 1.2$ 之密度值最高，因此以 $node_7$ 基準節點所包含之零件集合成為為模組 1 的模組成員 $M1 = \{1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12\}$ ，其釘書機模組 1 之關聯圖分割情況與實體範例如下圖 15 所示，將 CN_1 內所有的節點也將從矩陣 WS_1 中移除，並重新建立 WS_2 矩陣如下圖 16。

表 14 θ_g 所有之密度值計算結果($k=2$)

1	$\theta_1 = \frac{4.333}{5} = 0.867$	7	$\theta_7 = \frac{12}{10} = 1.2$
2	$\theta_2 = \frac{1.667}{3} = 0.556$	8	$\theta_8 = \frac{4.333}{5} = 0.867$
3	$\theta_3 = \frac{7.667}{7} = 1.095$	9	$\theta_9 = \frac{4.667}{6} = 0.778$
4	$\theta_4 = \frac{6.667}{6} = 1.111$	10	$\theta_{10} = \frac{7.333}{7} = 1.048$
5	$\theta_5 = \frac{7.667}{7} = 1.095$	11	$\theta_{11} = \frac{4.667}{5} = 0.933$
6	$\theta_6 = \frac{1.667}{3} = 0.556$	12	$\theta_{12} = \frac{4.667}{5} = 0.933$

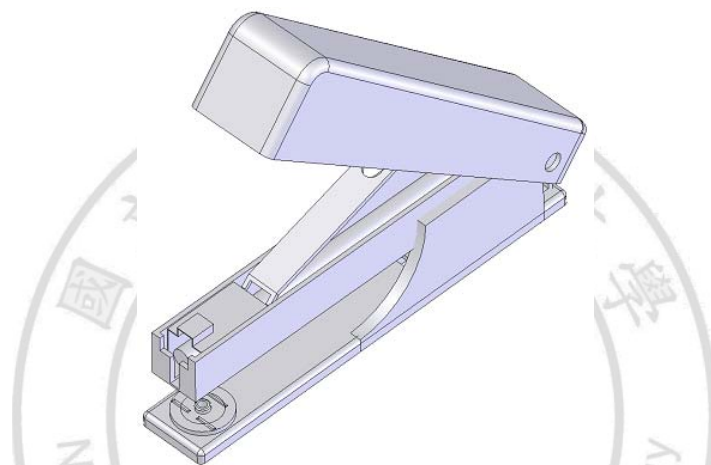
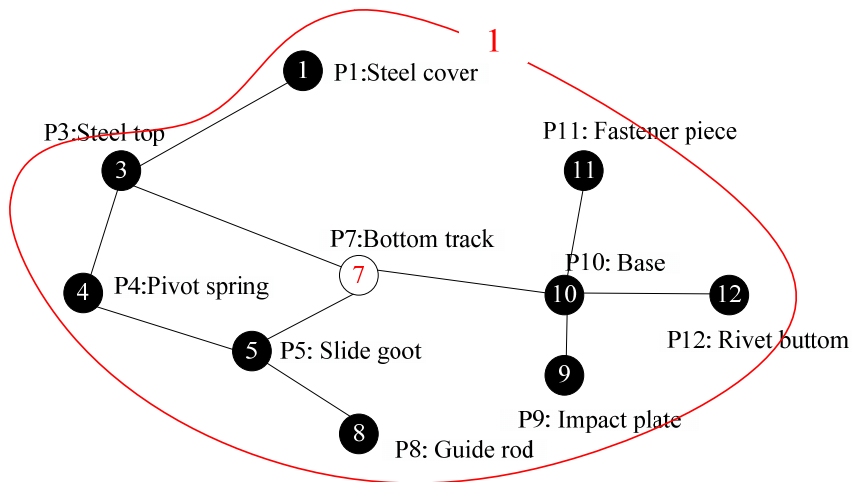


圖 15 群組 1 關聯圖與實體模組模型(k=2)

$$WS_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

圖 16 重建置後的 WS_2 密度矩陣分群(k=2)

Step 8: 是否已完成 1 層之分群

當 WS_2 時， $\theta_2=0$ 與 $\theta_6=0$ 則表示此模組 2 為獨立零件模組 $CN_2=\{2\}$ 與 $CN_6=\{6\}$ ，即完成第一階層分群。並將模組 1 與模組 2 為獨立零件模組之結果表示如下圖 17與圖 18，如此一來便完成所有零件之分群作業。

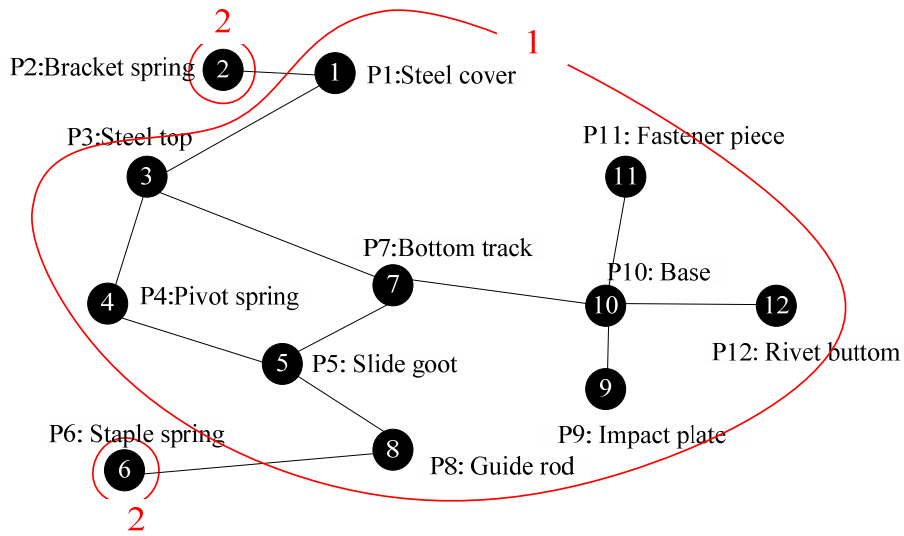


圖 17 釘書機分群結果(k=2)

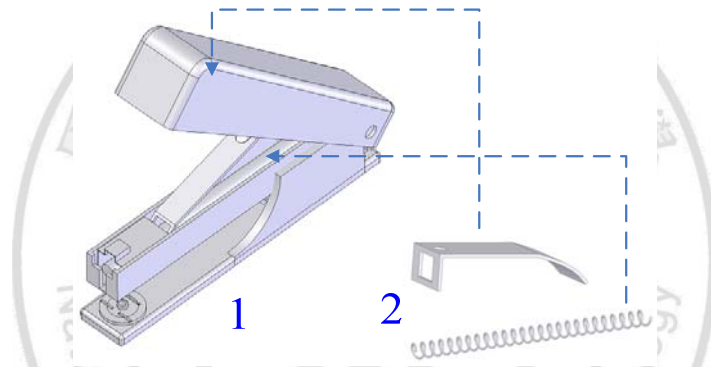


圖 18 釘書機實體 2 大模組(k=2)

最後，依圖 3 釘書機說明 k=2 步階分群結果為 $M1=\{1,3,4,5,7,8,9,10,11,12\}$ 、 $M2=\{2,6\}$ ，密度值，當 k=2 時， $\bar{D}=\frac{1+0}{2}=0.5$ 、 $S=2$ 、 $ab=2$ 、 $Cr=1 \times (0.5 + \frac{2-1}{2})=1$ 。

3.7 模組最佳化修正

本小節針對 NDCA 演算結果，將獨立性模組內零件併入連結關係模組內，以達到最佳化模組結構，如此便可消除獨立性模組達到提升整體密度值的效果。其修正之規則如下：

1. 由落單零件所形成的獨立性模組，將其內部零件自獨立性模組中併入有高度連結關係之模組，形成為最佳的模組型式。
2. 將模組內介面零件(Interface Component)，將其歸屬至高度連結關係之模組中。

落單零件合併規則說明如圖 19，將使得提升落單零件對整體密度值計算有所貢獻，並且達到提升模組密度值效果。

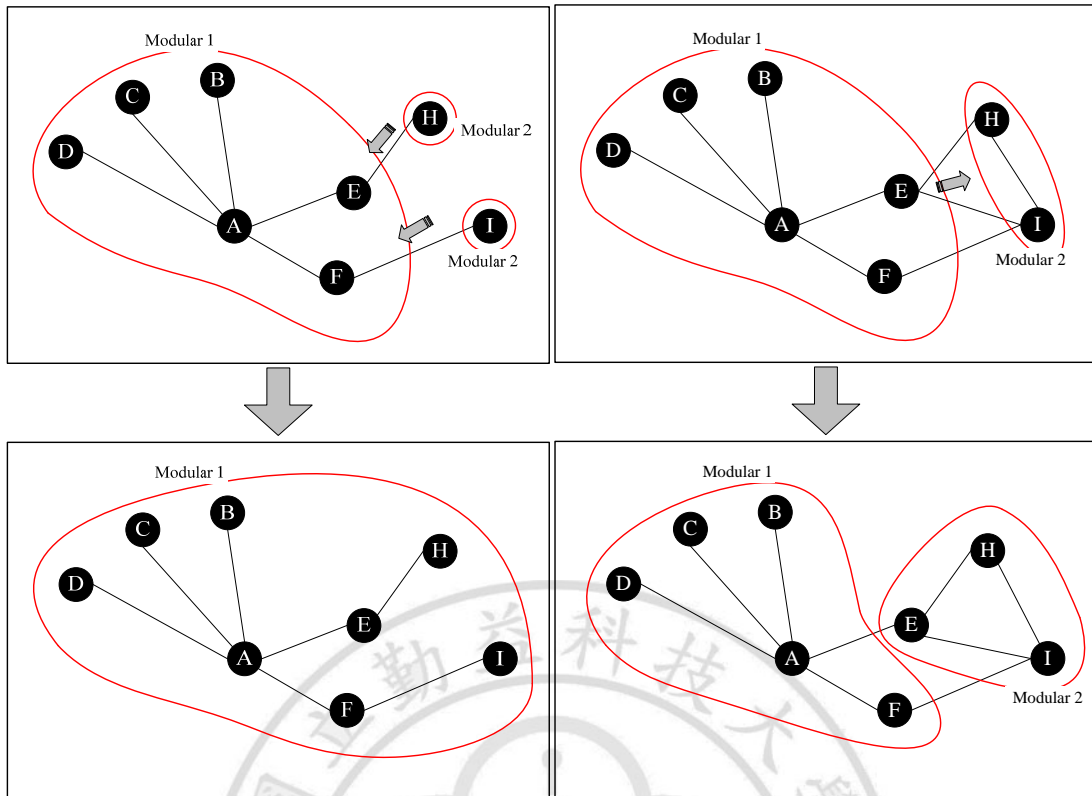


圖 19 模組最佳化修正程序

依圖 3 釘書為例所計算出調整前之 Cr 值為表 7 所示，經由以上規則針對落單零件與介面零件執行局部調整後可獲得，表 15 所列為最佳之整體密度值結果，當 $k=1$ 時由四個模組最佳化之修正為三個模組數如下圖 20，密度值由 1.284 提高至 1.711， $k=1$ 仍為最佳整體密度，下圖 21 為釘書實體模組。但 $k=2$ 由圖 17 原始分群結果中得知模組 2 為獨立性零件，透過最佳化修正規則需將 $node_2$ 、 $node_6$ 併入模組 1 中，消除掉獨立性零件，最後， $k=2$ 之結果僅成為 1 個模組，因此 Cr 值之 $f(S)$ 為 0。

表 15 調整後最佳整體密度值 Cr

k -value	Cr
$k=1$	$1 \times (\frac{2.134}{3} + \frac{3-1}{2}) = 0.711 + 1 = 1.711$
$k=2$	0

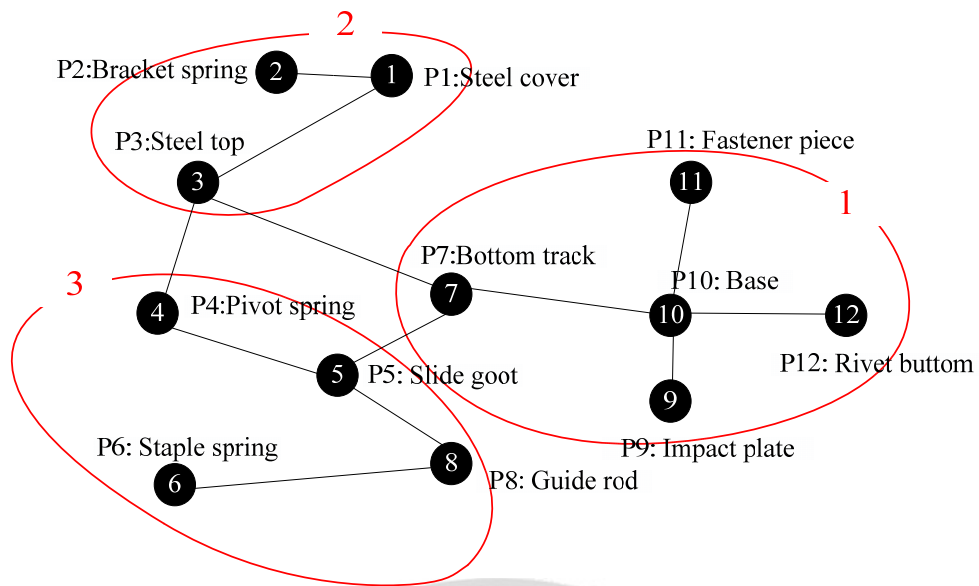


圖 20 釘書機 $k=1$ 修正後

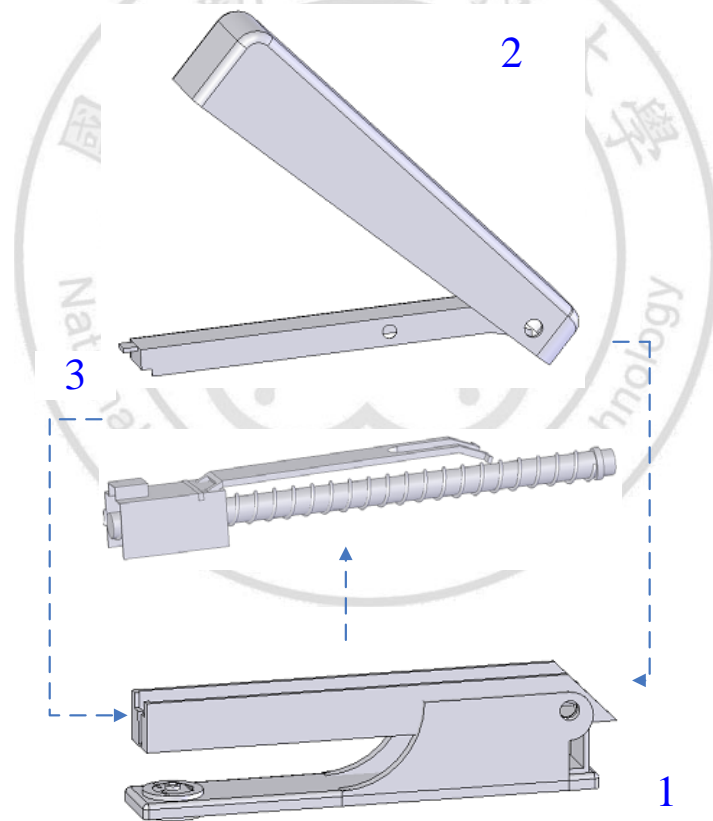


圖 21 釘書機 $k=1$ 修正後模組結果

第四章 組裝順序演算法

本研究所提出之限制為基的組裝順序(Constraint-Based Assembly Sequence, CBAS)，仍用矩陣運算進行組裝順序求解，並且於運算過程中考量到零件干涉限制條件，以獲得可行的組裝順序。矩陣運算過程之規則與先前說明之關聯矩陣大致相同，但此階段之停止條件依矩陣運算至最後收斂為止。下述為組裝順序演算法之說明。

4.1 CBAS演算步驟

Step 9: 針對第 m 層內所有群組產生組裝順序

此步驟將針對零件於限制條件下的組裝次規劃，但是在此步驟需考慮到組裝上干涉問題，受組裝干涉限制之條件將不列為可行之組裝順序。

Step 9-1: 產生第 s^{th} 群組的 1 組裝順序矩陣

首先建立組裝次序矩陣 E^1 ，如公式(4)。產生在矩陣中每一個元素 e_{ij}^1 的計算均要將元件間組裝干涉條件考慮進去，由 $node_i$ 與 $node_j$ 以其組成之關聯性，當計算完成後繼續 Step 9-2 之步驟。

Step 9-2: 運算 k 步階組裝順序矩陣

經由公式(5)計算出 E^2 組裝順序矩陣，並且依照修正成為公式(15)中 k 步階之組裝順序矩陣 E^k 。接著繼續 Step 9-3 步驟。

$$E^k = E^1 \times E^{k-1} = \begin{bmatrix} 0 & e_{12}^k & \cdots & e_{1n}^k \\ e_{21}^k & 0 & \cdots & e_{2n}^k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{n1}^k & e_{n2}^k & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (15)$$

Step 9-3: 完成第 r^{th} 群之裝配順序

判斷是否已運算至最終組裝順序矩陣，即矩陣內元素皆為 0 或是 $k=n$ 時。則已達到終止之條件表示即完成第 r^{th} 群之基準裝配順序，本組裝程序矩陣演算之終止條件如下：

1. 當 k 步階的矩陣所有的元素皆為 0 (表示節點已無進一步的路徑可連結)。
2. 最多執行 $n-1$ 步階矩陣為止(表示所有的元件為循序組裝的零件)。

藉由上述基準裝配順序，由下列二搜尋規則建立可行之組裝路徑，但其組裝路徑並非最佳的組裝順序。待完成此步驟後繼續步驟 Step 10；反之，繼續執行 Step 9。

1. 模組內作為界面功能零件不得作為起始組裝順序，如此便能降低不合理的組裝順序結果。
2. 模組內部所有零件組裝程序必需存在組裝上直接的連結關係。

Step 10:處理第 r^{th} 群組裝上零件間干涉限制

此步驟將透過零件干涉資訊，將產品組裝上受到表 6 組裝干涉影響下，屬於不可行之組裝路徑，將在演算法中予以被刪除，並重複 Step 9-2~Step 9-3 之步驟。

Step 11:結束第 m 層之運算

判斷是否第 m 層 $cluster_1 \sim cluster_r$ 組裝次序皆已完成，若第 m 層所有群組之組裝次序求解皆已完成，則進行 Step 12；否則，將繼續執行 Step 9~Step 10 之步驟。

Step 12:計算第 m 層之產品組裝時間

藉由零件工程資訊中的組裝時間，在此步驟將會依序計算出每一組組裝次序以一個人力單位下的組裝所需時間。

Step 13:判斷階層樹之階層是否為最終根節點

重覆 Step 1~Step 13 的各步驟之後，網路節點經過多層次的分群，最後將模組形成單一零件，亦為組裝階層樹之根節點(Root node)；直至最後演算至無法繼續分割群組為止，亦即此演算法終結。

4.2 CBAS 演算法虛擬碼與流程圖

本研究之組裝順序演算法 CBAS，於下圖 22 為組裝順序演算法流程圖，另於演算過程之虛擬碼表示如下，分成有 Algorithm_2 與 Algorithm_3 各別針對零件干涉與組裝順序執行演算。

Algorithm_2

Record all constraint $cluster_c$;

$Layer_u = \{node_u^c \mid node_u^c = Cluster_c, \forall c\}$;

Algorithm_3

Setup the initial matrix $E^1, e_{ij}^1 \in E^1, i, j \in [1, \dots, n]$;

while($|Layer_u| \neq 1$) Do

 Record all constraint $cluster_c; c_{ij} = \{node_n\}, i \neq j, i, j = 1, \dots, n$;

 while($k \leq k_{max}$ or $A^k \neq Empty$) Do

 For ($z=2; z=k; z++$)

$A^z = A^{z-1} \times A^1, a_{ij}^z = 0, \forall i = j$;

 For each value of $a_{ij}^z \in A^z, i \neq j$;

 regulate them by procedures as:

 For ($g=1; g=|v|; g++$)

 For ($h=1; h=n; h++$)

 If ($P_{hj}^1(1) \in P_{ih}^{z-1}(g)$)

$e_{ij}^z = e_{ij}^z - 1$;

