

TRIZ Trimming at Supersystem for Innovative Product Integration

D. Daniel Sheu^{1*}, Chia Lin Ho¹

¹ Department of Industrial Engineering and Engineering Management

National Tsing Hua University

(No. 101, Section 2, Kuang-Fu Road, Hsinchu, Taiwan 30013, R.O.C.)

*dsheu@ie.nthu.edu.tw

(Received 28 March 2016; final version received 25 August 2016)

Abstract

Unlike the great majority of TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving) device trimming where components within a system are trimmed, this research proposes a trimming process for multiple systems through integration of components from various systems. The 9-window and Scenario Analysis processes identify potential relevant systems to form a super “virtual” system. Then components of the virtual system were transformed into an integrated system using the proposed affinity measures and the TRIZ trimming method. Affinity measures were proposed to calculate “tendency” of ease of integration between components. An affinity relationship matrix is built to manifest the affinity between components in 6 aspects. A dendrogram is then built to determine the best component set for integration through trimming. The integrated system has fewer components than the sum of the original systems with the same function.

Contributions of this research include : 1) Establishing a multi-system trimming process through integration; 2) Establishing a mathematical method to identify the components for trimming through integration;

Keywords: TRIZ, Trimming Process, Multi-system Integration, Dendrogram, Product Integrated Innovation, Systematic Innovation

References

- Chou, F. M. (2004). The Subassembly Identification Model for Component Integration (NSC Project Report: NSC93-2213-E-211-004). Department of Industrial Engineering and Management Information, Huafan University, Taiwan.
- Lin, Y. M. (2010). *TRIZ-based Computer-aided Trimming Process and Tool* (Master’s thesis). National Tsing Hua University, Taiwan. (In Chinese)
- Lin, Y. M. & Sheu, D. L. (2011). TRIZ-based Computer-aided Trimming Process and Tool. The 2011 Greater China Conference on Systematic Innovation (January 15, 2011), Dayeh University, Taiwan.
- Liu, C. T. (2008). *A Study of Product Trimming Using TRIZ and Value Engineering* (Master’s thesis). National Tsing Hua University, Taiwan. (In Chinese)
- Sheu, D. L. (2014). Mastering TRIZ Innovation Tools: Part I. Hsinchu: Agitek International Consulting, Inc. (In Chinese)
- Hipple, J. (2010). *Topic of the Month : Trimming and System Integration : A Breakthrough in the Metal Cutting Business*. Available from [http](http://www.innovation-triz.com/newsletter/2010/2010-10-28_Trimming.html) :
- [//www.innovation-triz.com/newsletter/2010/2010-10-28_Trimming.html](http://www.innovation-triz.com/newsletter/2010/2010-10-28_Trimming.html)
- Lee, S. & Shin, Y. (1993). Assembly Co-planner co-operative assembly planner based on subassembly extraction, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 4, 183-198.
- Lee, S. & Wang, F. (1993, May). *Physical Reasoning of Interconnection Forces for Efficient Assembly Planning*. IEEE International Conference on Robotics and Automation, 307-313.
- Lee, S. (1994). Subassembly identification and Evaluation for Assembly Planning. *IEEE transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 24(3).
- Li, Q., Cao, G., Guo, H. & Yu, J. (2009). Product Integrated Innovation Based on Function. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 304, 59-69.
- Mann, D. (2007). *Hands on systematic innovation*. CREAX press.
- Wang, W. & Ma, Y. W. (1997). Combining Innovation for Product Development: Theory and Case Study. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 11(Supp 1), 39-44.