 Else If ($P_{hj}^1(1) \in c_{ij}$)

$e_{ij}^z = e_{ij}^z - 1$;

```
        End
      End
    End
  End
  End
  k++;
  End
  u++;
End
```



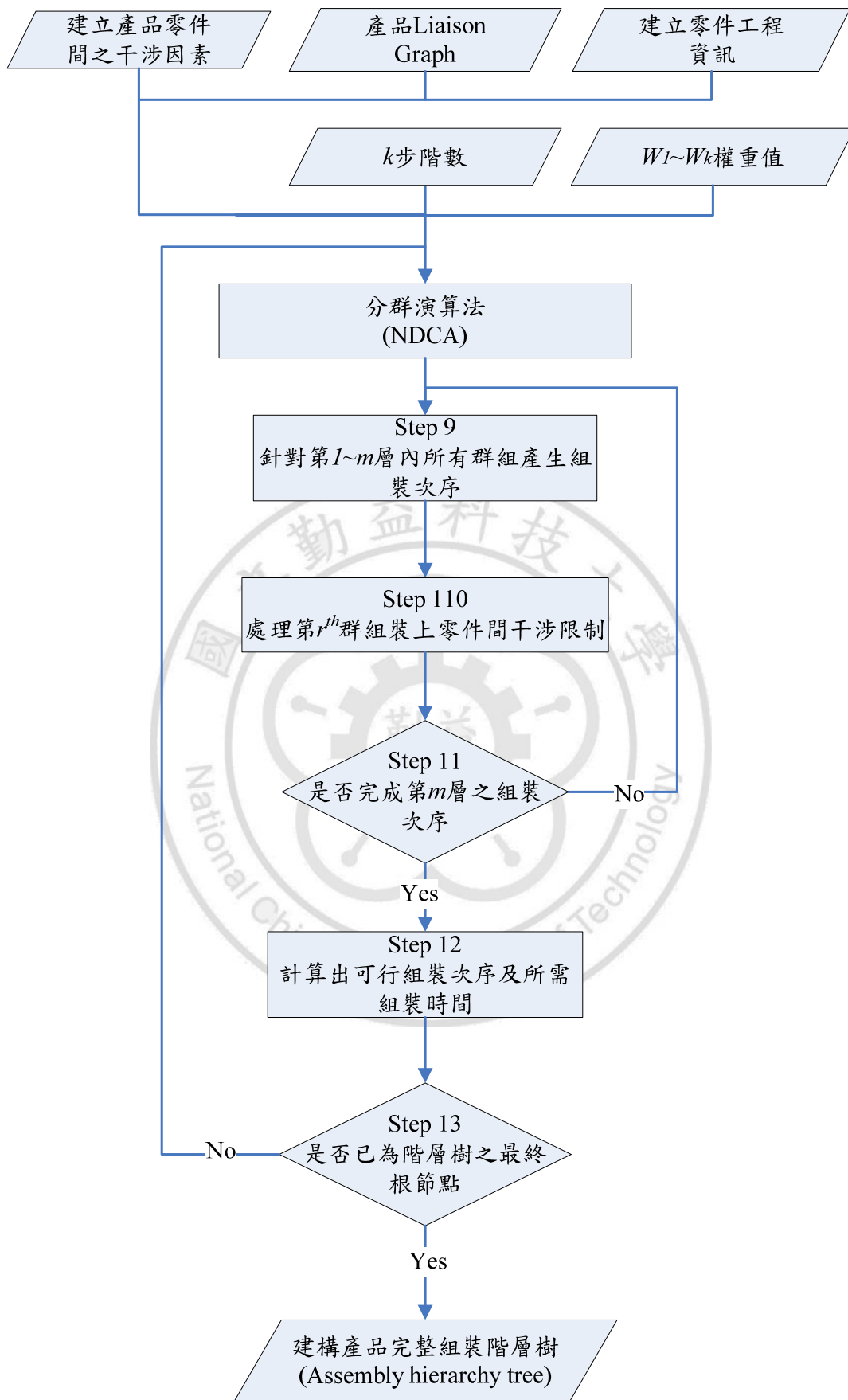


圖 22 CBAS 流程圖

4.3 組裝階層樹(Assembly Hierarchy Tree)

本研究中網路完成節點第一層(Layer)的分群後，同一群組內的節點可以結合成單一的節點，針對組裝而言，即將裝配零件組合併成一個模組(Module)之意，我們可將模組視為一個新組裝完成的零件(Component)，該零件亦能擁有其相關之零件屬性，包括零件間的聯結關係。因此可持續上述分群演算之機制，執行第二層(Layer)的分群演算，求出模組間之分群結果。

整個分群的結果，予各層節點關係可表示成一樹狀結構。原尚未執行分群的網路節點可視為網路第 $m=1$ 層，節點經執行上述分群步驟後，所形成的群組連結型態，可視為網路第 $m=2$ 層。其中每一群組可組合成一個單體零件，該單體零件繼承所有節點的屬性，因此亦可將上一層的群組視為下一層的節點，組裝階層樹之結構如下圖 23。

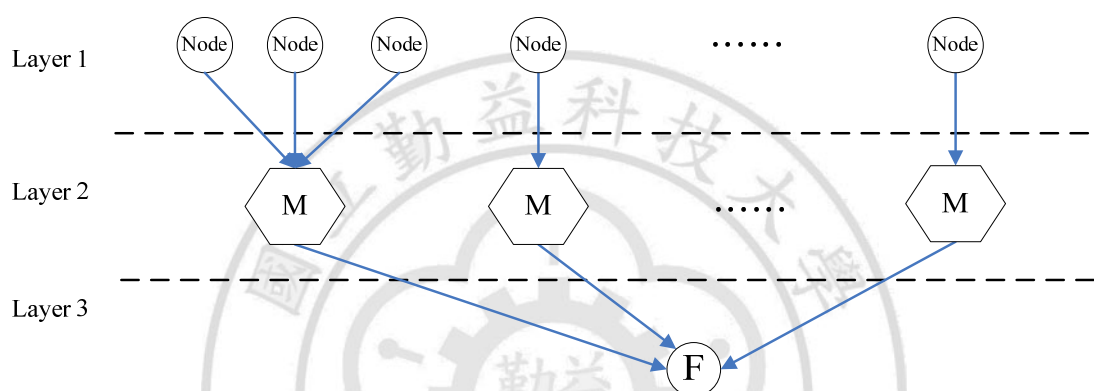


圖 23 產品階層樹

4.4 CBAS執行釘書機範例($k=1$)

Step 9:針對第 1 層內所有群組產生組裝順序

由上述分群結果獲得第 1 層模組分群結果，在此步驟將繼續進行組裝順序的矩陣運算，以下步驟說明同樣以釘書機進行詳述。

Step 9-1:產生第 1 群組之 E^1 矩陣

首先，自圖 3 關聯建立公式(4) $Cluster_1 = \langle 7, 9, 10, 11, 12 \rangle$ 模組中 5 項零件建構成一步階組裝順序矩陣 E^1 ，其關聯資訊建立成為 1 步階組裝程序矩陣如下圖 24， $node_1$ 與 $node_2$ 之間存在有 1 條可行路徑($e_{12}^1=1$)，即 $P_{12}^1 = \langle 1-2 \rangle$ 。

$$E^1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

圖 24 組裝程序矩陣($k=1$)

Step 9-2: 計算 2 步階組裝順序矩陣 E^2

自圖 3 釘書機為例，產生 2 步階限制矩陣 E^2 ，其結果如下圖 25 中結果 $e_{12}^2 = 1$ 表示擁有 $P_{12}^1 = \langle 7-10-9 \rangle$ ，唯一的可行組裝路徑。

$$E^2 = E^1 \times E^{2-1} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

圖 25 二步階組裝程序矩陣($k=1$)

Step 9-3: 完成 1 群組之裝配順序

檢查是否已達到組裝順序矩陣停止條件，若是則終止組裝順序矩陣運算；否則，繼續 $k=k+1$ 運算組裝順序矩陣。運算至 E^3 組裝順序矩陣內所有元素已皆為 0 如圖 26，即表示計算至 E^2 為 $Cluster_1$ 最終之組裝順序矩陣，其矩陣結果同上圖 25。

$$E^3 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

圖 26 E^3 組裝順序矩陣($k=1$)

Step 10: 處理第 1 階層 1~4 群模組組裝上零件間干涉限制

此步驟將透過零件干涉資訊，將產品組裝上受到表 6 組裝干涉影響下屬不可行之組裝路徑，將在演算法中予以被刪除，並重複 Step 8.2~Step 8.3 之步驟。

Step 11: 結束第 1 層之運算

原尚未執行分群的網路節點可視為網路第 $m=1$ 層，節點經執行上述分群步驟後，所形成的群組連結型態，可視為網路第 $m=2$ 層之零件。最後，將 $s=1\sim 2$ 之群組之可行之裝配順序列於下表 16 半成品即為第 1 層 M1 模組 1 的組裝順序。

表 16 零件至成品的完整($k=1$)

	編號	基準組裝順序	路徑數
Layer2	M1	$\langle 7-10-9 \rangle$ 、 $\langle 7-10-11 \rangle$ 、 $\langle 7-10-12 \rangle$ 、 $\langle 9-10-7 \rangle$ 、 $\langle 9-10-11 \rangle$ 、 $\langle 9-10-12 \rangle$ 、 $\langle 11-10-7 \rangle$ 、 $\langle 11-10-9 \rangle$ 、 $\langle 11-10-12 \rangle$ 、 $\langle 12-10-7 \rangle$ 、 $\langle 12-10-9 \rangle$ 、 $\langle 12-10-11 \rangle$	12
	M2	$\langle 2-1-3 \rangle$ 、 $\langle 3-1-2 \rangle$	2
	M3	$\langle 4-5-8-6 \rangle$ 、 $\langle 6-8-5-4 \rangle$	2
F	M5	$\langle 1-3-2 \rangle$ 、 $\langle 1-2-3 \rangle$ 、 $\langle 2-3-1 \rangle$ 、 $\langle 2-1-3 \rangle$ 、 $\langle 3-2-1 \rangle$ 、 $\langle 3-1-2 \rangle$	6

Step 12 計算第 1 層之產品組裝時間

藉由表 5 零件工程資訊中的組裝時間，在此步驟將會依序計算出每一組組裝次序以一個人力單位下的組裝所需時間，如下表 17 零組件組裝時間共有 60 條可行的組裝路徑。

表 17 產品所有組裝時間(k=1)

	組裝順序	組裝時間
	9-11-12-10-7-4-5-8-6-2-1-3	5.717
	9-11-12-10-7-4-5-8-6-3-1-2	5.717
	9-7-12-10-11-4-5-8-6-2-1-3	5.134
	9-7-12-10-11-4-5-8-6-3-1-2	5.134
	9-7-11-10-12-4-5-8-6-2-1-3	5.134
	9-7-11-10-12-4-5-8-6-3-1-2	5.134
	11-9-12-10-7-4-5-8-6-2-1-3	5.717
	11-9-12-10-7-4-5-8-6-3-1-2	5.717
	11-7-12-10-9-4-5-8-6-2-1-3	5.134
	11-7-12-10-9-4-5-8-6-3-1-2	5.134
	11-7-9-10-12-4-5-8-6-2-1-3	5.134
	11-7-9-10-12-4-5-8-6-3-1-2	5.134
	12-9-11-10-7-4-5-8-6-2-1-3	5.717
	12-9-11-10-7-4-5-8-6-3-1-2	5.717
	12-7-11-10-9-4-5-8-6-2-1-3	5.134
	12-7-11-10-9-4-5-8-6-3-1-2	5.134
	12-7-9-10-11-4-5-8-6-2-1-3	5.134
	12-7-9-10-11-4-5-8-6-3-1-2	5.134
	9-11-12-10-7-2-1-3-4-5-8-6	6.294
	9-11-12-10-7-3-1-2-4-5-8-6	5.336
	9-7-12-10-11-2-1-3-4-5-8-6	6.092
	9-7-12-10-11-3-1-2-4-5-8-6	5.134
	9-7-11-10-12-2-1-3-4-5-8-6	6.092
	9-7-11-10-12-3-1-2-4-5-8-6	5.134
	11-9-12-10-7-2-1-3-4-5-8-6	6.294
	11-9-12-10-7-3-1-2-4-5-8-6	5.336
	11-7-12-10-9-2-1-3-4-5-8-6	6.092
	11-7-12-10-9-3-1-2-4-5-8-6	5.134
	11-7-9-10-12-2-1-3-4-5-8-6	6.092
	11-7-9-10-12-3-1-2-4-5-8-6	5.134
	12-9-11-10-7-2-1-3-4-5-8-6	6.294
	12-9-11-10-7-3-1-2-4-5-8-6	5.336
	12-7-11-10-9-2-1-3-4-5-8-6	6.092
	12-7-11-10-9-3-1-2-4-5-8-6	5.134
	12-7-9-10-11-2-1-3-4-5-8-6	6.092
	12-7-9-10-11-3-1-2-4-5-8-6	5.134
	2-1-3-4-5-8-6-7-11-12-10-9	6.092
	2-1-3-4-5-8-6-7-9-12-10-11	6.092
	2-1-3-4-5-8-6-7-9-11-10-12	6.092
	2-1-3-4-5-8-6-9-11-12-10-7	6.092
	2-1-3-4-5-8-6-9-7-12-10-11	6.092
	2-1-3-4-5-8-6-9-7-11-10-12	6.092

	2-1-3-4-5-8-6-11-9-12-10-7	6.092
	2-1-3-4-5-8-6-11-7-12-10-9	6.092
	2-1-3-4-5-8-6-11-7-9-10-12	6.092
	2-1-3-4-5-8-6-12-9-11-10-7	6.092
	2-1-3-4-5-8-6-12-7-11-10-9	6.092
	2-1-3-4-5-8-6-12-7-9-10-11	6.092
	2-1-3-7-11-12-10-9-4-5-8-6	5.336
	2-1-3-7-9-12-10-11-4-5-8-6	5.336
	2-1-3-7-9-11-10-12-4-5-8-6	5.336
	2-1-3-9-11-12-10-7-4-5-8-6	5.919
	2-1-3-9-7-12-10-11-4-5-8-6	5.336
	2-1-3-9-7-11-10-12-4-5-8-6	5.336
	2-1-3-11-9-12-10-7-4-5-8-6	5.919
	2-1-3-11-7-12-10-9-4-5-8-6	5.336
	2-1-3-11-7-9-10-12-4-5-8-6	5.336
	2-1-3-12-9-11-10-7-4-5-8-6	5.919
	2-1-3-12-7-11-10-9-4-5-8-6	5.336
	2-1-3-12-7-9-10-11-4-5-8-6	5.336
Layer2	M1-M3-M2	1.678
	M1-M2-M3	1.296
	M2-M3-M1	1.678
	M2-M1-M3	1.058
	M3-M2-M1	1.296
	M3-M1-M2	1.058

Step 13: 判斷階層樹之階層是否為最終根節點

重覆Step 1~Step 13 的步驟之後，圖 3 關聯圖內節點經過多層次的分群後，最後終會形成單一組，該最後的組即為根節點(Root node)；若將節點視為零件，則表示最終產品組裝完畢，分群演算法亦到此終結。其釘書機完整組裝順序及組裝時間呈如上錯誤! 找不到參照來源。及表 17 中。

最後，將每一階層之模組分群建構為組裝階層樹，首先第 1 層群組三個模組節點。如下圖 27 為第一層的節點網路連結情況。

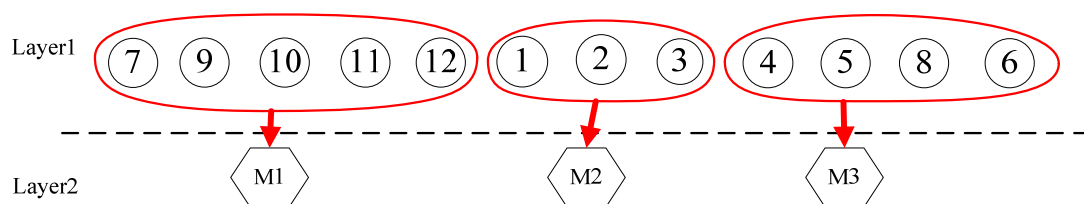


圖 27 釘書機第一層之分群結果(k=1)

在建構第二層組裝階層樹時，需將每一模組均視為單一節。如下圖 28 所列為第二層的組裝階層樹連結情況。

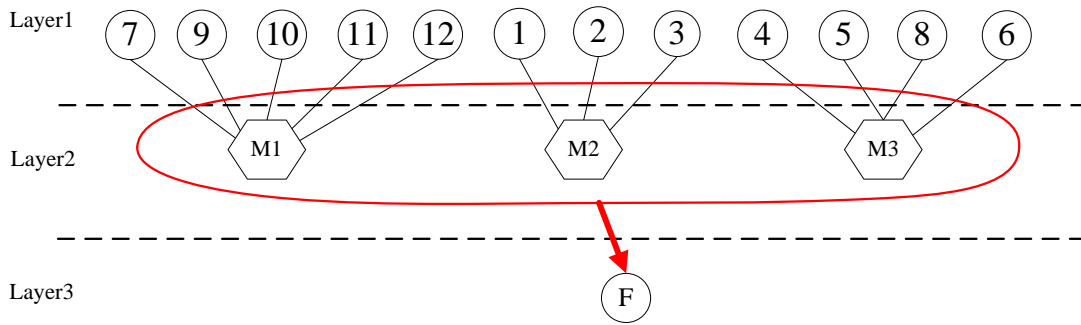


圖 28 釘書機第二層之分群結果($k=1$)

網路節點經過每一階層次的分群過後，最後終會形成單一群組，該最後的群組即為根節點(Root node)。整個分群的過程，各層節點關係可表示成一樹狀結構，該結構表示如圖 29。

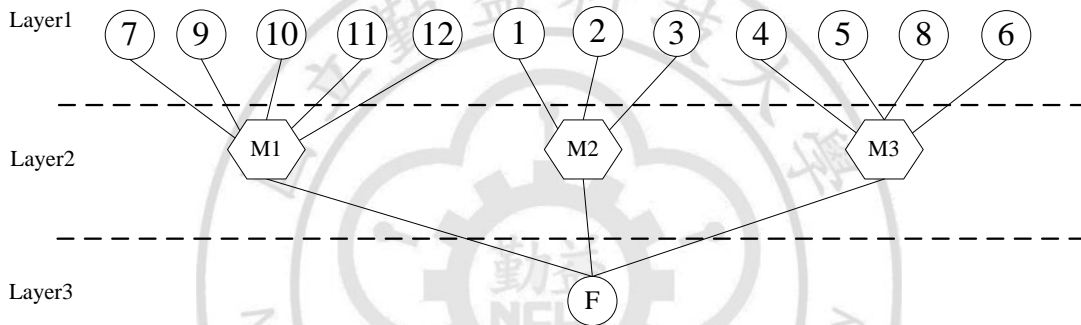


圖 29 $k=1$ 時釘書機之完整組裝階層樹

4.5 CBAS執行釘書機範例($k=2$)

於 $k=1$ 時，經由上述 NDCA 分群演算法分析，將釘書機分成為四個模組其密度值較佳，緊接著是 CBAS 演算法進行組裝順序的求解。

Step 10:針對第 1 層內所有群組產生組裝順序

由上述分群結果獲得第 1 層模組分群結果，在此步驟將繼續進行組裝順序的矩陣運算，以下步驟說明同樣以釘書機進行詳述。

Step 10-1:產生第 1 群組之 E^1 矩陣

將上述 $Cluster_1$ 模組中 11 項零件所構成之 1 步階組裝順序矩陣 E^1 ，其關聯資訊建立成為 1 步階組裝程序矩陣如下圖 30。

$$E^1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

圖 30 組裝程序矩陣(k=2)

Step 10-2: 計算 2 步階組裝順序矩陣 E^2

自圖 3 釘書機為例，產生 2 步階限制矩陣 E^2 ，其結果如下圖 31 中結果
 $e_{53}^2 = 2$ 表示擁有 $P_{47}^1 = \langle 5-4-3 \rangle$ 、 $P_{47}^2 = \langle 5-7-3 \rangle$ ，二條可行組裝路徑。

$$E^2 = E^1 \times E^1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

圖 31 二步階組裝程序矩陣(k=2)

Step 10-3: 完成 1 群組之裝配順序

檢查是否已達到組裝順序矩陣停止條件，若是則終止組裝順序矩陣運算；
 否則，繼續 $k=k+1$ 運算組裝順序矩陣。由圖 31 中可看出二步階組裝順序矩陣，並不符合停止條件。繼續計算至 E^8 組裝順序矩陣內所有元素皆為 0 時，即表示計算至 E^7 時最佳的組裝順序矩陣如下圖 32。

$$E^7 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

圖 32 最終組裝順序矩陣(k=2)

Step 11:處理第 1 階層第 1、2 群模組組裝上零件間干涉限制

此步驟將透過零件干涉資訊，將產品組裝上受到表 6 組裝干涉影響下屬不可行之組裝路徑，將予演算法中刪除。

Step 12:結束第 1 層之運算

原尚未執行分群的網路節點可視為網路第 $m=1$ 層，節點經執行上述分群步驟後，所形成的群組連結型態，可視為網路第 $m=2$ 層之零件。最後，將 $r=1\sim 2$ 之群組之可行之裝配順序列於下表 18 即為第 1 層之組裝順序。

表 18 第一階層組裝順序(k=2)

	編號	基準組裝順序	路徑數
Layer1	M1	<6-8-5-4-3-7-10-9>、<6-8-5-4-3-7-10-11>、 <6-8-5-4-3-7-10-12>、<9-10-7-3-4-5-8-6>、 <11-10-7-3-4-5-8-6>、<12-10-7-3-4-5-8-6>	6
	M2	<2-6>、<6-2>	2

Step 13:計算第 1 層之產品組裝時間

藉由零件工程資訊中的組裝時間，在此步驟將會依序計算出每一組組裝次序以一個人力單位下的組裝所需時間，計算結果如下表 20 零組件組裝時間。

Step 14:判斷階層樹之階層是否為最終根節點

重覆 Step 1~Step 11 的步驟後，經由多層次的分群後，最後終會形成單一群組，該最後的群組即為，根節點(Root node)；若將節點視為零件，則表示最終產品組裝完畢，分群演算法亦到此終結。其釘書機完整組裝順序及組裝時間呈如下表 19 及表 20 中。

表 19 零件至成品的完整(k=2)

	基準組裝順序	路徑數
Layer2	<2-1-3-4-5-7-10-9>、<2-1-3-4-5-7-10-11>、 <2-1-3-4-5-7-10-12>、<6-8-5-4-3-7-10-9>、 <6-8-5-4-3-7-10-11>、<6-8-5-4-3-7-10-12>、 <9-10-7-5-4-3-1-2>、<9-10-7-3-4-5-8-6>、 <11-10-7-5-4-3-1-2>、<11-10-7-3-4-5-8-6>、 <12-10-7-5-4-3-1-2>、<12-10-7-3-4-5-8-6>	12

表 20 產品所有組裝時間(k=2)

	組裝順序	組裝時間
Layer1	2-1-3-4-6-8-5-7-11-12-10-9	6.675
	2-1-3-4-6-8-5-7-9-12-10-11	6.675
	2-1-3-4-6-8-5-7-9-11-10-12	6.675
	6-8-5-4-2-1-3-7-11-12-10-9	6.294
	6-8-5-4-2-1-3-7-9-12-10-11	6.294
	6-8-5-4-2-1-3-7-9-11-10-12	6.294
	9-11-12-10-7-6-8-5-4-3-1-2	6.675
	9-11-12-10-7-2-1-3-4-5-8-6	6.294
	11-9-12-10-7-6-8-5-4-3-1-2	6.675
	11-9-12-10-7-2-1-3-4-5-8-6	6.294
	12-9-11-10-7-6-8-5-4-3-1-2	6.675
	12-9-11-10-7-2-1-3-4-5-8-6	6.294

將每一階層之模組分群建構為組裝階層樹，首先第 1 層群組節點。如下圖 33 為第一層的節點網路連結情況。

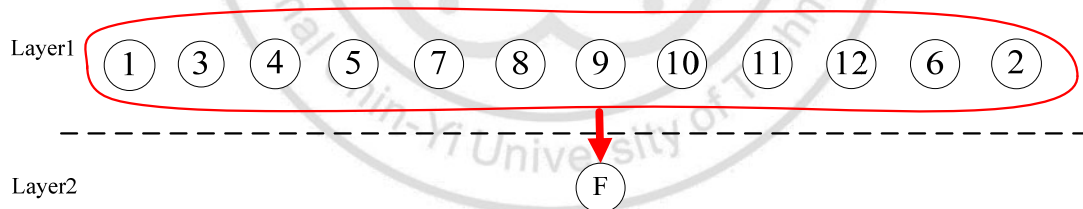


圖 33 釘書機第一層之分群結果(k=2)

網路節點經過每一階層次的分群過後，最後終會形成單一群組，該最後的群組即為根節點(Root node)。整個分群的過程，各層節點關係可表示成一樹狀結構，該結構表示如圖 34。

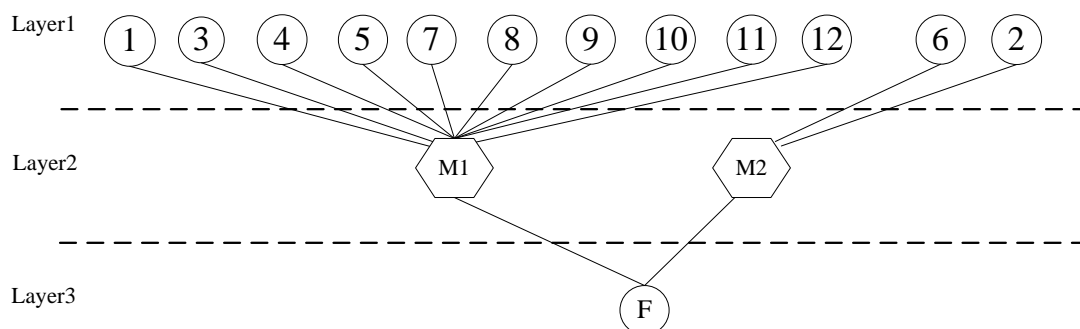


圖 34 最終之樹狀結構(k=2)

4.6 DSM與ISM執行步驟說明

本章節將針對設計結構矩陣(Design Structure Matrix, DSM)以及詮釋結構矩陣(Interpretive Structural Model, ISM)，針對此二種矩陣運算方法之求解過程、計算規則和計算結果進行詳細說明。

4.6.1 設計結構矩陣DSM

DSM為Steward於1981年提出以二維矩陣方式，解決複雜專案任務與規劃工作程序的有效方法。Steward(1981)將複雜專案任務中，各工作任務之作業關係，分為獨立性(Independent)、相依性(Dependent)與交互作用性(Interdependent)，但DSM與ISM之間交互作用上表示之意涵不同下述將有詳細之說明。Yassine(2004)說明藉由DSM用於一產品中，可以表示組成元件間之連結關係；若用於專案，則可表示團隊間之協調關係。所以DSM 依用途可分為四類：

- (1) 以參數為基之形式：用於分析系統建立。
 - (2) 以任務為基之形式：用於任務規劃。
 - (3) 以團隊為基之形式：用於組織設計與規劃。
 - (4) 以元件為基之形式(Component-based Modeling)：用於組裝模組設計與規劃。
- 本文乃以第(4)項為考慮對象。

執行步驟：

1. DSM先建立組裝元件的連接關係產生輸入矩陣(Incidence Matrix, IM) A ，矩陣表示如下圖35，以圖2釘書機為例說明DSM初始矩陣如下圖36，上三角矩陣表示零件與零件之間逆向關係(Feedback)，下三角矩陣則表示零件與零件之間順向關係(Feed Forward)。

$$A = \begin{bmatrix} \bullet & M_{12} & M_{13} & \cdots & M_{1n} \\ M_{21} & \bullet & M_{23} & \cdots & M_{2n} \\ M_{31} & M_{32} & \bullet & \cdots & M_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ M_{n1} & M_{n2} & M_{n3} & \cdots & \bullet \end{bmatrix}$$

圖 35 DSM 矩陣結構

$$A = \begin{bmatrix} \bullet & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & \bullet & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & \bullet & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \bullet & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \bullet & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \bullet & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & \bullet & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & \bullet & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \bullet & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & \bullet & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & \bullet & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & \bullet \end{bmatrix}$$

圖 36 DSM 初始矩陣

2. 求獨立元件：

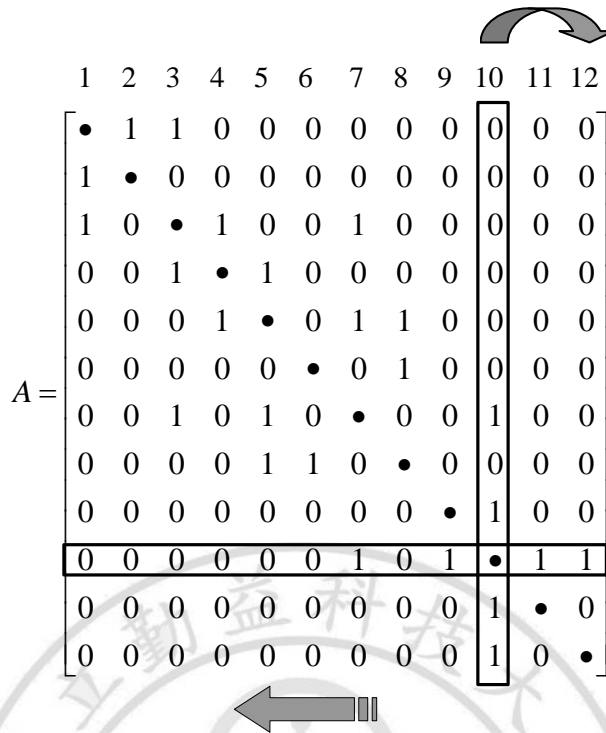
- (1) 矩陣中的任一列(Row)若元素皆為空白或0，則將這個元件列往矩陣最上及行往最右面移動排列，最後並從矩陣中移除。以上圖36中不存在無空白列，因此不需要移動任何列。
- (2) 重覆步驟(1)直到矩陣內所有列皆不存在空白列或0列。
- (3) 矩陣中的任一行(Column)若元素皆為空白或0，則將這個元件列往矩陣最下及行往最左面移動排列，最後並從矩陣中移除。
- (4) 重覆步驟(2)直到矩陣內所有行皆不存在空白行或0行。
- (5) 重複上述的步驟，直到矩陣中沒有空白行與空白列存在。

1. 求交互作用元件：

經過步驟1的分割後，所剩作業即為交互作用性 (Coupled) 作業。交互作用性作業可分為兩種：(1)兩兩比較分割法(2)迴圈分析法。由此可發現DSM於同樣的關聯矩陣 A 使用不同的方法，會得到不同的分群結果，這表示DSM亦不做最佳分群考慮。

兩兩比較分割法：

- (1) A 以行為比較對象，由後往前兩兩相比較，將元件關聯性較為複雜者行 (Column) 往後移動，列(Row) 往下移動。以釘書機為例如下圖37，由於 $node_{10}$ 所與其它零件間關聯性較複雜，因此將 $node_{10}$ 行列分別向右和下移動，可獲得圖38之結果。
- (2) 重複上述步驟直到每一元件的複雜程度由小至大排序為止。



$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \\ 10 \\ 11 \\ 12 \end{matrix} & \begin{bmatrix} \bullet & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & \bullet & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & \bullet & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \bullet & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \bullet & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \bullet & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & \bullet & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & \bullet & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \bullet & 1 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & \bullet & 1 & 1 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & \bullet & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & \bullet \end{bmatrix} \end{matrix}$$

圖 37 DSM 兩兩分割法則

$$\begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 11 & 12 & 10 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \\ 11 \\ 12 \\ 10 \end{matrix} & \begin{bmatrix} \bullet & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & \bullet & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & \bullet & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \bullet & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \bullet & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \bullet & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & \bullet & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & \bullet & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \bullet & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \bullet & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \bullet & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & \bullet \end{bmatrix} \end{matrix}$$

圖 38 兩兩分割法移動後結果

迴圈分析法：

(1) 決定迴圈之方法分別有路徑搜尋(Path searching)與矩陣乘積(Powers of the Adjacency Matrix Methods)。

- 路徑搜尋:依照元件之前置與後續作業進行搜尋，最後找出能夠回到起始元件之元件，這此組件即形成交互作用迴圈，本研究將以路徑搜尋出零件間交互作用關係。

- 矩陣乘積:由矩陣進行 k 步階的相乘可得到對角線非零元件，在第 k 步階會回到元件本身，而 k 值運算之終止條件為剩餘之交互作用元件數。
- (2) 隨意找尋任一元件，針對其前置元件檢驗是否與該元件共同組成迴圈?迴圈的元件即為「交互作用關係」的元件，並且將其群組視為單一元件。如下圖39即為第一次迴圈搜尋，由 $node_1$ 與 $node_2$ 能形成相互回饋之迴圈，亦即交互作用群組，並繼續找出是否有其它迴圈群組存在。

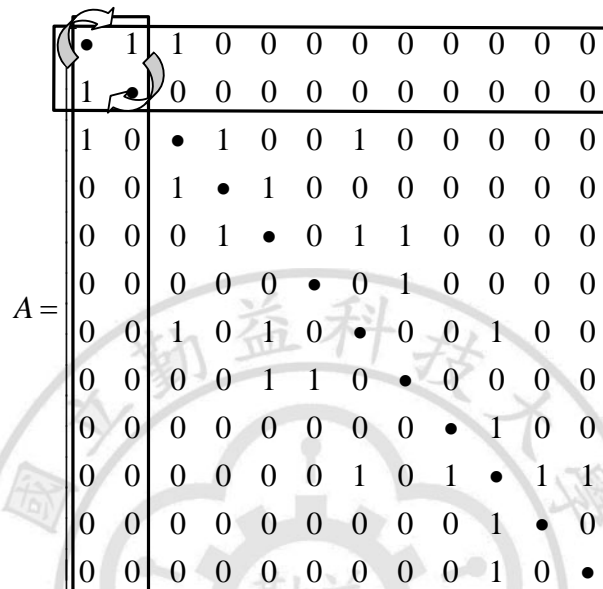


圖 39 DSM 迴圈分割法

- (3) 依上述的方法針對所有的元件執行，如此便可找出所有共組迴圈的元件。最後，於圖44列出釘書機DSM分群結果。

4.6.2 詮釋結構矩陣ISM

ISM是分析元素之間彼此關係的方法，該方法由1972年Warfield所提出，是一個以社會開發系統的概念設計為前提的模組化技巧。該方法可參考(Warfield, 1973a, 1973b, 1974a)及Hsiao & Liu (2005)，然而兩種方法不盡相同，Warfield直接透過可達矩陣的行列計算，逐步將的元件找出來，同時也依序決定出其排列之階層。Hsiao & Liu則是將可達矩陣進一步轉換成交互作用矩陣，再找出其「交互作用關係」的零件，然而ISM之交互作用與DSM不同之處在於ISM強調迴圈概念，能夠尋找出零件與整個網路間的迴圈關係，不僅僅是零件與零件之間的迴圈關係。接著再利用可達矩陣之行、列累積值之和與差值為軸，以「獨立性」及「受支配性」兩維度，來決定元件之階層。因此ISM僅是做到合理的元素間分群及階層化，並沒有最佳化之概念在內，本文也提出自己的計算方式，其執行的步驟如下：

執行步驟：

1. 參考組裝零件的连接關係產生 $n \times n$ 的關聯矩陣(Incidence Matrix, IM) M ，關聯矩陣 M 實際上類似本文之一步階矩陣 A^1 ，但是有一點非常不同： A^1 是雙向性

(即兩元件間存在連結關係， $a_{ij}^1=1, a_{ji}^1=1$)，而 M 為單向性的連結關係($a_{ij}^1=1$ or $a_{ji}^1=1$)，不一定為對稱矩陣。以圖3釘書機為例表示如下圖40。

$$M = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

圖 40 關聯矩陣圖

2. 令 $A^t = A^M + I$ ，矩陣 I 表示為單位矩陣($a_{ij}=1, i=j$ or $a_{ij}=0, i \neq j$)， A^t 表示含有自己的因果(影響)關係矩陣，以圖3釘書機為例 I 單位矩陣如下圖41所示，則 A^t 因果關係矩陣結構同圖7關聯矩陣。重複執行 $A^t = A^{t-1} \times A^t$ 直到 A^t 內的數值收斂不會再改變為止(本研究計算之收斂次數為20次)，計算公式如下公式(16)， A^t 內的元素 a_{ij}^t 所執行的加減運算均依據布林運算(Booleam)的規則來進行，布林代數運算法：

$$\begin{array}{ll} 0+0=0 & 0 \times 0=0 \\ 0+1=1 & 0 \times 1=0 \\ 1+0=1 & 1 \times 0=0 \\ 1+1=1 & 1 \times 1=1 \end{array}$$

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

圖 41 單位矩陣圖

最後累算的矩陣令其為可達矩陣 A^R (Reachable Matrix, RM)，即 $A^R=A^t \cdot A^R$ 。物理意義表示任一組裝零件可連結到達的其他零件，若 $node_i$ 和 $node_j$ 彼此間無論經過幾步階可連結到，則 $a_{ij}^R=1$ 。

$$A^2 = A^1 \times A^1$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (16)$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

3. 將RM內部具有「交互作用關係」的元件排列出來，該矩陣稱之為交互作用矩陣 A^{IM} (Interactive Matrix, IM)。該矩陣產生的方法可參考(吳建南, 2007)所述，然而(吳建南,2007)的IM計算過程數學式有誤，因此本研究修正如下，令 A^R 的倒置矩陣為 $B=(A^R)^T$ ， $A^{IM}=B \text{ AND } A^R$ 。由 A^{IM} 將相互關聯性之矩陣元素予以分群可以得知所有「交互作用關係」的元件，此步驟可以利用DSM的原則來處理。
4. 利用可達矩陣之行、列累積值之和與差值為軸(D+R, D-R)，以「獨立性」及「受支配性」兩維度，來決定元件之階層，座標表達方式如下圖42。

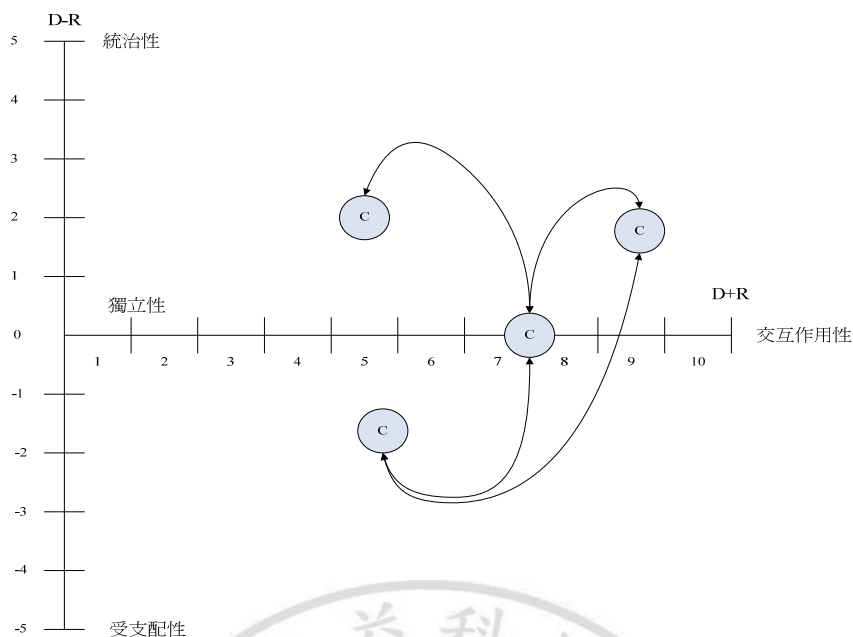


圖 42 元素分佈圖

4.6.3 DSM及ISM於組裝分群之缺點

本研究分別針對 DSM 與 ISM 運用於產品組裝分群上，下述將有此二種方法之主要缺點：

1. 兩種方法雖都以矩陣運算為基礎執行零件間之關係安排，且均先將零件的關係形成關係矩陣來表示，該關係矩陣內的元素表示零件與零件間的前後連接關係，具有方向性(Direction)。然而產品設計之分群暫不考慮組裝程序，零件與零件間的連接不全然具有方向性；因為零件 A 與零件 B 之連接可以雙方面進行，因此 DSM 與 ISM 之關係矩陣設計，根據實際的產品分群情況並不貼切。
2. DSM 與 ISM 均將零件以「交互作用群組」、「獨立群組」及「相依性群組」三種類表示，而群組關係乃以「交互作用群組」為基礎作考量。這以分群的角度而言，似乎沒有效率及效果，列舉原因如下：
 - (1) 若以本文密度分群的角度而言，「交互作用群組」下的元件當然是最佳化的分群；因為對其內每一個弧線而言，密度都是相同的，因此用本文密度演算法也一定能夠找到該群組之關係。
 - (2) 主要的問題是在於零件中能有多少的「交互作用群組」出現？但由於多半都是兩兩相對的零件交互關係出現，這會產生過多的群組，而失去零件分群的效果，多數零件仍以「相依性群組」為組成關係。另外一方面，DSM 與 ISM 似乎也沒有保證能夠找到最大或最佳化數目的「交互作用群組」。本研究之演算法在這方面就彈性多了，若干零件間接近「交互作用群組」關係，也就是說僅相差 1、2 個弧線的連結也可能視為群組。因此本文演算法除能夠找到較大的群組元件數，同時考量元件間之工程訊息關係，能夠做彈性的分群考量，較具有分群的效率。