萃智超系統裁剪之創新產品整合法

許棟樑^{1*} 何珈霖¹

¹ 國立清華大學工業工程與工程管理研究所 (新竹市光復路二段 101 號)

*desheu@ie.nthu.edu.tw

摘要

不同於大多數 TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving) 裝置裁剪為於單一系統中進行元件裁剪，本研究提出一個多系統整合之裁剪流程，透過整合不同系統的元件進行裁剪。藉由 9 宮格分析與情境分析之流程，辨識出潛在相關的系統，使其形成一個大「虛擬」系統。並透過本研究提出的親和度與 TRIZ 裁剪手法，使虛擬系統的元件轉化為被整合的系統。親和度是用來計算元件間整合容易程度的「傾向 (Tendency)」，透過親和度關係矩陣的建立去顯示六種元件關係對於兩兩元件間的親和力，並建立分群枝狀圖 (Dendrogram) 協助使用者辨識出最利於整合的元件群組進行裁剪。整合後的系統元件數比原本各系統的數目加總大幅減少，且功能上與原本各系統相同。

本研究主要貢獻包括：1) 建立一個多系統整合之裁剪流程；2) 建立數理手法去辨識出元件，並透過整合來裁剪元件；3) 將 TRIZ 裁剪從傳統領域的系統內裁剪延伸至超系統整合。

關鍵字： TRIZ、裁剪流程、多系統整合、分群枝狀圖、樹狀圖、產品整合創新、系統性創新

一、緒論

(一) 研究背景

裁剪方法之問題可分為兩類，分別為產品導向問題 (Product-Based Problems) 與流程導向問題 (Process-Based Problems)。產品導向問題可藉由刪除元件的方式來達成，而流程導向問題，可藉由刪除輔助功能、流程或改善績效/產出來達成。而產品導向問題又可以分成，單一系統裁剪與多系統整合裁剪。

多系統整合創新是將已知現有的數個產品整合成一個新的「大系統」，再刪去「大系統」中的元件，使成一個簡潔的系統。整合後的系統在功能與服務上具有眾多綜效的功能，但元件數相比原來各小系統加總元件數卻大幅減少。

Hipple (2010) 於 Innovation-triz 網站的 Newsletter 中提到萃智基本概念中的突破性產品開發，其中最有效的方法為裁剪與向上系統整合 (Upward System Integration)，可藉由超系統或資源找回失去的功能與連結至其他系統進行整合。Li 等人 (2009) 提出產品基於功能整合的整合創新，並將功能整合的模式定義成

四種：整合相同的功能、整合相似的功能、整合相反的功能、整合不同的功能。思考系統若能整合相同、相似、相反或不同的功能，整合後產生的新系統可能產生預期中的性能、產生互補的作用、或是產生更精確的控制。Wang 與 Ma (1997) 定義組合創新是將兩個以上的技術元素組合在一起，得到一個新的產品。這些技術元素通常為物質單位、工藝、原理、結構、功能等。因為現有的技術元素應用至不同的領域，這些技術元素的組合產生之想法是較可行的。

(二) 研究動機

目前發展出來的裁剪方法僅能在系統複雜或元件數量多的產品才有機會產生最大效益，當面對產品之結構為極簡時〔例如：螺絲起子是以握把、鐵棒、起子頭組成〕，產生較困難裁剪的情況。因此可以利用以巨觀、跨領域的角度，找出可能相關的超系統或無關的其他系統，透過此階段的方法去產生可整合的系統，透過整合多系統形成一個大系統後再進行裁剪，進而產生整合性創新產品或重新設計 (Redesign) 的創新產品。

二、文獻探討

(一)系統整合原則

劉榮庭 (2008)提出系統整合原則主要有六種，分別為功能相似性、功能互補、空間互補、時間相容、系統資源限制、產品階層考量。

➤ 功能相似性：

基於不同系統之間功能屬性關係，將具有類似功能屬性的元件做整合，其例子與示意圖如圖 1 所示，由於扳手與螺絲起子之握把有相同的功能，設計者可發展出一多功能工具組，當使用者需要扳手時，便將握把的前端裝上扳手的裝置；當使用者需要螺絲起子時，便將握把的前端裝上螺絲起子的裝置。