4.7 DSM與ISM比較

本研究與同屬矩陣運算之 DSM 和 ISM，進行分群與組裝次序效果上作比較，

研究中同樣以圖 3之釘書機為例，由於ISM模組分群上在針對雙向關聯性之 Liaison Graph為基礎之網路圖，在經由 20 次重覆之布林(Boolean)運算過程獲得可達矩陣(Reachability Matrix)中元素值全部皆為 1，因此本研究認為ISM之分群方法不適合用於Liaison Graph為基礎之關聯網路上。

另一方面，本研究也針對DSM進行求解，其結果如下圖 43以及圖 44分別列出DSM的分群兩兩分割法則與迴圈分割法則結果。與本研究之演算法執行結果的 4 個模組內之結果迥然不同，但是DSM的在模組分群的群組切割過小，如圖 43總共分割為 7 個獨立性群組、1 個交互作用群組以及 1 個相依群組，然而圖 44 也有 5 個交互作用性模組和 2 個獨立性模組。根據公式(14)計算出DSM之Cr值如下表 21所列。本研究將獨立性模組視為同一個模組群組，因此總共將兩兩分割法則之模組共有三個模組數，其模組內密度相依群組為 0.667，交互作用群組為 0.5 和獨立性群組 0，加總後取平均密度值 $\bar{D}_1 = 0.083$ 以及組間弧線計算結果 0.889，便可獲得整體密度值 $Cr=0.611$ ，然而迴圈分割法Cr值為 1.071，由此Cr值結果可看出迴圈分割法則優於兩兩分割法，釘書機關聯圖最佳分群結果如下圖 45。但本研究確能以實體零件群聚情形來進行分群，而並非一般之數值排列結果，但由於第 4 模組與第 2、3 模組會產生有組裝上的干涉限制，不利於產品模組的組裝，此外本研究k=1 步階之最佳整體密度值Cr=1.284 高於DSM的 1.071。

C	2	6	9	11	12	1	4	8	5	3	7	10
2	■	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
6	0	■	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
9	0	0	■	0	0	0	0	0	0	0	0	1
11	0	0	0	■	0	0	0	0	0	0	0	1
12	0	0	0	0	■	0	0	0	0	0	0	1
1	1	0	0	0	0	■	0	0	0	1	0	0
4	0	0	0	0	0	0	■	0	0	1	0	0
8	0	1	0	0	0	0	0	■	1	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	1	1	■	0	1	0
3	0	0	0	0	0	1	1	0	0	■	1	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	■	1
10	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	■

圖 43 DSM 分群結果-兩兩分割

C	1	2	3	4	5	7	6	8	9	10	11	12
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
4	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0
7	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
6	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
8	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
10	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

圖 44 DSM 分群結果-迴圈法

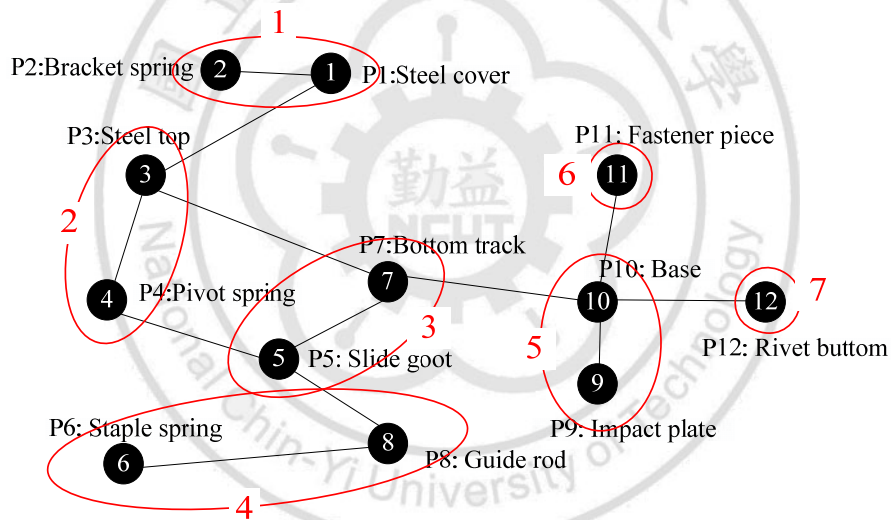


圖 45 DSM 最佳分群結果-迴圈法

表 21 設計結構矩陣之 Cr 值

Partitioned Algorithm	Cr
兩兩分割	$1 \times (0.389 + \frac{3-1}{9}) = 0.389 + 0.222 = 0.611$
迴圈分割	$1 \times (0.417 + \frac{6-1}{7}) = 0.357 + 0.714 = 1.071$

第五章 實例分析

本研究以惠普hp-1315 多功能事務印表機做為實體範例，如圖 46。其事務包含有 51 個零組件，將其分為零件工程資訊以及CBCSA演算法部份。下圖 47為事務機爆炸圖以及圖 48多功能事務印表機關聯圖、零件工程資訊列於附表 7 及組裝時間於附表 8，包含有多功能事務印表機的五項工程資訊，其組裝時間為 $1TMU=0.036$ 秒。

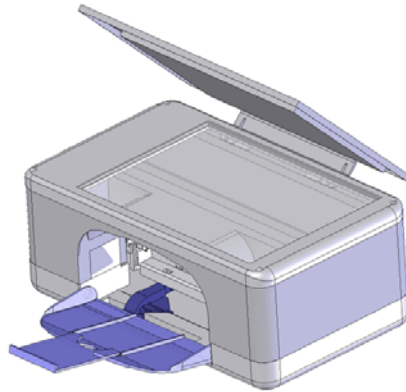


圖 46 hp-1315 多功能事務印表機外觀

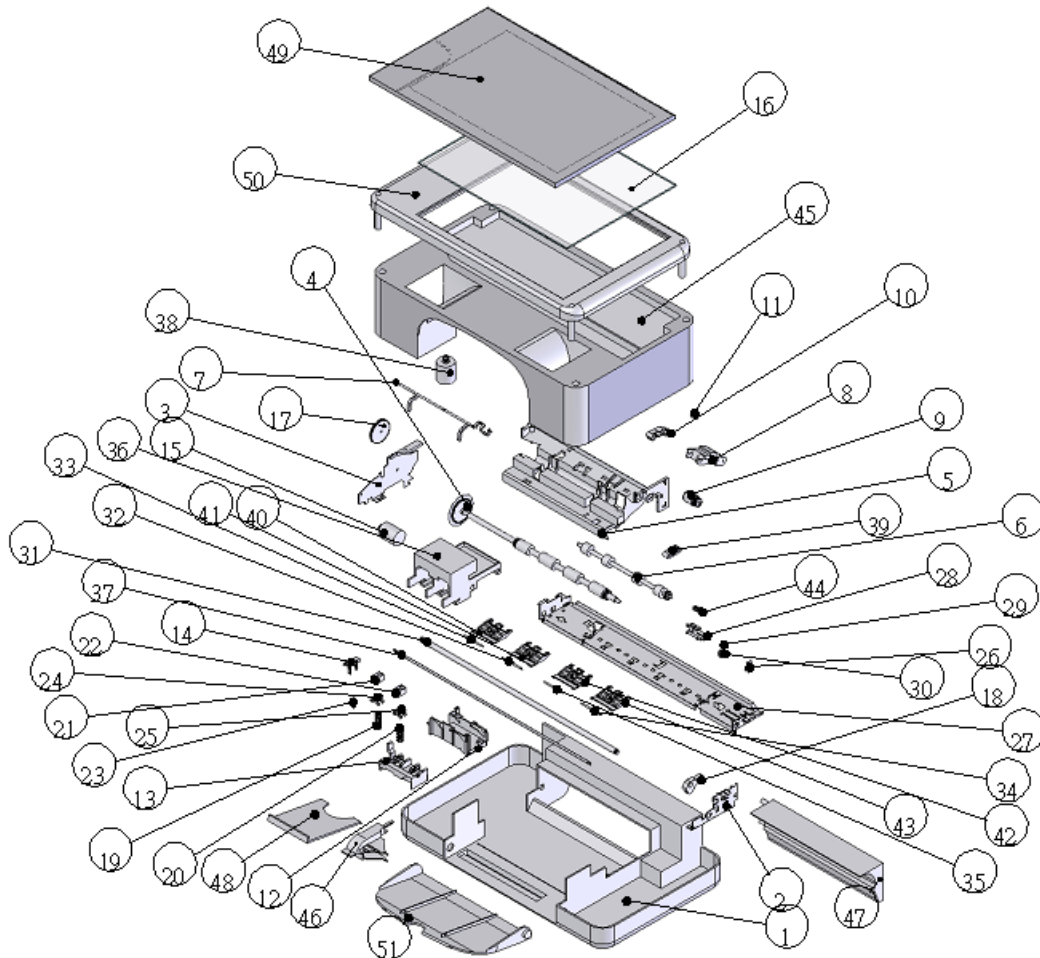


圖 47 多功能事務機爆炸圖

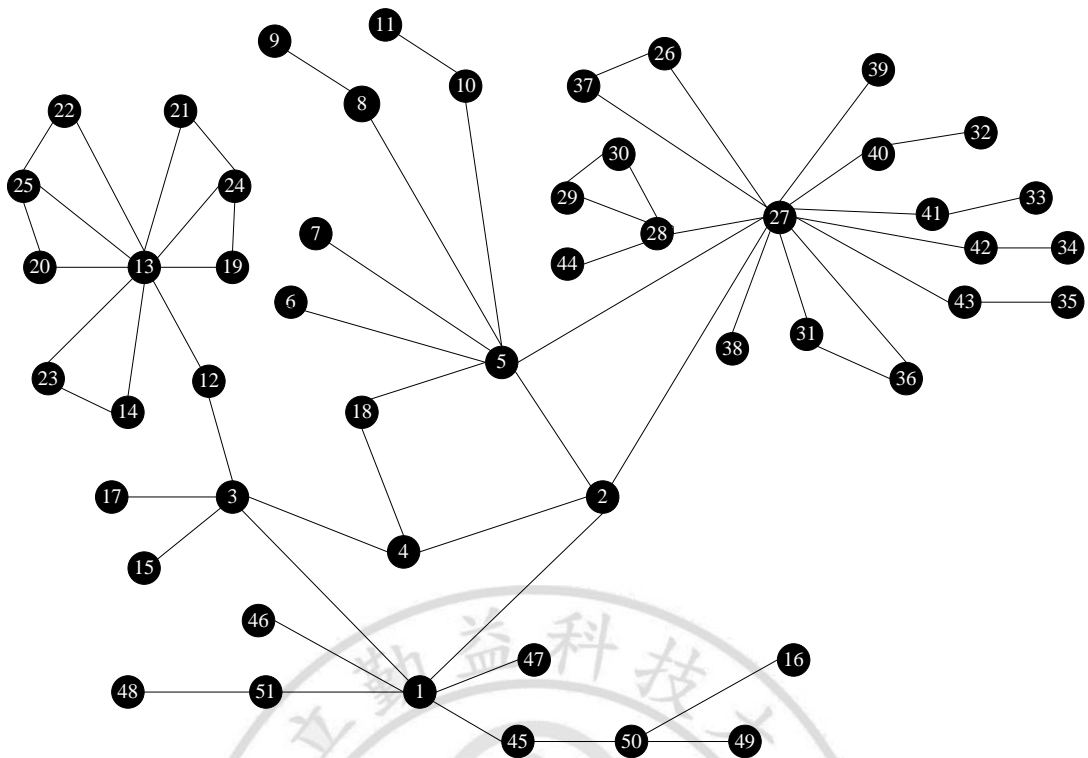


圖 48 多功能事務印表機零件關聯網路圖

5.1 NDCA 關聯矩陣演算步階

多功能事務印表機一步階之關聯矩陣分別表示於附表 3 與附表 4 中，其關聯網圖同上圖 48，多功能事務印表機二步階關聯矩陣如附錄之附表 4 以及附表 5 所示，並且將二步關聯網表示如下圖 49，大約能由下圖弧線的密集程度判斷出部份群組分割之關聯性。

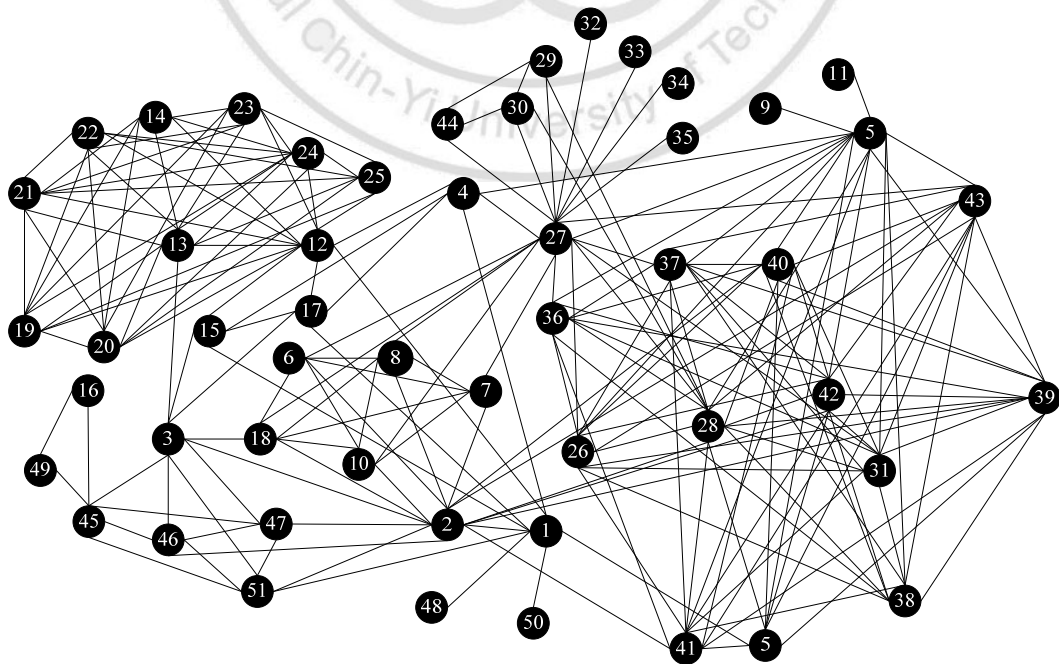


圖 49 多功能事務印表機二步階關聯網

5.2 多功能事務印表機整體密度Cr值

根據公式(14)，計算出多功能事務機的整體密度值Cr，結果如下**錯誤! 找不到參照來源。**所列。其中當k=1時，所計算出之整體密度值Cr=1.127為最佳於下圖50。

藉由模組最佳化修正將獨立性群組，模組2內node₃₂與模組8較模組2關係更密切，因此將node₃₂進行最佳化修正成為模組8之成員，使得模組8密度值從0.5提升為1，此外node₆、node₇、node₃₂、node₃₃、node₃₄、node₃₅零件合併成為模組2之成員，使其密度值由1.143改變為1.105，node₁₅、node₁₇、node₄₈併入模組3，密度值將由0.833增加為0.888，將以上四部份進行最佳化之修正後可得Cr值提升為1.598。

表 22 多功能事務機整體密度值 Cr

k-value	Cr
k=1	$1 \times \left(\frac{1.4+1.143+0.833+0.667+0.5+0.5+0.5+0.5+0.5+0}{9} + \frac{8}{20} \right) = \frac{6.543}{9} + 0.4 = 1.127$
k=2	$1 \times \left(\frac{1.143+1.4+0.9+0.667+0.333+0.2+0}{7} + \frac{6}{18} \right) = \frac{4.643}{7} + 0.333 = 0.996$
k=3	$1 \times \left(\frac{1.143+1.364+0.4+0}{4} + \frac{3}{10} \right) = \frac{2.907}{4} + 0.3 = 1.027$
k=4	$1 \times \left(\frac{1.143+1.308+0.5+0}{4} + \frac{3}{8} \right) = \frac{2.951}{4} + 0.375 = 1.113$
k=5	$1 \times \left(\frac{1.245+0}{2} + \frac{1}{2} \right) = \frac{1.245}{2} + 0.5 = 1.123$
k=6	$1 \times \left(\frac{1.125+1.444+0}{3} + \frac{2}{3} \right) = \frac{2.569}{3} + 0.667 = 1.523$
k=7	0

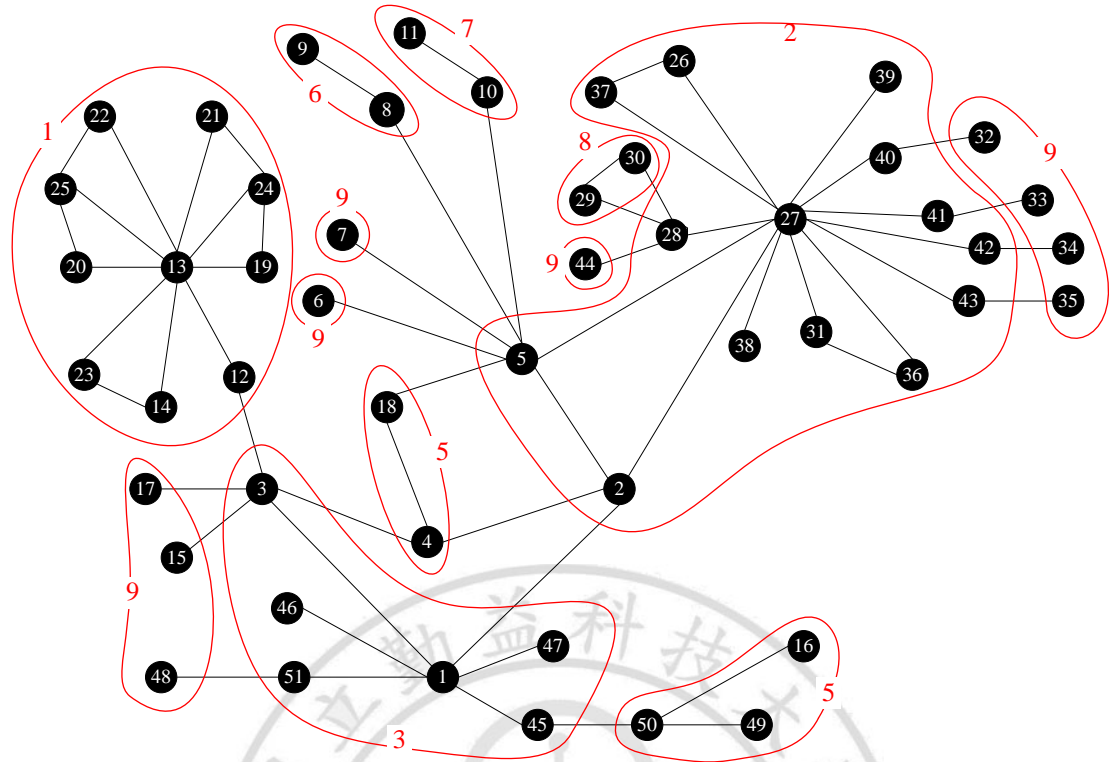


圖 50 多功能事務印表機 k=1 之分群結果

但k=1~6 步階經由最佳化修正後，其值更改如下表 23所示，其關聯圖分群結果修正如下圖 51為k=1 之結果、圖 52為k=1 之結果、圖 53為k=1 之結果和圖 54為k=4 之結果，然而以k=3 之分群結果 1.819 為最佳如下圖 53，其結果皆優於未修改前各步階Cr值，本研究也將以k=3 步階進行說明多功能事務機之結果。