➤ 功能互補：

基於不同系統之間功能屬性關係，若某元件缺少之功能與另一元件提供的功能相同，可整合兩元件，即是將具有互補屬性的元件做整合。其例子與示意圖如圖 2 所示，螺絲起子為了放置方便性，可在握把尾端增加懸吊的掛勾，零散可替換小零件需要力量將其串接起來以方便攜帶，利用功能互補的原則，將零散的小零件懸吊在握把尾端。



圖 1. 功能相似性的案例(林芸蔓, 2010)

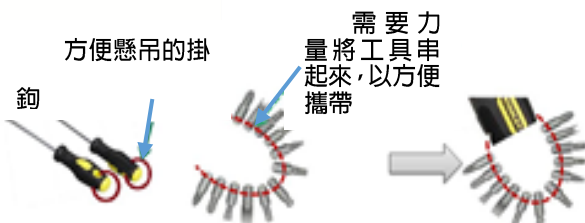


圖 2. 功能互補案例(林芸蔓, 2010)

➤ 空間互補：

基於不同系統之間功能屬性關係，某元件具有多餘的空間可供作它用，其例子與示意圖如圖 3 所示。螺絲起子的握把其內部空間一般沒有使用，利用空間

互補原則，設計者可將不同尺寸的起子組放置在握把的內部空間內，不僅善用空間也增加方便性。

➤ 時間相容：

基於不同系統之間功能屬性關係，當某元件功能閒置不用時，而此功能恰可被其他元件使用的情況下，可利用時間的差異性來整合元件。

➤ 系統資源限制：

將搜尋到相關功能屬性的系統，根據資源、成本、可行性的考量下進行篩選。

➤ 產品階層考量：

產品的階層分析可找尋系統的其他元件，藉由其他元件所提供的功能，將不同元件整合在一起，其例子與示意圖如圖 3 所示。汽車的產品階層圖如下圖 4 所示，由於雨刷容易發生機械故障而無法使用，因此希望將雨刷刪除；若將雨刷刪除掉，則依汽車產品階層圖尋找可整合的元件。由義大利某公司所發明奈米級的玻璃，其表面可防止水滴的沾黏，因此擋風

例如：螺絲起子的握把與不同尺寸的起子



玻璃與雨刷可以整合在一起，即使下雨也不需雨刷來清除水滴。

圖 3. 空間互補案例(林芸蔓, 2010)



圖 4. 產品階層考量案例 (Mann, 2007)

(二) 裁剪

林芸蔓、許棟樑 (2011) 提出裁剪為一刪除某特定元件之分析工具，可重新分派系統或超系統中有用功能。藉由減少元件與簡化系統來改善系統，系統的價值提昇則可藉由裁剪元件、降低成本來維持或改善整體功能性。而簡約設計之概念為，系統在最小成本與複雜度下，能夠同時達到使用者期望的標準。

三、多系統整合之裁剪流程

本研究提出多系統整合之流程步驟如

所示，首先以巨觀的方式介紹 Pre-integration 流程與 Integration 流程，先對本研究架構有概觀的認識，再針對 Pre-Integration 流程與 Integration 流程相關內容作說明。

(一) Pre-integration 流程

本節將針對 Pre-integration 流程之相關內容作說明，Pre-integration 流程為進行 Integration 流程的前置工作，其意義在於一個目標系統可能隱藏許多機會點，這些機會點可能是有形的功能或無形的服務，但多數人未受過萃智的思考訓練，無法看出目標系統背後隱藏的許多機會，只能看到當下的時間、空間、介面的問題。因此透過 Pre-integration 流程，系統地思考出欲整合的系統。其內容如下說明之：

Step1：確認欲整合之目標系統：在執行 Integration 流程之前必須先執行 Pre-integration 流程的前置動作，首先設計者需確認欲整合之目標系統。可透過 5W1H1G (如表 1) 的方式來確認欲整合的目標系統，透過 5W1H1G 問與答的過程，完成問題描述的輪廓，同時也更加確認專案要執行的系統或產品為何，且能對該系統或產品的功能或結構有更明確的描述。

表 1. 5W1H1G 之方法

5W1H1G 之方法	說明
1) What is problem? (Sore Point)	設計者欲解決的主要問題為何
2) When was it happened?	問題在何時會發生/出現
3) Where is it found?	問題發生在何處
4) Why?	設計者試想為什麼會發生此問題或造成的因素

5W1H1G 之方法	說明
5) Who?	誰會導致此問題，相關之系統或元件為何
6) How was it happened?	此問題是如何發生的
Target system :	確認目標系統

根據 Mann (2000) 之論文得知，以單一系統而言，其目標系統多為 S-curve 後段成熟產品，所以單一系統的產品簡化通常是針對產品複雜度達到最大化，也就是系統的元件數量達到最多之時，才是單一系統進行簡約設計之最佳時機，而此時通常是在 S-curve 的最後階段；反觀多系統整合則無此特點，無論在目標系統處於 S-curve 任何位置皆可適用。

Step2：產生想法：確認完目標系統後接下來為進行產生想法的步驟，由於設計者無法一開始就瞭解該選甚麼相關的系統，可透過 TRIZ 方法以跨領域的角度來確認。本研究列出三項工具來協助使用者，分別是 9/12 宮格分析、情境分析、腦力激盪。

Step3：確認被整合的系統：根據「產生想法」步驟所辨識出的系統，設計者根據需求與專業知識判斷選擇出欲整合的系統為何。

Step4：各系統元件拆解：當確認好可被整合在一起的系統後，需將各系統元件拆解開來，本研究利用功能分析圖來進行拆解，檢視各系統元件之組成與相對應功能，以便下一個步驟之分析。

Step5：進行功能分析：各系統進行功能分析時，透過與超系統的連結，將確認欲整合的系統整合成一個大系統，形成大系統後此系統可能是單一虛擬系統 (virtual single system)，此虛擬系統有可能是不存在的或是無法順利運作，因此需應用 Integration 流程，使其具可行性並且讓系統在元件數最少的情況下順利地運作，使成一個簡潔的系統。

(二) 整合流程

Step1：建立元件關係矩陣

功能分析模型中的各個元件間，存在關於整合元件的相關訊息，為本研究辨識整合元件的重要資訊。而經

由此矩陣的建立，可以得知元件間存在那些關係，以及作用之程度等訊息，其建立步驟如下：

a：確認各元件整合關係：

在本階段，當設計者將各系統拆解完後，才能夠進行整合且合併成大型功能分析模型，需透過以下 6 個元件關係將親和度最強烈的相關元件進行整合。整合關係如下所示：功能匹配性、時間相容性、空間相容性、物質相容性、元件連結距離、產品階層考量。

b：給定各關係量化分數：

本研究量化上述 6 種元件關係之方式，是根據使用者的專業知識以查詢相關對照表之形式進行之。欲量化兩元件間關係，則可經由元件關係對照表之查詢且對應相對數值，如此即可將此關係量化。而 6 種元件關係量化方式 3.2 節說明之。

c：結合關係量化訊息：

上述元件關係之量化訊息產生後，將其結合以作為後續整合元件之依據。而結合 6 種元件關係量化數值之方式，則是加入權重關係而為之。其方程式如公式 1 所示。

$$x_{ij} = w_F F_{ij} + w_T T_{ij} + w_S S_{ij} + w_M M_{ij} + w_H H_{ij} + w_L L_{ij} \quad (\text{公式 1})$$