表 23 多功能事務機調整後整體密度值 Cr

k-value	Cr
k=1	$1 \times \left(\frac{1.4+1.105+0.888+0.667+0.5+0.5+0.5+1}{8} + \frac{7}{9} \right)$ $= \frac{6.56}{8} + 0.778 = 1.598$
k=2	$1 \times \left(\frac{1.067+1.4+1+0.667+1+0.857}{6} + \frac{5}{7} \right)$ $= \frac{5.991}{6} + 0.714 = 1.713$
k=3	$1 \times \left(\frac{1.138+1.4+0.917}{3} + \frac{2}{3} \right) = 1.152 + 0.667 = 1.819$
k=4	$1 \times \left(\frac{1.103+1.308+0.889}{3} + \frac{2}{3} \right)$ $= \frac{3.3}{3} + 0.667 = 1.767$
k=5	0

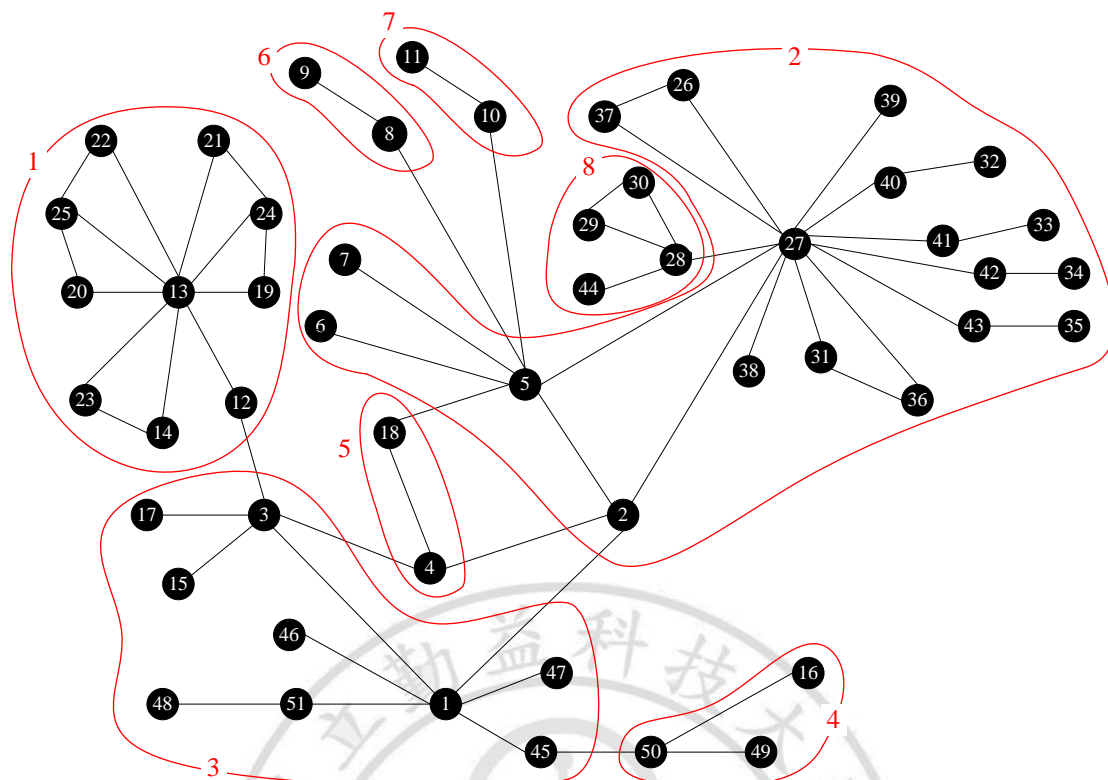


圖 51 修正後分群結果(k=1)

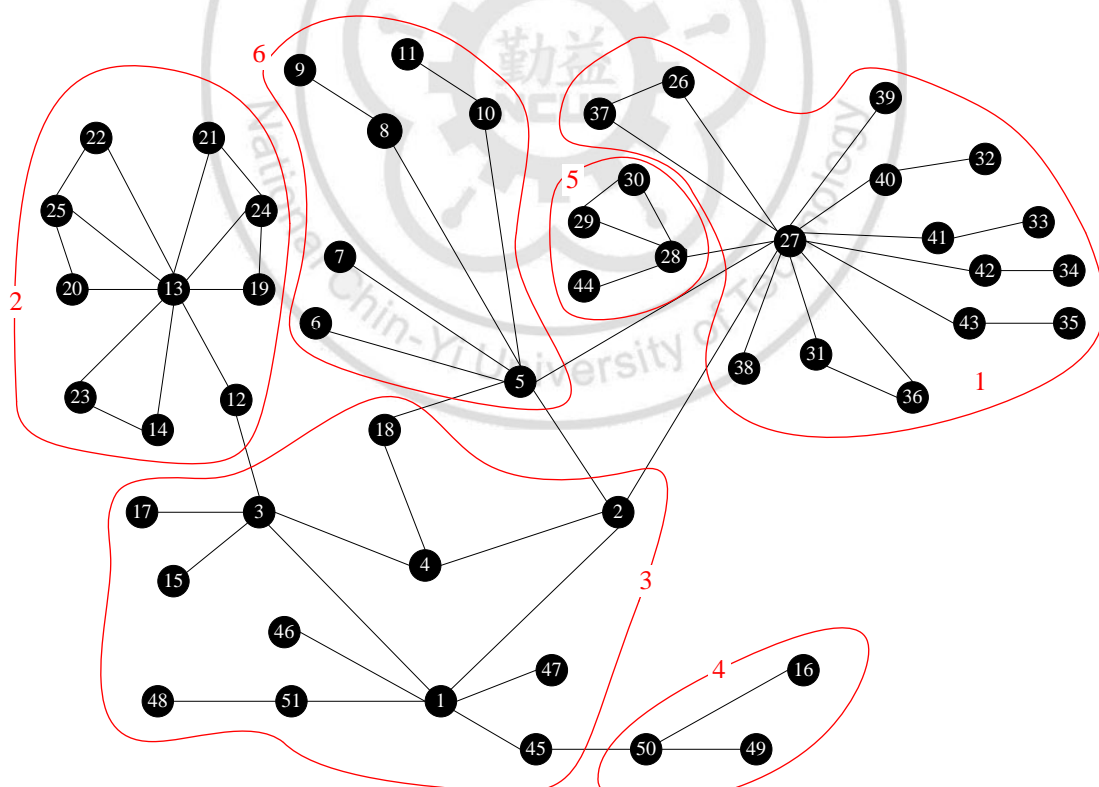


圖 52 修正後分群結果(k=2)

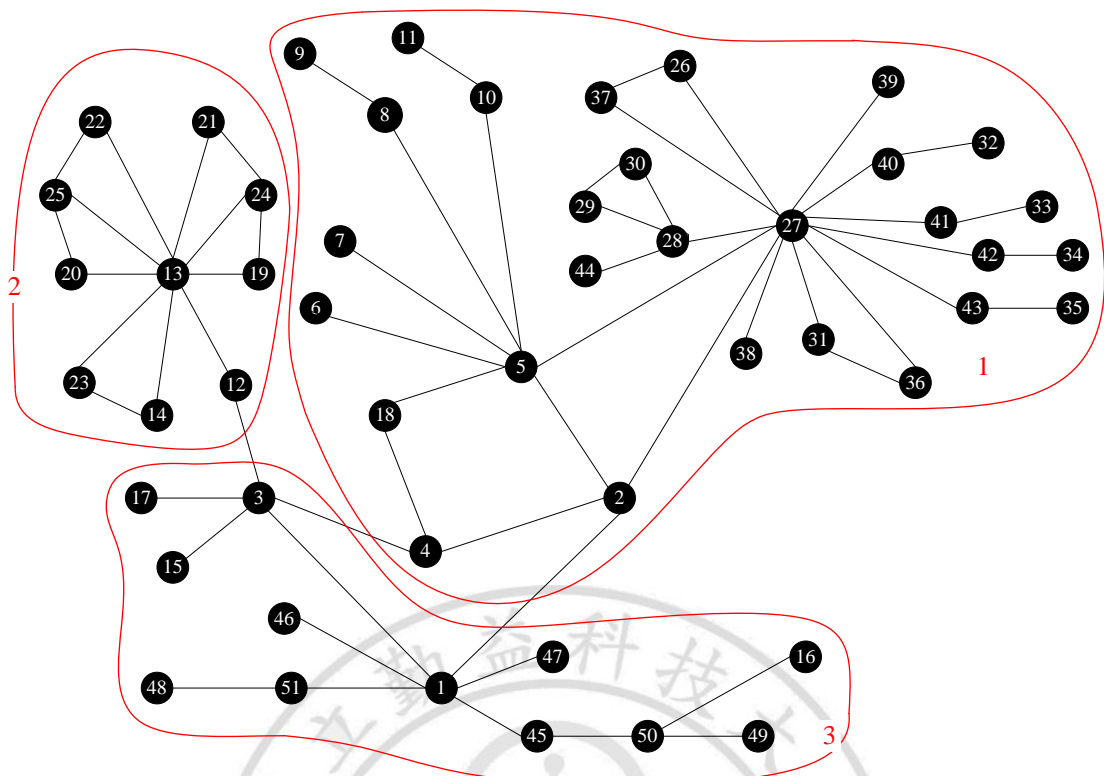


圖 53 修正後分群結果($k=3$)

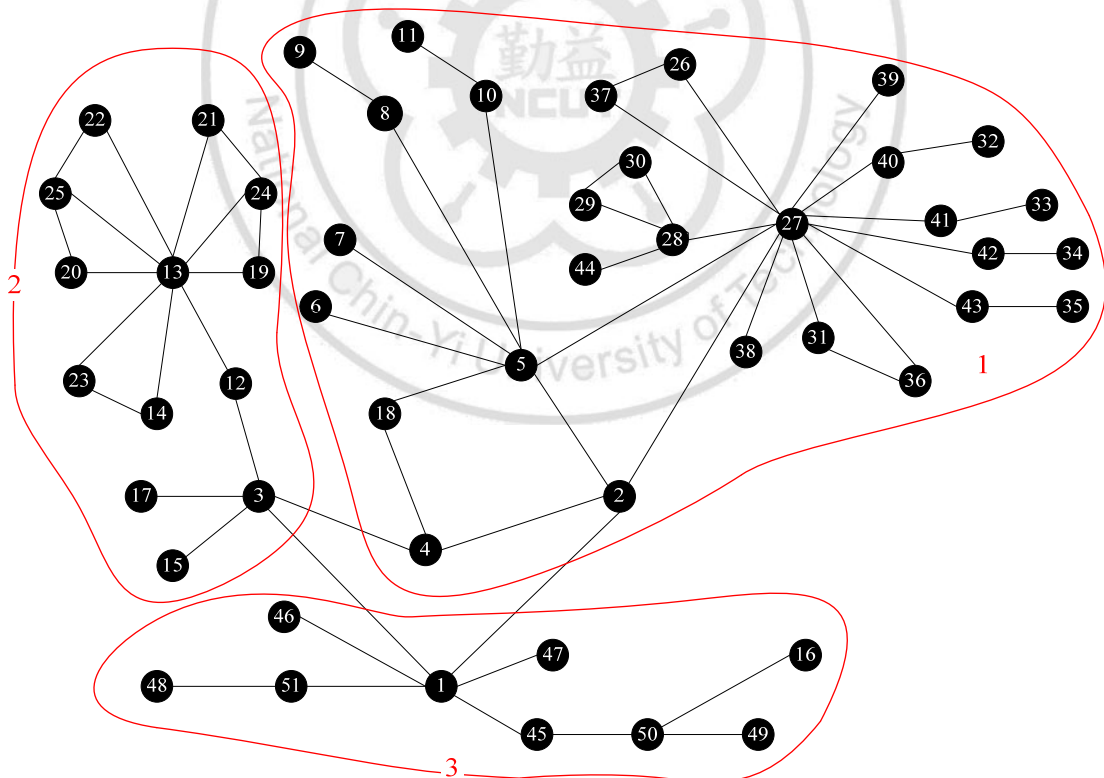


圖 54 修正後分群結果($k=4$)

5.3 多功能事務印表機分群結果

最後，總共將多功能事務機分為 3 個模組，如上圖 53 所示，第一層模組分別為 $M1=\{2,4,5,6,7,8,9,10,11,18,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44\}$ 、 $M2=\{12,13,14,19,20,21,22,23,24,25\}$ 、 $M3=\{1,3,15,16,17,45,46,47,48,49,50,51\}$ ，則印表機實體零件最佳模組分群結果如下圖 55。

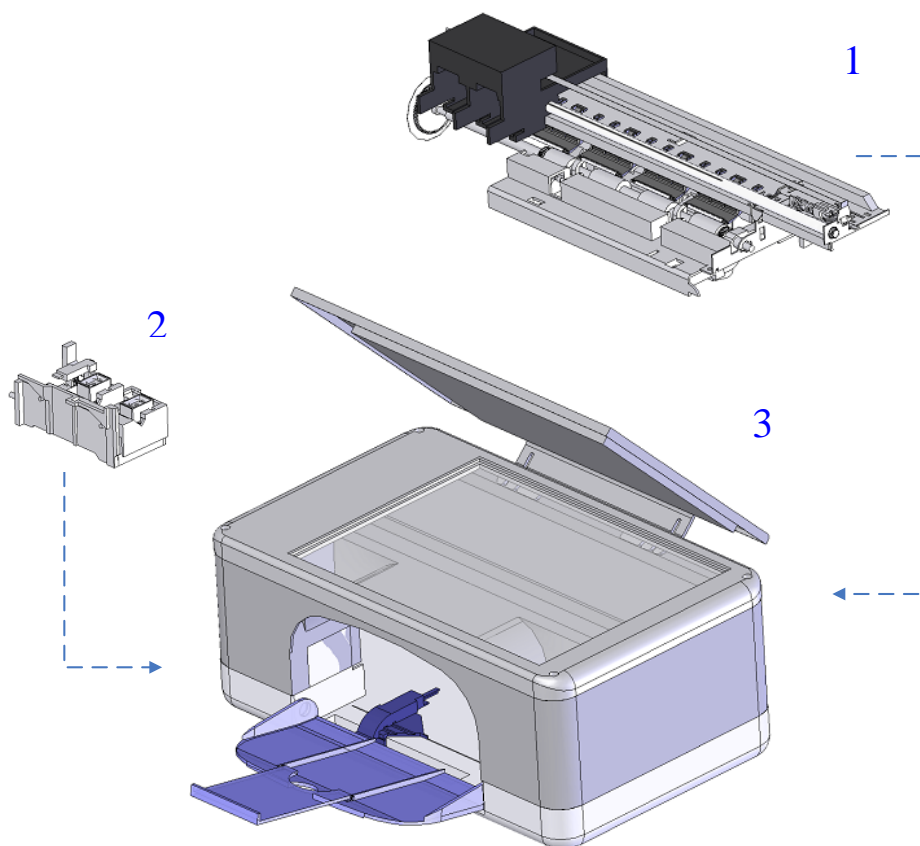


圖 55 多功能事務印表機模組分群實體結果

5.4 多功能事務印表機干涉資訊

本研究針對多功能事務印表機所提出之組裝干涉資訊列於附表 9，本研究之演算法將於組裝順序演算過程中，將刪除附表 9 中所列之組裝干涉限制條件。

5.5 多功能事務印表機組裝階層樹

針對上述模組分群結果，建構印表機三階層的組裝階層樹，如下圖 56。將第一層之零件組合成第二層為三個模組，分別為 $M1$ 、 $M2$ 、 $M3$ ，將第二層模組繼續分群僅成為一個最終產品模組 F 。

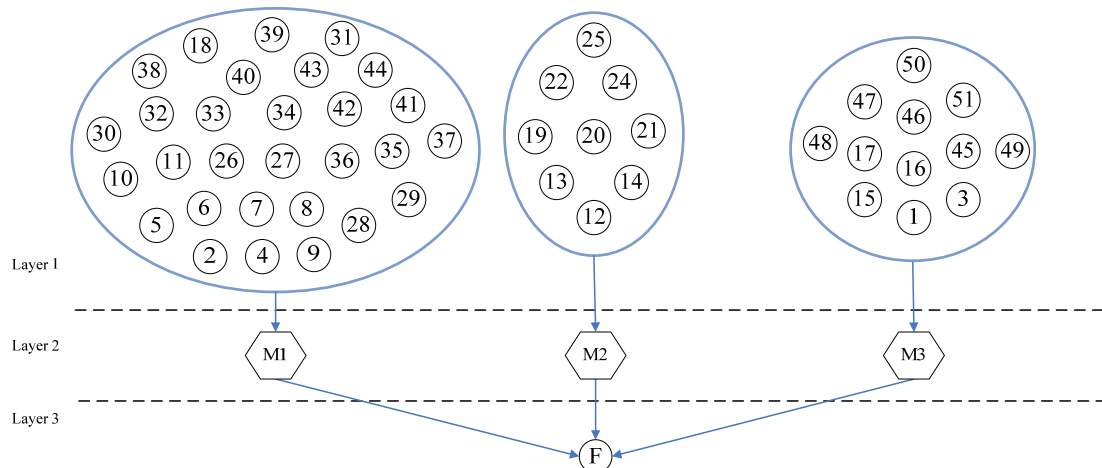


圖 56 多功能事務印表機組裝階層樹

5.6 多功能事務印表機最佳組裝順序

多功能事務印表機之產品，於本演算法組裝程序矩陣演算過後總共產生 144 條可行組裝順序，M1、M2、M3 分別有四條、三條以及六條可行基準組裝順序，其結果列於下表 24 中，並由 MTM 時間動素分析計算出如附表 11 之組裝時間所示。

表 24 多功能事務印表機最佳分群組裝順序

	編號	基準組裝順序	路徑數
Layer2	M1	<9-8-5-18-4-2-27-28-30-29>	4
		<9-8-5-18-4-2-27-28-29-30>	
		<11-10-5-18-4-2-27-28-30-29>	
<11-10-5-18-4-2-27-28-29-30>			
M2	<19-24-21-13-22-25-20>	3	
	<20-25-22-13-21-24-19>		
	<21-24-19-13-20-25-22>		
M3	<16-50-45-1-3-15>	6	
	<16-50-45-1-3-17>		
	<16-50-45-1-51-48>		
	<49-50-45-1-51-48>		
Layer3	F	<1-3-2>	2
<2-3-1>			

5.7 DSM、ISM與CBCSA之比較

多功能事務印表機之 DSM 迴圈分割法矩陣運算結果如附表 10，則多功能事務印表機關聯圖之分群結果如下圖 57，總共分成 31 個模組，分別是 M1={1,2}、M2={3,4}、M3={5,6}、M5={8,9}、M6={10,11}、M7={12,13}、M8={14,23}、M10={16,50}、M13={19,24}、M14={20,25}、M17={26,27,37}、M18={28,29,30}、M19={31,36}、M20={32,40}、M21={33,41}、M22={34,42}、M23={35,43}、M30={48,51} 為 18 個交互作用群組。以及 M4={7}、M9={15}、M11={17}、M12={18}、M15={21}、M16={22}、M24={38}、M25={39}、M26={44}、

M27={45}、M28={46}、M29={47}、M31={49}為 13 個獨立性群組。多功能事務印表機分群結果如下圖 57 所視，其實體模組呈如下圖 58，

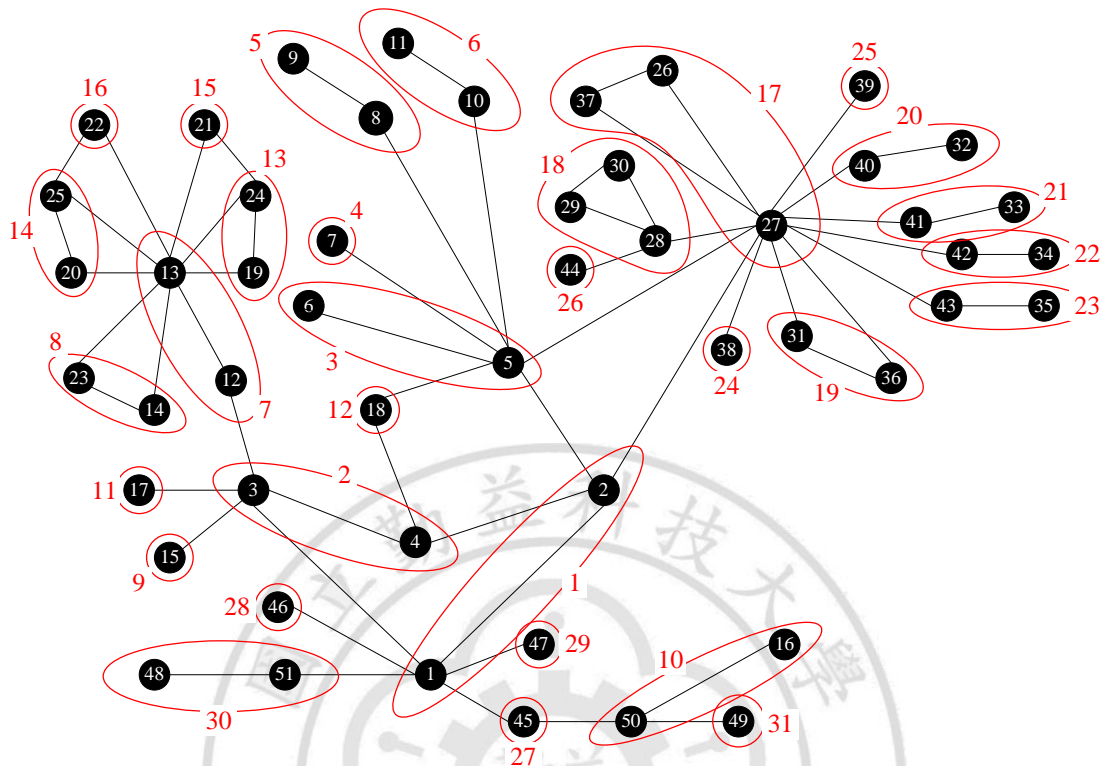


圖 57 多功能事務機 DSM 分群結果

本研究將 13 個獨立性群組 M4、M9、M11、M12、M15、M16、M24、M25、M26、M27、M28、M29、M31 合併為單一獨立性群組，總計獨立性群組包含交互作用群組總共分為 19 個模組，並計算出 DSM 之整體密度值為 $Cr=1 \times (\frac{10}{19} + \frac{19}{38}) = 0.526 + 0.5 = 1.026$ ，18 個交互作用群組與 1 個獨立性群組加總之密度值為 $0.5 + 0.5 + 0.5 + 0.5 + 0.5 + 0.5 + 0.5 + 0.5 + 0.5 + 0.5 + 0.5 + 0.5 + 0.5 + 0.5 + 0.5 + 0.5 + 0.5 + 1 + 1 = 10$ ，可獲得 19 個模組之平均值為 0.526，並且將每一模組只需由一條弧線連結時模組間理想之連結弧線值，所以 19 個模組連結最理想為 18 個弧線進行連結，達到組間距離疏遠之效果，因此計算出模組間連結弧線數目共有 38 條弧線，最後，可得值 1.026 略遜於本研究演算法第 $m=1$ 層模組密度值 1.819。

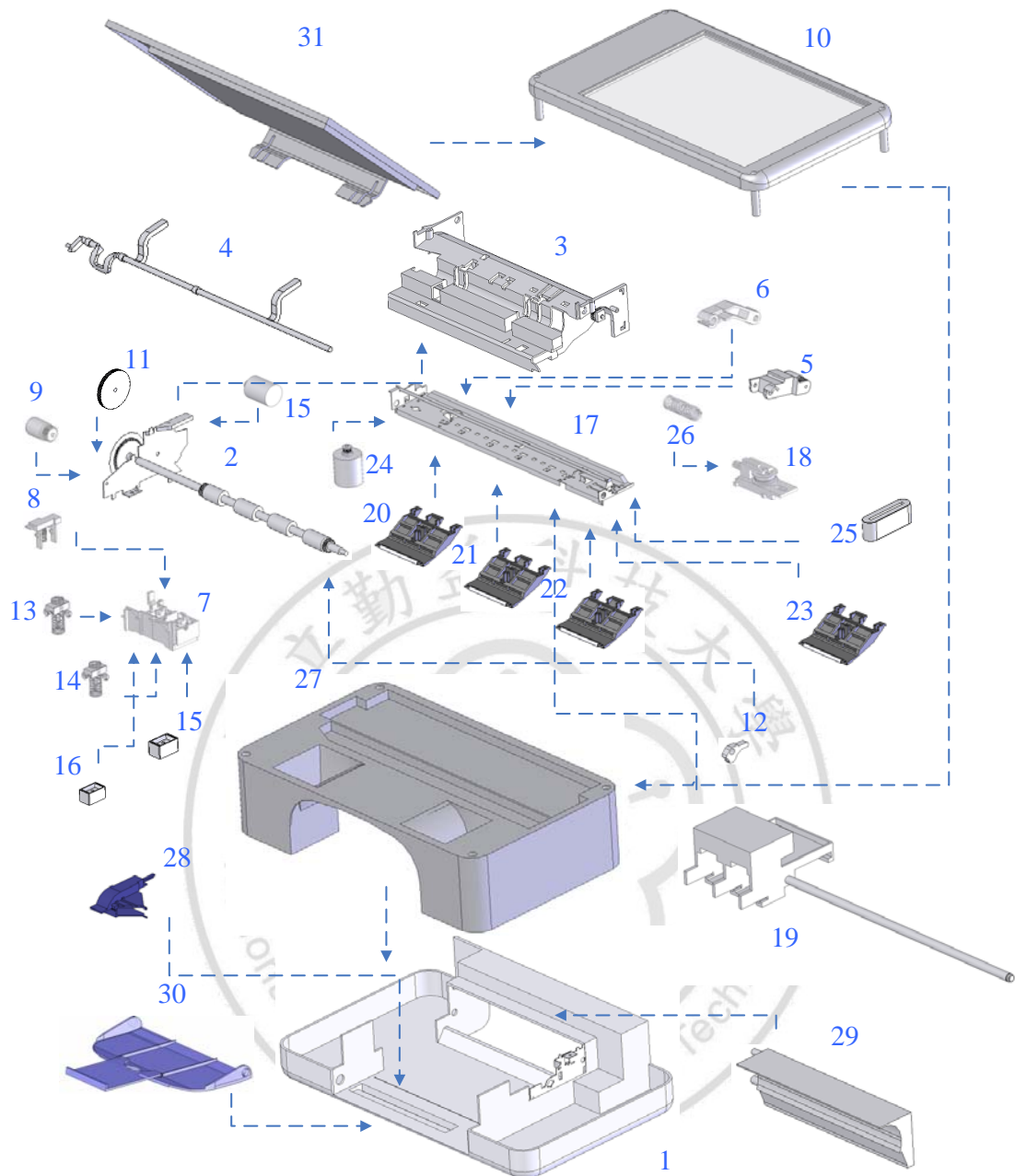


圖 58 多功能事務印表機 DSM 分群結果

第六章 結論與建議

本研究演算法應用於多功能事務印表機做為驗證實例，雖然該裝置的零件並不算多，但是仍能獲得本文之期望之成果，有效率的分析出功能事務印表機零件模組裝配順序，並將產品計算出 MTM 組裝時間，本研究結果與貢獻有下列幾點：

1. 能針對任何種型態的組裝元件作分群演算；就如同上列所述，組裝零件並非一般的資料或數值，它存在許多工程上的屬性，要考慮到實務面的組合情況，因此需要分析的面向非常廣，因此在分群的計算分析上，考量的層面很廣也較為複雜及多元。尤其最重要的，所有組裝元件的屬性紀錄還要能與網路結構圖結合，這也是產品設計分群的重要步驟之一。
2. 在探討產品零件限制下裝配順序最終要求能提供該產品所有組裝元件的組裝干涉資訊，以順遂後續生產製程、行銷、綠色設計、同步工程及供應鏈管理。因此就實務而言，產品裝配順序最主要之目的是達成產能最大、裝配時間最短以及最小之成本等績效，以作為符合產品設計上有效之發展工具。
3. 本 CBCSA 演算結果，不論在於模組化分群或是整度密度值皆優於 DSM，便可看出 DSM 分群之過程切割太細，導致求解大型範例效果低落。此外，ISM 之演算無法應用於雙向網路結構之關聯圖上，經由以上兩者之實驗比較便可知 CBCSA 演算法在關聯圖上分群上優異表現。

本研究所發展之 CBCSA 演算法，發揮 CBCSA 在產品組裝上各種類型之貢獻，這也是本研究後續之未來發展方向有以下四點：

1. 由於在權重的選擇上，因以零件各種組裝資訊計算權重值，必能將組裝關係愈強烈甚至是密不可分之零件能成為同一模組，而受產品設計上所限制條件也可以權重加以分離或納入，如此一來模組化問題將更貼近實務面。
2. 產品零件的組裝順序屬於複雜問題，雖本研究有探討出組裝順序的演算，但其演算結果還無法達到改善現有組裝工具，所以必需在未來研究上考慮到組裝上的最長組裝路徑以及同步工程等問題因素納入。
3. 本研究之組裝時間主要以工作研究的時間動素分析中，MTM 量表來計算出近似之組裝時間，其結果會和實際組裝時間產生落差，因此未來可以考慮加入 LCTA 等的時間演算工具，方能準確的衡量組裝時間。
4. 未來工程資訊上可融入綠色產品設計，提供產品再設計以及回收再利用。

參考文獻

- [1] 吳建南，TRIZ與模組化之設計結構矩陣在產品開發之研究，東海大學工業設計系碩士班，2007。
- [2] 蕭翠蓮，綠色品質機能展開與模組化設計結構矩陣於產品開發之研究，私立東海大學工業設計系碩士班，2007。
- [3] 張志光，應用設計架構矩陣分析協同設計流程之研究，國立成功大學工業與資訊管理系碩士班，2005。
- [4] 楊鈺銓，以零件模組化進行產品變異之研究，大葉大學工業工程學系碩士班，2003。
- [5] 江俊霖，電子產品組裝廠之跨廠組裝次序，元智大學工業工程與管理研究所，2002。
- [6] 陳文哲、葉宏謨，新版工作研究，中興管理顧問公司，2003。
- [7] Al-Sultan, K. S., "A tabu search approach to the clustering problem", Pattern Recognition 28, 1443-1451, 1995.
- [8] Ankerst M., Breunig M., Kriegel H.P. and Sander J., "OPTICS: Ordering points to identify the clustering structure", In Proc. 1999 ACM-SIGMOD Int. Conf. Management of Data (SIGMOD'99), 49-60, 1999.
- [9] Barron, F. H. and Barrett, B. E., "Decision quality using ranked attribute weights", Management Science, 42, 1515 - 1523, 1996.
- [10] Bandyopadhyay, S., Maulik, U., Malay K. P., "Clustering using simulated annealing with probabilistic redistribution", International Journal of Pattern Recognition & Artificial Intelligence, 15(2), 269-285, 2001.
- [11] Browning, T. R., "Applying the Design Structure Matrix to System Decomposition and Integration Problems: A Review and New Directions", IEEE Transactions on Engineering Management, 48(3), 292-306, 2001.
- [12] Cheng, C. H., Fu, A. W., and Zhang, Y., "Entropy-based subspace clustering for mining numerical data", Int. Conf. Knowledge Discovery and Data Mining(KDD'99), 84-93, 1999.
- [13] Chiou, Y. C., and Lan, L. W., 2001, "Genetic clustering algorithms", European Journal of Operational Research, 135, 413-427.
- [14] De Fazio, L. T. and D. E. Whitney, "Simplified generation of all mechanical assembly sequences," IEEE Journal of Robotics and Automations, 3(6), 640-658, 1987.
- [15] Dini, G. , Santochi, M., "Automated Sequencing and Subassembly Detecting in Assembly Planning", Annals of The CIRP, 41, 1-4, 1992.
- [16] Dunham, M.H., "Data Mining: Introductory and Advanced Topics", Prentice Hall, 2003.
- [17] Ester M., Kriegel H.P., Sander J. and Xu X., "Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise" , Int. Conf. Knowledge Discovery and Data Mining (KDD'96), 226-231, 1996.
- [18] Ester M., Kriegel H.P., Sander J., Wimmer M. and Xu X., "Incremental Clustering for Mining in a Data Warehousing Environment", In Proc. 24th Int. Conf. Very Large Databases (VLDB'98), 24-27, 1998..
- [19] Hidefumi Wakamatsu, Akira Tsumaya, Keiichi Shirase, and Eiji Arai, "Development of Disassembly Support System for Mechanical Parts and Its Application to Design Considering Reuse/Recycle", IEEE Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, 372-377, 2001.

- [20] Hsiao, S.W., Liu, E., "A Structural Component-based Approach for Designing Product Family", Computers in Industry, 56, 13-28, 2005.
- [21] Huang, C. C., "Overview of modular product development", Proceedings of the National Science Council ROC(A), 24(3), 149-165, 2000.
- [22] Huang, C. C., and Liang, W. Y., "A formalism for designing with modules", Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers, 18(3), 13-20, 2001.
- [23] Jain, A. K. and Dubes, R. C., "Algorithms for Clustering Data", Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1988
- [24] John Lanham, and Farid Dialami, "The Assembly State Vector: a new approach to the generation of assembly wequences", IEEE International Symposium on Assembly and Task Planning, 37-42, 2001.
- [25] Julia Handl and Bernd Meyer. "Improved Ant-based Clustering and Sorting in a Document Retrieval Interface", Proceedings of the Seventh International Conference on Parallel Problem Solving from Nature (PPSN VII), 913-923, 2002.
- [26] Kao Y. and Cheng K., "An ACO-Based Clustering Algorithm", ANTS, 340-347, 2006.
- [27] Kaufman, L., and Rousseeuw, P. J., "Clustering large data sets", in Pattern Recognition in Practice II, 425-437, 1986.
- [28] Kaufman, L., and Rousseeuw, P. J., "Finding Groups in Data: an Introduction to Cluster Analysis", 1990.
- [29] Kusiak, A., and Huang, C. C., "Development of modular products", IEEE Transactions on Components Packaging and Manufacturing Technology-Part A, 19(4), 523-538, 1996.
- [30] Laperriere, L. and ElMaraghy, H. A., "GAPP: a generative assembly process planner", Journal of Manufacturing Systems, 15(4), 282-293, 1996.
- [31] Mascle, C., and Balasoiu, B. A., "Disassembly-Assembly sequencing using feature-based life-cycle model", IEEE Ieternational Symposium on Assembly and Task Planning, 31-36, 2001.
- [32] Maulik, U. and Bandyopadhyay, S., "Genetic algorithm-based clustering technique", Pattern Recognition, 33, 1455-1465, 2000.
- [33] Mckay, A., Erens, F., and Bloor, M. S., "Relating product definition and product variety", Research in Engineering Design, 2, 63-80, 1996.
- [34] MacQueen, J., "Some methods for classification and analysis of multivariate observations", 5th Berkeley Symp. Math. Statist. Prob., 1, 281-297, 1967.
- [35] van der Merwe, D.W. and Engelbrecht, A.P., "Data clustering using particle swarm optimization", Proceedings of IEEE Congress on Evolutionary Computation 2003, 215-220, 2003.
- [36] Mihai Pop, Steven L. Salzberg, and Martin Shumway, "Genome Sequence Assembly: Algorithms and Issues", IEEE Computer, 35(7), 47-54, 2002.
- [37] Ng R. and Han J., "Efficient and Effective Clustering Method for Spatial Data Mining", In Proc. 1994 Int. Conf. Very Large Databases (VLDB'94), 144-155, 1994.
- [38] Ong, N. S. and Y. C. Wong, "Automatic subassembly detection from a product model for disassembly sequence generation", International Journal of Advance Manufacturing Technology, 15, 425-431, 1999.
- [39] Pierre De Lit, Patrice Latinne, Brahim Rekiek And Alain Delchambre, "Assembly planning with an ordering genetic algorithm", International Journal of Production Research, 39(16), 3623-3640, 2001
- [40] Roiger, R.J., and Geatz, M.W., "Data Mining: A Tutorial-Based Primer",

- Addison Wesley, 2003.
- [41] Saha, S., Bandyopadhyay, S., “A fuzzy genetic clustering technique using a new symmetry based distance for automatic evolution of clusters”, Theory and Application ICCTA, 309-314, 2007.
- [42] Salhieh, S. M., and Kamrani, A. K., “Macro level product development using design for modularity”, Robotics and Computer Integrated-Manufacturing, 15, 319-329, 1999.
- [43] Satoshi Imamura, Hiroshi Masaki, and Yoshinori Nakazawa, “Disassembly Planning for Machine Maintenance with Multi-Agent Cooperation”, IEEE International Symposium on Assembly and Task Planning, 214-219, 2001.
- [44] Shelokar, P. S., Jayaraman, V. K. and Kulkarni, B. D., “An ant colony approach for clustering.” Analytica Chimica Acta, 509(2), 187-195, 2004.
- [45] Steward, D.V., “The Design Structure System: A Method for Managing the Design of Complex Systems”, IEEE Transactions on Engineering Management, 78(3), 71-74, 1981.
- [46] Sundaram, S., Remmler, I. and Amato, N. M., “Disassembly Sequencing Using a Motion Planning Approach”, IEEE International Conference on Robotics and Automation, 1475-1480., 2001.
- [47] Stone, R. B., Wood, K. L., and Crawford, R. H., “A heuristic method for identifying modules for product architectures”, Design Studies, 21, 5-31., 2000.
- [48] Smith G. C. and Smith S. S. F., “An enhanced genetic algorithm for automated assembly planning ”, Robotics and Computer Integrated Manufacturing, 18, 355-364, 2002
- [49] Tseng H. E. and Chang C. C. and Cheng C. C., “Disassembly-oriented assessment methodology for product modularity”, International Journal of Production Research 2009, 1-24, 2009.
- [50] Tseng, M. and M. J. Jiao, “Design for mass customization”, Annals of the CIRP 1996, 45(1), 153-156, 1996.
- [51] Tseng, L.Y., “Genetic algorithm for clustering, feature selection and Classification”, 1997 IEEE International Conference on Neural Networks, 3, 1612-1616, 1997.
- [52] Warfield, J. N., “Toward Interpretation of Complex Structural Models”, IEEE Transactions on Systems, 4(5), 405-417, 1974.
- [53] Xing Y. B., Chen G, Lai X., Fin S. and Zhou F., “Assembly sequence planning of automobile body components based on liaison graph”, Assembly Automation, 27(2), 157-164, 2007.
- [54] Xu, H. B., Wang, H. J., Li, C. C., “Fuzzy tabu search method for the clustering problem”, IEEE Proceedings International Conference on Machine Learning and Cybernetics, 2, 876 - 880, 2002.
- [55] Yu, J.C., and Y.M. Li, “Structure representation for concurrent analysis of product assembly and disassembly”, Expert Systems with Applications, 31(4), 705-714, 2006.