其中 x_{ij} 為元件 i 、 j 之間存在親和度的量化數值，其數值介於 -1 與 +1 之間。 F_{ij} 、 T_{ij} 、 S_{ij} 、 M_{ij} 、 H_{ij} 、 L_{ij} 則分別為元件 i 、 j 之間存在的功能匹配性、時間相容性、空間相容性、物質相容性、產品階層考量、元件連結距離等關係之量化數值； w_F 、 w_T 、 w_S 、 w_M 、 w_H 、 w_L 分別為功能匹配性、時間相容性、空間相容性、物質相容性、產品階層考量、元件連結距離等關係之權重，而權重值之範圍則是介於 0 至 1 之間，且 6 種關係權重之總和等於 1。

d：建立元件關係矩陣

建立元件關係矩陣所產生之相關訊息為辨識整合元件的重要資訊，而本研究利用矩陣加以記錄之，以作為後續辨識多系統整合之依據。而此用以記錄整合關係的相關訊息之矩陣則稱為元件關係矩陣，其如公式 2 所示：

$$X = [x_{ij}]_{n \times n} = \begin{bmatrix} - & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & - & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & - \end{bmatrix} \quad (\text{公式 2})$$

元件關係矩陣 X 為一方陣(假設六種元件關係為對稱之關係)，其行、列皆為產品元件，矩陣元素 x_{ij} 即是記錄元件 i 、 j 之間存在關係之量化數值(加權後)。

Step2 繪製分群枝狀圖

建立元件關係矩陣後，透過矩陣內的親和度分數來繪製分群枝狀圖(Dendrogram)，分群枝狀圖可讓使用者了解元件與元件之間的關係強烈程度，並透過建立切割線來予以分群並且幫助使用者整合元件。

Step3：進行整合元件推理

根據圖 6 之流程，對繪製好的分群枝狀圖最高處設置切割線，如圖 5 至箭頭處，形成兩個群集分別為 (X1, X6, X9) 與 (X2, X3, X4, X5, X7, X8)，並向使用者提出挑戰性問題 (X1, X6, X9) 是否能整合成一個元件？(X2, X3, X4, X5, X7, X8) 是否能整合成一個元件？若 (X1, X6, X9) 可整合成一個元件則移出分群枝狀圖，形成一個群集為 (X2, X3, X4, X5, X7, X8) 與一個獨立元件 X5；若不幸的無法整合群組則保留元件並將切割線往下一階層，形成兩個群集分別為 (X1, X9) 與 (X2, X3, X4, X5, X7, X8)，與一個獨立元件 X6；若過程中出現未與其他元件組成群組的獨立元件，將切割線往下一階層並同時將獨立元件移出分群枝狀圖。再將切割線往下一階層，獨立元件 X5 移出，形成兩個群集分別為 (X2, X7) 與 (X3, X4, X8)。直到切割線至最底層，虛線表示已移出分群枝狀圖的元件。若所有群組均完成整合的確認則可形成一新的整合模型，此模型為一功能分析圖。

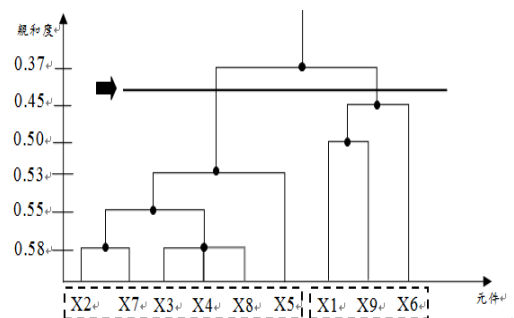


圖5. 整合元件推理範例

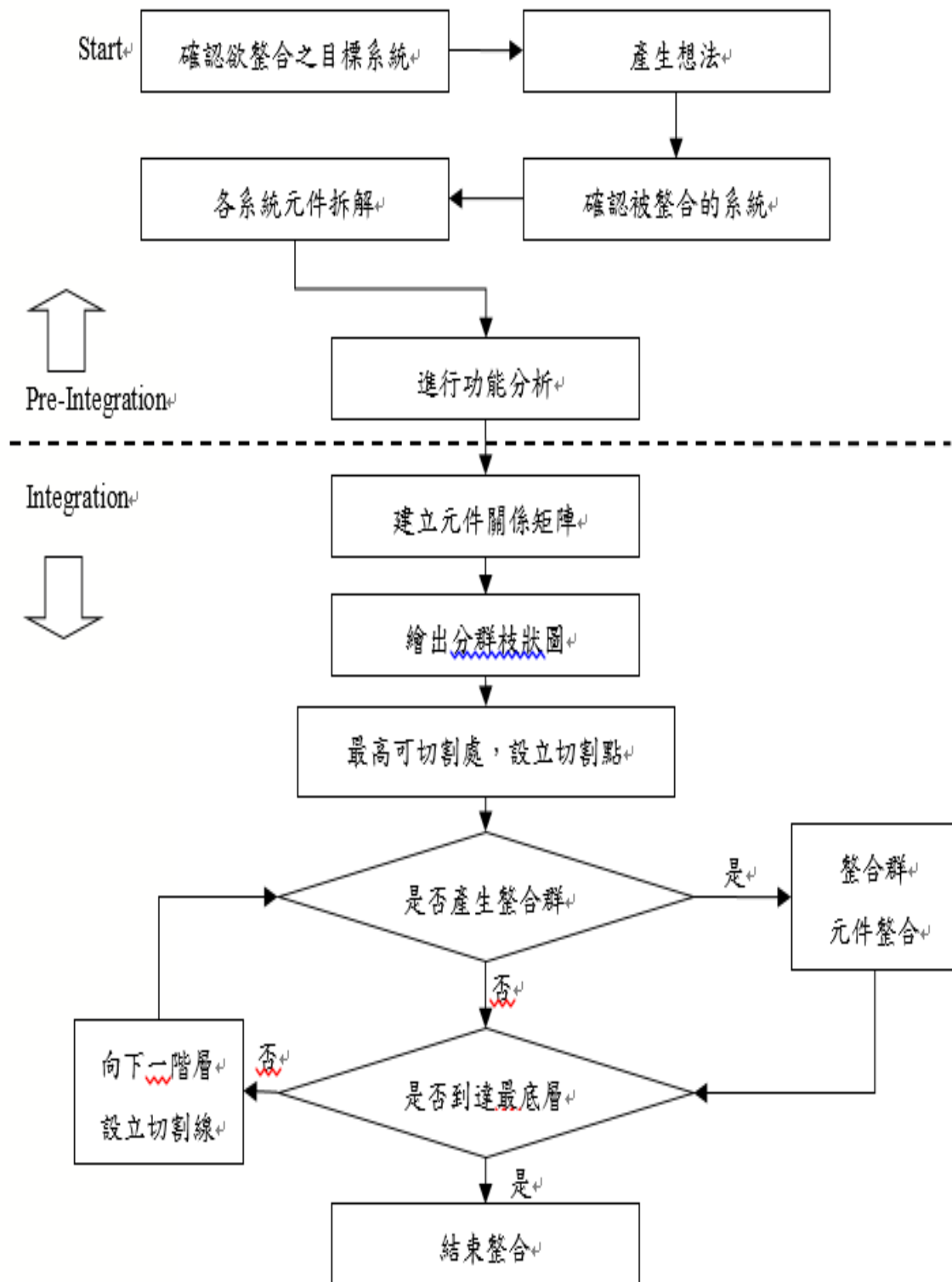


圖 6. 多系統整合之流程步驟總觀

多系統整合之裁剪解題模式近似萃智(TRIZ)解題模式，如圖 7 所示，首先與萃智解決問題模式一樣會有目前特定問題，然後透過功能分析將問題轉化成裁剪流程可以處理的問題模型，問題模型透過裁剪流程來獲得整合後的解答模型。多系統整合之裁剪流程其內容有決定多系統整合模型、元件關係矩陣與分群枝狀圖，而每一個解答模型可以透過知識效應資料庫、與裁剪有關的發明原則、資源、趨勢分析……等來獲得啟發，最後設計者依解答模型發展出符合自己問題的特定解答。

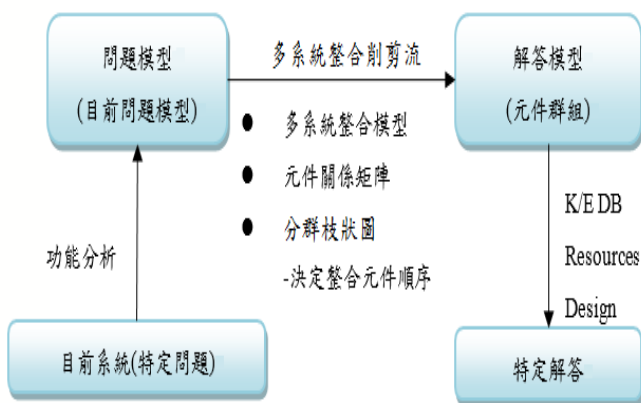


圖 7 元件整合解題流程

四、多系統整合模型

本研究將提出多系統整合模型，其意義為整合功能分析模型中的元件之有利構面，目的是幫助使用者辨識出多系統中利於整合的元件。本研究歸納出功能匹配性、時間相容性、空間相容性、物質相容性、元件連結距離、產品階層考量共 6 項。其中物質相容性、元件連結距離為參考周孚茂 (2004) 之計畫，在其研究中，是將此數個構面使用在產品組裝時，應選擇哪幾個部件。而在本研究中，則是用來作為產品在整合時所做的功能裁剪。

(一) 功能匹配性

此構面為許棟樑 (2014) 書中提出的裁剪規則之衍伸，根據系統整合原則內容之中，功能相似性定義為基於不同系統之間功能屬性關係，將具有類似功能屬性的元件做整合。使用者欲整合不同系統的元件時，需考慮元件功能屬性與元件功能作動的目標物，因此

針對功能屬性的特性列出利於整合元件的情況，並依照強弱關係給予量化分數如表 2 所示：

表 2. 功能匹配性之量化對照表

類型	量化數值
對相同的目標物， 作動相同或相似功能。	0.9
對不同的目標物， 作動相同或相似功能。	0.7
對相同的目標物， 作動不同功能。	0.5
無上述類型	0

(二) 時間相容性

此構面考慮到 TRIZ40 發明原則中的分離原則，有時候某些衝突能夠解決是藉由使用時間的不同來解決。根據系統整合原則內容之中，時間相容為基於不同系統之間功能屬性關係，當某元件功能閒置不用時，而此功能恰可被其他元件使用的情況下，可利用時間的差異性來整合元件。依照強弱關係給予量化分數如表 3 所示。

表 3. 時間相容性之量化對照表

		兩元件提供之功能	
		排斥	不排斥
使用時間	相同	-1	0.5
	不同	0.5	0.9

(三) 空間相容性

此構面考慮與時間相容性類似，根據分離原則，若空間不相衝突的話，我們就能考慮整合的可能性。使用者欲整合不同系統的元件時，需考慮空間的資源，因此針對元件的空間的情況，並依照強弱關係給予量化分數如表 4 所示。

表 4. 空間相容性之量化對照表

類型	量化數值
具有互補的幾何形狀。	0.9
具有相同或相似的幾何形狀。	0.6
無上述類型	0

(四) 物質相容性

兩元件欲整合或裝配時需考慮材料特性，若是可用相同、相容的材料，則此兩元件可合併在一起。所以在找尋新的功能提供者或整合元件時，必須考慮兩元件的材料是否相容，因此針對元件與元件之間的材料物質情況，並依照強弱關係給予量化分數，如表 5 所示。

表 5. 物質相容性之量化對照表

類型	量化數值
兩元件之材料具有相同、相似或相容的特性。	1
兩元件之材料不具有相容或不相容的特性	0
兩元件之材料具有不相容的特性。	-1

(五) 元件連結關係

在組裝元件時需辨識元件是否需要組裝在一起，若是能將元件組裝在一起，則此兩元件即可合併在一起。在此本研究利用連接強度與距離建立元件整合關係，因此針對元件與元件之間的連接距離情況如圖 8 所示，並依照強