附錄

附表 1 加壓-AP(Apply Pressure)

	時間值(TMU)	
加壓	條件 1：AP1=16.2 TMU	條件 2：AP2=10.6 TMU

附表 2 對準-P(Position)

齧合程度		對稱性	操作容易	操作困難
1.鬆弛	不必費力套入	對稱 S	5.6	11.2
		半對稱 SS	9.4	14.7
		非對稱 NS	10.4	16.0
2.稍微緊密	用微力套入	對稱 S	16.2	21.8
		半對稱 SS	19.7	25.3
		非對稱 NS	21.0	26.6
3.非常緊密	用大力套入	對稱 S	43.0	48.6
		半對稱 SS	46.5	52.1
		非對稱 NS	47.8	53.4



附表 3 印表機一步階矩陣(左半 1~32)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

附表-4 印表機一步階矩陣(右半 33~51)

	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
27	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
28	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
29	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
36	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

附表 5 印表機二步階矩陣(右半 1~26)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	2	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1
3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	1	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
6	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
13	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
15	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	2	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	2	1	1	1	1	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	2	1	1	1	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	2	1	0	1	1	1	1	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	2	1	0	1	1	1	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
26	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
27	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
28	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
37	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
38	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
39	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
40	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
41	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
42	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
43	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

附表 6 印表機二步階矩陣(右半 27~51)

	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
2	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1
4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
27	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
29	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
30	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
31	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
32	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
37	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
42	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0

附表 7 印表機零件工程資訊

零件節點	零件材料	零件連結關係	接觸面特性	結合方向	結合方式	工具性	組裝時間
1(印表機底座)	塑膠	51	多點接觸	(0,0,1,0,0,1)	插入	手	1.548
		47	多點接觸	(0,0,0,0,1,0)	插入	手	1.548
		46	多面接觸	(0,0,1,0,0,0)	扣接	手	1.922
		2	多面接觸	(1,0,0,0,0,0)	螺絲	螺絲起子	0.202
		45	多面接觸	(0,0,1,0,0,0)	螺絲	螺絲起子	0.583
		3	多點接觸	(0,0,1,0,0,0)	螺絲	螺絲起子	0.202
2(右側塑膠板)	鐵	1	多面接觸	(0,0,0,1,0,0)	螺絲	螺絲起子	0.202
		5	多面接觸	(0,1,0,0,0,0)	二段式扣接	手	0.202
		4	線接觸	(1,0,0,0,0,0)	栓接	手	0.202
		27	多面接觸	(0,0,1,0,0,0)	螺絲	螺絲起子	0.202
3(左側塑膠板)	塑膠	15	單面接觸	(0,0,0,0,1,0)	扣接	手	0.202
		4	線接觸	(1,0,0,0,0,0)	栓接	手	0.202
		1	多點接觸	(0,0,0,1,0,0)	螺絲	螺絲起子	0.202
		12	多點接觸	(1,0,0,0,0,0)	插入	手	0.338
		17	單面接觸	(0,1,0,0,0,0)	插入	手	0.583
4(捲紙器-1)	塑膠	18	線接觸	(1,0,0,0,0,0)	栓接	手	0.202
		2	線接觸	(1,0,0,0,0,0)	栓接	手	0.202
		3	線接觸	(0,1,0,0,0,0)	栓接	手	0.202
5(內殼)	鐵	2	多面接觸	(1,0,0,0,0,0)	二段式扣接	手	0.202
		6	多點接觸	(0,0,0,0,1,0)	扣接	手	0.374
		7	多點接觸	(0,0,0,0,1,0)	插入	手	0.374
		8	多點接觸	(0,0,0,1,0,1)	扣接	手	1.292
		10	多點接觸	(0,0,0,1,0,1)	扣接	手	1.166
		27	多點接觸	(0,0,1,0,0,0)	螺絲	螺絲起子	0.374
		18	單面接觸	(0,0,1,0,0,0)	扣接	手	1.674

6(捲紙器-2)	塑膠	5	多點接觸	(0,0,0,0,0,1)	扣接	手	0.374
7(捲紙器-3)	塑膠	5	多點接觸	(0,0,0,0,0,1)	插入	手	0.374
8(滾輪活動臂)	塑膠	5	多點接觸	(0,0,1,0,1,0)	扣接	手	1.292
		9	多點接觸	(0,0,0,0,0,1)	扣接	手	0.583
9(滾輪)	塑膠	8	多點接觸	(0,0,0,0,1,0)	扣接	手	0.583
10(L型活動臂)	塑膠	5	多點接觸	(0,0,1,0,1,0)	扣接	手	1.166
		11	多面接觸	(0,1,0,0,0,0)	扣接	手	1.166
11(套環)	塑膠	10	多面接觸	(1,0,0,0,0,0)	扣接	手	1.166
12(塑膠零件-8)	塑膠	3	多點接觸	(0,1,0,0,0,0)	插入	手	0.338
		13	多點接觸	(0,0,1,0,0,0)	螺絲	螺絲起子	0.338
13(塑膠零件-7)	塑膠	12	多點接觸	(0,0,0,1,0,0)	螺絲	螺絲起子	0.338
		24	單面接觸	(0,0,1,0,0,0)	螺絲	螺絲起子	0.338
		25	單面接觸	(0,0,1,0,0,0)	螺絲	螺絲起子	0.338
		21	單面接觸	(0,0,1,0,0,0)	螺絲	螺絲起子	0.338
		22	單面接觸	(0,0,1,0,0,0)	螺絲	螺絲起子	0.338
		14	多點接觸	(0,0,1,0,0,0)	扣接	手	0.958
		19	點接觸	(0,0,1,0,0,0)	扣接	手	0.202
		20	點接觸	(0,0,1,0,0,0)	扣接	手	0.202
		23	點接觸	(0,0,0,1,0,0)	扣接	手	0.709
14(彈簧腳架-3)	塑膠	23	單面接觸	(0,0,1,0,0,0)	扣接	手	0.403
		13	多點接觸	(0,0,0,1,0,0)	扣接	手	0.958
15(馬達-2)	鐵	3	單面接觸	(0,0,0,0,0,1)	扣接	手	0.202
16(玻璃面板)	玻璃	50	多面接觸	(0,0,0,1,0,0)	膠黏	小工具	1.9224
17(大型齒輪)	塑膠	3	單面接觸	(1,0,0,0,0,0)	插入	手	0.338
18(支座)	塑膠	4	線接觸	(1,0,0,0,0,0)	栓接	手	0.202
		5	單面接觸	(0,0,0,1,0,0)	扣接	手	1.674

19(中型彈簧-1)	鐵	24	單面接觸	(0,0,1,0,0,0)	扣接	手	0.958
		13	點接觸	(0,0,0,1,0,0)	扣接	手	0.202
20(中型彈簧-2)	鐵	25	單面接觸	(0,0,0,1,0,0)	扣接	手	0.958
		13	點接觸	(0,0,1,0,0,0)	扣接	手	0.202
21(塑膠零件-5)	塑膠	13	單面接觸	(0,0,0,1,0,0)	螺絲	螺絲起子	0.338
		24	單面接觸	(0,0,0,1,0,0)	扣接	手	0.374
22(塑膠零件-6)	塑膠	13	單面接觸	(0,0,0,1,0,0)	螺絲	螺絲起子	0.338
		25	單面接觸	(0,0,0,1,0,0)	扣接	手	0.374
23(小型彈簧-3)	鐵	14	單面接觸	(0,0,0,1,0,0)	扣接	手	0.403
		13	點接觸	(0,0,0,1,0,0)	扣接	手	0.709
24(彈簧腳架-1)	塑膠	13	單面接觸	(0,0,0,1,0,0)	螺絲	螺絲起子	0.338
		19	單面接觸	(0,0,0,1,0,0)	螺絲	螺絲起子	0.958
		21	單面接觸	(0,0,1,0,0,0)	扣接	手	0.374
25(彈簧腳架-2)	塑膠	13	單面接觸	(0,0,0,1,0,0)	螺絲	螺絲起子	0.338
		20	單面接觸	(0,0,0,1,0,0)	螺絲	螺絲起子	0.958
		22	單面接觸	(0,0,1,0,0,0)	扣接	手	0.374
26(墊片)	塑膠	27	多面接觸	(0,0,0,1,0,0)	扣接	手	2.304
		39	線接觸	(0,0,0,0,1,0)	扣接	二段式扣接	0.374
27(基座)	鐵	2	多面接觸	(0,0,1,0,0,0)	螺絲	螺絲起子	0.202
		5	多點接觸	(0,0,0,1,0,0)	螺絲	螺絲起子	0.374
		26	多面接觸	(0,0,1,0,0,0)	扣接	手	2.304
		39	多點接觸	(0,0,0,0,1,1)	扣接	手	1.548
		28	單面接觸	(0,0,1,0,0,0)	螺絲	螺絲起子	0.709
		31	多點接觸	(1,1,0,0,0,0)	扣環	小工具	0.202

		36	單面接觸	(0,0,1,0,0,1)	扣接	手	0.338
		40	多點接觸	(0,0,0,1,0,0)	栓接	手	2.304
		41	多點接觸	(0,0,0,1,0,0)	栓接	手	2.304
		42	多點接觸	(0,0,0,1,0,0)	栓接	手	2.304
		43	多點接觸	(0,0,0,1,0,0)	栓接	手	2.304
		37	多面接觸	(0,0,0,0,1,0)	扣接	手	1.647
		38	多點接觸	(0,0,0,1,0,0)	螺絲	螺絲起子	0.202
		39	多面接觸	(0,0,0,0,1,1)	扣接	手	0.785
28(滑輪基座)	塑膠	27	單面接觸	(0,0,0,1,0,0)	螺絲	螺絲起子	0.709
		29	多點接觸	(0,0,0,1,0,0)	栓接	手	0.911
		30	點接觸	(1,0,0,0,0,0)	-	手	0.202
		44	點接觸	(0,1,0,0,0,0)	扣接	手	0.583
29(插栓)	鐵	28	多點接觸	(0,0,0,1,0,0)	栓接	手	0.911
		30	多點接觸	(0,0,1,1,0,0)	栓接	手	0.202
30(履帶滑輪)	塑膠	28	點接觸	(0,1,0,0,0,0)	-	手	0.202
		29	多點接觸	(0,0,1,1,0,0)	栓接	手	0.202
31(圓桿)	鐵	27	多點接觸	(1,1,0,0,0,0)	扣環	小工具	0.202
		36	點接觸	(1,1,0,0,0,0)	栓接	手	1.548
32(小圓桿-1)	塑膠	40	多點接觸	(0,0,1,1,1,0)	扣接	手	0.529
33(小圓桿-2)	塑膠	41	多點接觸	(0,0,1,1,1,0)	扣接	手	0.529
34(小圓桿-3)	塑膠	43	多點接觸	(0,0,1,1,1,0)	扣接	手	0.529
35(小圓桿-4)	塑膠	44	多點接觸	(0,0,1,1,1,0)	扣接	手	0.529
36(墨水閘基座)	塑膠	31	點接觸	(1,1,0,0,0,0)	栓接	小工具	1.548
		27	單面接觸	(0,0,0,1,1,0)	扣接	手	0.338
37(長型塑膠薄片)	塑膠	26	線接觸	(0,0,0,0,1,0)	扣接	二段式扣	0.374
		27	多面接觸	(0,0,0,0,0,1)	扣接	手	1.647
38(馬達-1)	鐵	27	多點接觸	(0,0,1,0,0,0)	螺絲	螺絲起子	0.202
39(鐵塊)	鐵	27	多面接觸	(0,0,0,0,1,1)	扣接	手	0.785

40(塑膠零件-1)	塑膠	27	多點接觸	(0,0,1,0,0,0)	栓接	手	2.304
		32	多點接觸	(0,0,1,1,1,1)	扣接	手	0.529
41(塑膠零件-2)	塑膠	27	多點接觸	(0,0,1,0,0,0)	栓接	手	2.304
		33	多點接觸	(0,0,1,1,1,1)	扣接	手	0.529
42(塑膠零件-3)	塑膠	27	多點接觸	(0,0,1,0,0,0)	栓接	手	2.304
		34	多點接觸	(0,0,1,1,1,1)	扣接	手	0.529
43(塑膠零件-4)	塑膠	27	多點接觸	(0,0,1,0,0,0)	栓接	手	2.304
		35	多點接觸	(0,0,1,1,1,1)	扣接	手	0.529
44(大型彈簧)	鐵	28	點接觸	(1,0,0,0,0,0)	扣接	手	0.583
45(印表機外殼-1)	塑膠	1	多面接觸	(0,0,0,1,0,0)	螺絲	螺絲起子	0.583
		50	多點接觸	(0,0,1,0,0,0)	螺絲	螺絲起子	1.75
46(塑膠零件-8)	塑膠	1	多面接觸	(0,0,0,1,0,0)	扣接	手	1.922
47(主機後蓋板)	塑膠	1	多點接觸	(0,0,0,0,0,1)	插入	手	1.548
48(進紙閘-2)	塑膠	51	多點接觸	(0,0,1,1,1,1)	扣接	手	0.911
49(紙身上蓋)	塑膠	50	多點接觸	(0,0,1,0,1,0)	螺絲	螺絲起子	0.911
50(印表機外殼-2)	塑膠	16	多面接觸	(0,0,0,1,0,0)	膠黏	小工具	1.922
		49	多點接觸	(0,0,0,1,0,1)	螺絲	螺絲起子	0.911
		45	多點接觸	(0,0,0,1,0,0)	螺絲	螺絲起子	1.75
51(進紙閘-1)	塑膠	1	多點接觸	(0,0,0,1,1,0)	插入	手	1.548
		48	多點接觸	(0,0,1,1,1,1)	扣接	手	0.911

附表 8 組裝時間 MTM

組件節點 (組件項目)	組件材料	組件連結關係	所需動素	TMU	組裝時間
1(印表機底座)	塑膠	L1-51	P3(S)	43	1.548
		L1-47	P3(S)	43	1.548
		L1-46	P3(NS)	53.4	1.922
		L1-2	P1(S)	5.6	0.202
		L1-45	P2(S)	16.2	0.583
		L1-3	P1(S)	5.6	0.202
2(右側塑膠板)	鐵	L2-1	P1(S)	5.6	0.202
		L2-5	P1(S)	5.6	0.202
		L2-4	P1(S)	5.6	0.202
		L2-27	P1(S)	5.6	0.202
3(左側塑膠板)	塑膠	L3-15	P1(S)	5.6	0.202
		L3-4	P1(S)	5.6	0.202
		L3-1	P1(S)	5.6	0.202
		L3-12	P1(SS)	9.4	0.338
		L3-17	P2(S)	16.2	0.583
4(捲紙器-1)	塑膠	L4-18	P1(S)	5.6	0.202
		L4-2	P1(S)	5.6	0.202
		L4-3	P1(S)	5.6	0.202
5(內殼)	鐵	L5-2	P1(S)	5.6	0.202
		L5-6	P1(NS)	10.4	0.374
		L5-7	P1(NS)	10.4	0.374
		L5-8	P2(SS)+AP1	19.7+16.2	1.292
		L5-10	P2(S)+AP1	16.2+16.2	1.166
		L5-27	P1(NS)	10.4	0.374
		L5-18	P3(SS)	46.5	1.674
6(捲紙器-2)	塑膠	L6-5	P1(NS)	10.4	0.374
7(捲紙器-3)	塑膠	L7-5	P1(NS)	10.4	0.374
8(滾輪活動臂)	塑膠	L8-5	P2(SS)+AP1	19.7+16.2	1.292
		L8-9	P2(S)	16.2	0.583
9(滾輪)	塑膠	L9-8	P2(S)	16.2	0.583
10(L型活動臂)	塑膠	L10-5	P2(S)+AP1	16.2+16.2	1.166
		L10-11	P2(S)+AP1	16.2+16.2	1.166
11(套環)	塑膠	L11-10	P2(S)+AP1	16.2+16.2	1.166
12(塑膠零件-8)	塑膠	L12-3	P1(SS)	9.4	0.338
		L12-13	P1(SS)	9.4	0.338
13(塑膠零	塑膠	L13-12	P1(SS)	9.4	0.338

件-7)		L13-24	P1(SS)	9.4	0.338
		L13-25	P1(SS)	9.4	0.338
		L13-21	P1(SS)	9.4	0.338
		L13-22	P1(SS)	9.4	0.338
		L13-14	P1(NS)+AP1	10.4+16.2	0.958
		L13-19	P1(S)	5.6	0.202
		L13-20	P1(S)	5.6	0.202
		L13-23	P2(SS)	19.7	0.709
14(彈簧腳架-3)	塑膠	L14-23	P1(NS)	11.2	0.403
		L14-13	P1(NS)+AP1	10.4+16.2	0.958
15(馬達-2)	鐵	L15-3	P1(S)	5.6	0.202
16(玻璃面板)	玻璃	L16-50	P3(NS)	53.4	1.9224
17(大型齒輪)	塑膠	L17-3	P1(SS)	9.4	0.338
18(支座)	塑膠	L18-4	P1(S)	5.6	0.202
		L18-5	P3(SS)	46.5	1.674
19(中型彈簧-1)	鐵	L19-24	P2(SS)	26.6	0.958
		L19-13	P1(S)	5.6	0.202
20(中型彈簧-2)	鐵	L20-25	P2(SS)	26.6	0.958
		L20-13	P1(S)	5.6	0.202
21(塑膠零件-5)	塑膠	L21-13	P1(SS)	9.4	0.338
		L21-24	P1(NS)	10.4	0.374
22(塑膠零件-6)	塑膠	L22-13	P1(SS)	9.4	0.338
		L22-25	P1(NS)	10.4	0.374
23(小型彈簧-3)	鐵	L23-14	P1(NS)	11.2	0.403
		L23-13	P2(SS)	19.7	0.709
24(彈簧腳架-1)	塑膠	L24-13	P1(SS)	9.4	0.338
		L24-19	P2(SS)	26.6	0.958
		L24-21	P1(NS)	10.4	0.374
25(彈簧腳架-2)	塑膠	L25-13	P1(SS)	9.4	0.338
		L25-20	P2(SS)	26.6	0.958
		L25-22	P1(NS)	10.4	0.374
26(墊片)	塑膠	L26-27	P3(NS)+AP1	47.8+16.2	2.304
		L26-37	P1(NS)	10.4	0.374
27(基座)	鐵	L27-2	P1(S)	5.6	0.202
		L27-5	P1(NS)	10.4	0.374
		L27-26	P3(NS)+AP1	47.8+16.2	2.304
		L27-39	P3(S)	43	1.548
		L27-28	P2(SS)	19.7	0.709

		L27-31	P1(S)	5.6	0.202
		L27-36	P1(SS)	9.4	0.338
		L27-40	P3(NS)+AP1	47.8+16.2	2.304
		L27-41	P3(NS)+AP1	47.8+16.2	2.304
		L27-42	P3(NS)+AP1	47.8+16.2	2.304
		L27-43	P3(NS)+AP1	47.8+16.2	2.304
		L27-37	P3(SS)	46.5	1.647
		L27-38	P1(S)	5.6	0.202
		L27-39	P2(S)	21.8	0.785
28(滑輪基座)	塑膠	L28-27	P2(SS)	19.7	0.709
		L28-29	P2(SS)	25.3	0.911
		L28-30	P1(S)	5.6	0.202
		L28-44	P2(S)	16.2	0.583
29(插栓)	鐵	L29-28	P2(SS)	25.3	0.911
		L29-30	P1(S)	5.6	0.202
30(履帶滑輪)	塑膠	L30-28	P1(S)	5.6	0.202
		L30-29	P1(S)	5.6	0.202
31(圓桿)	鐵	L31-27	P1(S)	5.6	0.202
		L31-36	P3(S)	43	1.548
32(小圓桿-1)	塑膠	L32-40	P1(SS)	14.7	0.529
33(小圓桿-2)	塑膠	L33-41	P1(SS)	14.7	0.529
34(小圓桿-3)	塑膠	L34-43	P1(SS)	14.7	0.529
35(小圓桿-4)	塑膠	L35-44	P1(SS)	14.7	0.529
36(墨水閘基座)	塑膠	L36-31	P3(S)	43	1.548
		L36-27	P1(SS)	9.4	0.338
37(長型塑膠薄片)	塑膠	L37-26	P1(NS)	10.4	0.374
		L37-27	P3(SS)	46.5	1.647
38(馬達-1)	鐵	L38-27	P1(S)	5.6	0.202
39(鐵塊)	鐵	L39-27	P2(S)	21.8	0.785
40(塑膠零件-1)	塑膠	L40-27	P3(NS)+AP1	47.8+16.2	2.304
		L40-32	P1(SS)	14.7	0.529
41(塑膠零件-2)	塑膠	L41-27	P3(NS)+AP1	47.8+16.2	2.304
		L41-33	P1(SS)	14.7	0.529
42(塑膠零件-3)	塑膠	L42-27	P3(NS)+AP1	47.8+16.2	2.304
		L42-34	P1(SS)	14.7	0.529
43(塑膠零	塑膠	L43-27	P3(NS)+AP1	47.8+16.2	2.304

件-4)		L43-35	P1(SS)	14.7	0.529
44(大型彈簧)	鐵	L44-28	P2(S)	16.2	0.583
45(印表機外殼-1)	塑膠	L45-1	P1(S)	16.2	0.583
		L45-50	P3(S)	48.6	1.75
46(塑膠零件-8)	塑膠	L46-1	P3(NS)	53.4	1.922
47(主機後蓋板)	塑膠	L47-1	P3(S)	43	1.548
48(進紙閘-2)	塑膠	L48-51	P2(SS)	25.3	0.911
49(紙身上蓋)	塑膠	L49-50	P2(SS)	25.3	0.911
50(印表機外殼-2)	塑膠	L50-16	P3(NS)	53.4	1.922
		L50-49	P2(SS)	25.3	0.911
		L50-45	P3(S)	48.6	1.75
51(進紙閘-1)	塑膠	L51-1	P3(S)	43	1.548
		L51-48	P2(SS)	25.3	0.911

附表 9 多功能事務印表機干涉資訊

零件(Part)	干涉零件 (Constraint Part)
$C_{28-29} =$	{30}
$C_{27-37} =$	{26}
$C_{27-28} =$	{30}
$C_{27-31} =$	{36}
$C_{22-25} =$	{32,33,34,35}
$C_{21-19} =$	{24}
$C_{22-20} =$	{25}
$C_{13-21} =$	{19,24}
$C_{13-22} =$	{20,25}
$C_{13-24} =$	{19}
$C_{13-25} =$	{20}
$C_{13-14} =$	{23}
$C_{4-5} =$	{18}
$C_{18-5} =$	{4}
$C_{5-27} =$	{4,7,15,19,20,21,22,24,25,32,33,34,35,38,39,40,41,42,43}
$C_{12-21} =$	{13,19}
$C_{12-22} =$	{13,20}
$C_{2-1} =$	{5}
$C_{3-1} =$	{17}
$C_{1-45} =$	{2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44}

$C_{1-50} =$	{45}
$C_{36-27} =$	{37}
$C_{37-27} =$	{39}



附表 10 多功能事務印表機 DSM 結果(左半)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	23	15	16	50	17	18	19	24	20	25	21	22	
1	•	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	1	•	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	1	0	•	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	1	1	•	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
5	0	1	0	0	•	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	1	•	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	1	0	•	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	1	0	•	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	1	•	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	•	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	•	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	•	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	•	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	•	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	•	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	•	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	•	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	•	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	•	0	0	0	0	0	0	0	
18	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	•	0	0	0	0	0	0	
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	•	1	0	0	0	0	
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	•	0	0	1	0	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	•	1	0	0	
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	•	0	1	
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	•	0	
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	•	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	23	15	16	50	17	18	19	24	20	25	21	22
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
46	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

附表 11 多功能事務印表機 DSM 結果(右半)

	26	27	37	28	29	30	31	36	32	40	33	41	34	42	35	43	38	39	44	45	46	47	48	51	49
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	26	27	37	28	29	30	31	36	32	40	33	41	34	42	35	43	38	39	44	45	46	47	48	51	49	
26	•	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27	1	•	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
37	1	1	•	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	1	0	•	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	1	•	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	1	1	•	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	1	0	0	0	0	•	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	1	0	0	0	0	1	•	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	•	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	1	0	0	0	0	0	0	1	•	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	•	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	•	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	•	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	•	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	•	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	•	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	•	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	•	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	•	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	•	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	•	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	•	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	•	1	0	
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	•	0	
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	•	

附表 12 多功能事務印表機最佳分群組裝時間

	組裝順序	組裝時間
Layer1	9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-16-49-50-45-46-47-48-51-1-17-3-15-19-24-21-12-14-23-13-22-25-20	42.5
	9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-16-49-50-45-46-47-48-51-1-15-3-17-19-24-21-12-14-23-13-22-25-20	42.745
	9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-16-49-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-19-24-21-12-14-23-13-22-25-20	42.5
	9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-49-16-50-45-46-47-48-51-1-17-3-15-19-24-21-12-14-23-13-22-25-20	42.5
	9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-49-16-50-45-46-47-48-51-1-15-3-17-19-24-21-12-14-23-13-22-25-20	42.745
	9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-49-16-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-19-24-21-12-14-23-13-22-25-20	42.5
	9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-16-49-50-45-46-47-48-51-1-17-3-15-20-25-22-12-14-23-13-21-24-19	41.784
	9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-16-49-50-45-46-47-48-51-1-15-3-17-20-25-22-12-14-23-13-21-24-19	42.029
	9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-16-49-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-20-25-22-12-14-23-13-21-24-19	41.784
	9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-49-16-50-45-46-47-48-51-1-17-3-15-20-25-22-12-14-23-13-21-24-19	41.784
	9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-49-16-50-45-46-47-48-51-1-15-3-17-20-25-22-12-14-23-13-21-24-19	42.029
	9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-49-16-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-20-25-22-12-14-23-13-21-24-19	41.784
	9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-16-49-50-45-46-47-48-51-1-17-3-15-21-24-19-12-14-23-13-20-25-22	42.268
	9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-16-49-50-45-46-47-48-51-1-15-3-17-21-24-19-12-14-23-13-20-25-22	42.513
	9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-16-49-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-21-24-19-12-14-23-13-20-25-22	42.268

9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-49-1-50-45-46-47-48-51-1-17-3-15-21-24-19-12-14-23-13-20-25-22	42.268
9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-49-16-50-45-46-47-48-51-1-15-3-17-21-24-19-12-14-23-13-20-25-22	42.513
9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-49-16-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-21-24-19-12-14-23-13-20-25-22	42.268
9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-16-49-50-45-46-47-48-51-1-17-3-15-19-24-21-12-14-23-13-22-25-20	43.209
9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-16-49-50-45-46-47-48-51-1-15-3-17-19-24-21-12-14-23-13-22-25-20	43.454
9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-16-49-50-45-15-17-3-46-4-1-51-48-19-24-21-12-14-23-13-22-25-20	43.209
9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-49-16-50-45-46-47-48-51-1-17-3-15-19-24-21-12-14-23-13-22-25-20	43.209
9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-49-16-50-45-46-47-48-51-1-15-3-17-19-24-21-12-14-23-3-22-25-20	43.454
9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-49-16-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-19-24-21-12-14-23-13-22-25-20	43.209
9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-4134-42-35-43-27-44-28-29-30-16-49-50-45-46-47-48-51-1-17-3-15-20-25-22-12-14-23-13-21-24-19	42.493
9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-4134-42-35-43-27-44-28-29-30-16-49-50-45-46-47-48-51-1-15-3-17-20-25-22-12-14-23-13-21-24-19	42.738
9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-16-49-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-20-25-22-12-14-23-13-21-24-19	42.493
9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-49-16-50-45-46-47-48-51-1-17-3-15-20-25-22-12-14-23-13-21-24-19	42.493
9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-49-16-50-45-46-47-48-51-1-15-3-17-20-25-22-12-14-23-13-21-24-19	42.738
9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-49-16-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-20-25-22-12-14-23-13-21-24-19	42.493
9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-16-49-50-45-46-47-48-51-1-17-3-15-21-24-19-12-14-23-13-20-25-22	42.977

9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-16-49-50-45-46-47-48-51-1-15-3-17-21-24-19-12-14-23-13-20-25-22	43.222
9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-16-49-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-21-24-19-12-14-23-13-20-25-22	42.977
9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-49-16-50-45-46-47-48-51-1-17-3-15-21-24-19-12-14-23-13-20-25-22	42.977
9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-49-16-50-45-46-47-48-51-1-15-3-17-21-24-19-12-14-23-13-20-25-22	43.222
9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-49-16-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-21-24-19-12-14-23-13-20-25-22	42.977
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-16-49-50-45-46-47-48-51-1-17-3-15-19-24-21-12-14-23-13-22-25-20	42.5
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-16-49-50-45-46-47-48-51-1-15-3-17-19-24-21-12-14-23-13-22-25-20	42.745
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-16-49-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-19-24-21-12-14-23-13-22-25-20	42.5
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-49-16-50-45-46-47-48-51-1-17-3-15-19-24-21-12-14-23-13-22-25-20	42.5
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-49-16-50-45-46-47-48-51-1-15-3-17-19-24-21-12-14-23-13-22-25-20	42.745
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-49-16-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-19-24-21-12-14-23-13-22-25-20	42.5
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-16-49-50-45-46-47-48-51-1-17-3-15-20-25-22-12-14-23-13-21-24-19	41.784
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-16-49-50-45-46-47-48-51-1-15-3-17-20-25-22-12-14-23-13-21-24-19	42.029
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-16-49-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-20-25-22-12-14-23-13-21-24-19	41.784
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-49-16-50-45-46-47-48-51-1-7-3-15-20-25-22-12-14-23-13-21-24-19	41.784
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-49-16-50-45-46-47-48-51-1-153-17-20-25-22-12-14-23-13-21-24-19	42.029

11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-49-16-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-20-25-22-12-14-23-13-21-24-19	41.784
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-16-49-50-45-46-47-48-51-1-17-3-15-21-24-19-12-14-23-13-20-25-22	42.268
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-16-49-50-45-46-47-48-51-1-15-3-17-21-24-19-12-14-23-13-20-25-22	42.513
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-16-49-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-21-24-19-12-14-23-13-20-25-22	42.268
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-49-16-50-45-46-47-48-51-1-17-3-15-21-24-19-12-14-23-13-20-25-22	42.268
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-49-16-50-45-46-47-48-51-1-15-3-17-21-24-19-12-14-23-13-20-25-22	42.513
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29-49-16-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-21-24-19-12-14-23-13-20-25-22	42.268
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-16-49-50-45-46-47-48-51-1-17-3-15-19-24-21-12-14-23-13-22-25-20	43.209
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-16-49-50-45-46-47-48-51-1-15-3-17-19-24-21-12-14-23-13-22-25-20	43.454
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-16-49-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-19-24-21-12-14-23-13-22-25-20	43.209
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-49-16-50-45-46-47-48-51-1-17-3-15-19-24-21-12-14-23-13-22-25-20	43.209
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-49-16-50-45-46-47-48-51-1-15-3-17-19-24-21-12-14-23-13-22-25-20	43.454
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-49-16-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-19-24-21-12-14-23-13-22-25-20	43.209
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-16-49-50-45-46-47-48-51-1-17-3-15-20-25-22-12-14-23-13-21-24-19	42.493
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-16-49-50-45-46-47-48-51-1-15-3-17-20-25-22-12-14-23-13-21-24-19	42.738
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-16-49-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-20-25-22-12-14-23-13-21-24-19	42.493

11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-49-16-50-45-46-47-48-51-1-17-3-15-20-25-22-12-14-23-13-21-24-19	42.493
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-49-16-50-45-46-47-48-51-1-15-3-17-20-25-22-12-14-23-13-21-24-19	42.738
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-49-16-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-20-25-22-12-14-23-13-21-24-19	42.493
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-16-49-50-45-46-47-48-51-1-17-3-15-21-24-19-12-14-23-13-20-25-22	42.977
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-16-49-50-45-46-47-48-51-1-15-3-17-21-24-19-12-14-23-13-20-25-22	43.222
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-16-49-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-21-24-19-12-14-23-13-20-25-22	42.977
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-49-16-50-45-46-47-48-51-1-17-3-15-21-24-19-12-14-23-13-20-25-22	42.977
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-49-16-50-45-46-47-48-51-1-15-3-17-21-24-19-12-14-23-13-20-25-22	43.222
11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30-49-16-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-21-24-19-12-14-23-13-20-25-22	42.977
19-24-21-12-14-23-13-22-25-20-16-49-50-45-46-47-48-51-1-1-17-3-15-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	42.5
19-24-21-12-14-23-13-22-25-20-16-49-50-45-46-47-48-51-1-1-15-3-17-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	42.745
19-24-21-12-14-23-13-22-25-20-16-49-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	42.5
19-24-21-12-14-23-13-22-25-20-49-16-50-45-46-47-48-51-1-1-17-3-15-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	42.5
19-24-21-12-14-23-13-22-25-20-49-16-50-45-46-47-48-51-1-1-15-3-17-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	42.745
19-24-21-12-14-23-13-22-25-20-49-16-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	42.5
20-25-22-12-14-23-13-21-24-19-16-49-50-45-46-47-48-51-1-1-17-3-15-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	41.784

20-25-22-12-14-23-13-21-24-19-16-49-50-45-46-47-48-5 1-1-15-3-17-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-2	42.029
20-25-22-12-14-23-13-21-24-19-16-49-50-45-15-17-3-46- 47-1-51-48-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	41.784
20-25-22-12-14-23-13-21-24-19-49-16-50-45-46-47-48-5 1-1-17-3-15-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	41.784
20-25-22-12-14-23-13-21-24-19-49-16-50-45-46-47-48-5 1-1-15-3-17-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	42.029
20-25-22-12-14-23-13-21-24-19-49-16-50-45-15-17-3-46- 47-1-51-48-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	41.784
21-24-19-12-14-23-13-20-25-22-16-49-50-45-46-47-48-5 1-1-17-3-15-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	42.268
21-24-19-12-14-23-13-20-25-22-16-49-50-45-46-47-48-5 1-1-15-3-17-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	42.513
21-24-19-12-14-23-13-20-25-22-16-49-50-45-15-17-3-46- 47-1-51-48-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	42.268
21-24-19-12-14-23-13-20-25-22-49-16-50-45-46-47-48-5 1-1-17-3-15-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	42.268
21-24-19-12-14-23-13-20-25-22-49-16-50-45-46-47-48-5 1-1-15-3-17-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	42.513
21-24-19-12-14-23-13-20-25-22-49-16-50-45-15-17-3-46- 47-1-51-48-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	42.268
19-24-21-12-14-23-13-22-25-20-16-49-50-45-46-47-48-5 1-1-17-3-15-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	43.209
19-24-21-12-14-23-13-22-25-20-16-49-50-45-46-47-48-5 1-1-15-3-17-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	43.454
19-24-21-12-14-23-13-22-25-20-16-49-50-45-15-17-3-46- 47-1-51-48-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	43.209
19-24-21-12-14-23-13-22-25-20-49-16-50-45-46-47-48-5 1-1-17-3-15-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-3-1-36-37-38-39- 32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	43.209
19-24-21-12-14-23-13-22-25-20-49-16-50-45-46-47-48-5 1-1-15-3-17-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	43.454

19-24-21-12-14-23-13-22-25-20-49-16-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44 -28-29-30	43.209
20-25-22-12-14-23-13-21-24-19-16-49-50-45-46-47-48-5 1-1-17-3-15-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	42.493
20-25-22-12-14-23-13-21-24-19-16-49-50-45-46-47-48-5 1-1-15-3-17-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	42.738
20-25-22-12-14-23-13-21-24-19-16-49-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	42.493
20-25-22-12-14-23-13-21-24-19-49-16-50-45-46-47-48-5 1-1-17-3-15-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	42.493
20-25-22-12-14-23-13-21-24-19-49-16-50-45-46-47-48-5 1-1-15-3-17-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	42.738
20-25-22-12-14-23-13-21-24-19-49-16-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	42.493
21-24-19-12-14-23-13-20-25-22-16-49-50-45-46-47-48-5 1-1-17-3-15-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	42.977
21-24-19-12-14-23-13-20-25-22-16-49-50-45-46-47-48-5 1-1-15-3-17-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	43.222
21-24-19-12-14-23-13-20-25-22-16-49-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	42.977
21-24-19-12-14-23-13-20-25-22-49-16-50-45-46-47-48-5 1-1-17-3-15-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	42.977
21-24-19-12-14-23-13-20-25-22-49-16-50-45-46-47-48-5 1-1-15-3-17-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	43.222
21-24-19-12-14-23-13-20-25-22-49-16-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-9-8-6-7-11-10-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	42.977
19-24-21-12-14-23-13-22-25-20-16-49-50-45-46-47-48-5 1-1-17-3-15-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	42.5
19-24-21-12-14-23-13-22-25-20-16-49-50-45-46-47-48-5 1-1-15-3-17-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	42.745
19-24-21-12-14-23-13-22-25-20-16-49-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	42.5

19-24-21-12-14-23-13-22-25-20-49-16-50-45-46-47-48-5 1-1-17-3-15-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	42.5
19-24-21-12-14-23-13-22-25-20-49-16-50-45-46-47-48-5 1-1-15-3-17-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	42.745
19-24-21-12-14-23-13-22-25-20-49-16-50-45-15-17-3-46- 47-1-51-48-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	42.5
20-25-22-12-14-23-13-21-24-19-16-49-50-45-46-47-48-5 1-1-17-3-15-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	41.784
20-25-22-12-14-23-13-21-24-19-16-49-50-45-46-47-48-5 1-1-15-3-17-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	42.029
20-25-22-12-14-23-13-21-24-19-16-49-50-45-15-17-3-46- 47-1-51-48-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	41.784
20-25-22-12-14-23-13-21-24-19-49-16-50-45-46-47-48-5 1-1-17-3-15-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	41.784
20-25-22-12-14-23-13-21-24-19-49-16-50-45-46-47-48-5 1-1-15-3-17-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	42.029
20-25-22-12-14-23-13-21-24-19-49-16-50-45-15-17-3-46- 47-1-51-48-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	41.784
21-24-19-12-14-23-13-20-25-22-16-49-50-45-46-47-48-5 1-1-17-3-15-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	42.268
21-24-19-12-14-23-13-20-25-22-16-49-50-45-46-47-48-5 1-1-15-3-17-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	42.513
21-24-19-12-14-23-13-20-25-22-16-49-50-45-15-17-3-46- 47-1-51-48-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	42.268
21-24-19-12-14-23-13-20-25-22-49-16-50-45-46-47-48-5 1-1-17-3-15-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	42.268
21-24-19-12-14-23-13-20-25-22-49-16-50-45-46-47-48-5 1-1-15-3-17-11-10-6-7-9-8-5-1-8-4-2-26-31-36-37-38-39- 32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	42.513
21-24-19-12-14-23-13-20-25-22-49-16-50-45-15-17-3-46- 47-1-51-48-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-30-29	42.268
19-24-21-12-14-23-13-22-25-20-16-49-50-45-46-47-48-5 1-1-17-3-15-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	43.209

19-24-21-12-14-23-13-22-25-20-16-49-50-45-46-47-48-5 1-1-15-3-17-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	43.454
19-24-21-12-14-23-13-22-25-20-16-49-50-45-15-17-3-46- 47-1-51-48-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	43.209
19-24-21-12-14-23-13-22-25-20-49-16-50-45-46-47-48-5 1-1-17-3-15-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	43.209
19-24-21-12-14-23-13-22-25-20-49-16-50-45-46-47-48-5 1-1-15-3-17-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	43.454
19-24-21-12-14-23-13-22-25-20-49-16-50-45-15-17-3-46- 47-1-51-48-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	43.209
20-25-22-12-14-23-13-21-24-19-16-49-50-45-46-47-48-5 1-1-17-3-15-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	42.493
20-25-22-12-14-23-13-21-24-19-16-49-50-45-46-47-48-5 1-1-15-3-17-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	42.738
20-25-22-12-14-23-13-21-24-19-16-49-50-45-15-17-3-46- 47-1-51-48-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	42.493
20-25-22-12-14-23-13-21-24-19-49-16-50-45-46-47-48-5 1-1-17-3-15-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	42.493
20-25-22-12-14-23-13-21-24-19-49-16-50-45-46-47-48-5- 1-15-3-17-11-10-6-7-9-8-5-18-42-26-31-36-37-38-39-32- 40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	42.738
20-25-22-12-14-23-13-21-24-19-49-16-50-45-15-17-3-46- 47-1-51-48-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	42.493
21-24-19-12-14-23-13-20-25-22-16-49-50-45-46-47-48-5 1-1-17-3-15-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	42.977
21-24-19-12-14-23-13-20-25-22-16-49-50-45-46-47-48-5 1-1-15-3-17-11-10-6-7-9-8-18-2-6-31-36-37-38-39-32-40- 33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	43.222
21-24-19-12-14-23-13-20-25-22-16-49-50-45-15-17-3-46- 47-1-51-48-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	42.977
21-24-19-12-14-23-13-20-25-22-49-16-50-45-46-47-48-5 1-1-17-3-15-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	42.977
21-24-19-12-14-23-13-20-25-22-49-16-50-45-46-47-48-5 1-1-15-3-17-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-3 2-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	43.222

	21-24-19-12-14-23-13-20-25-22-49-16-50-45-15-17-3-46-47-1-51-48-11-10-6-7-9-8-5-18-4-2-26-31-36-37-38-39-32-40-33-41-34-42-35-43-27-44-28-29-30	42.977
Layer2	M1-M3-M2	2.297
	M2-M3-M1	2.297

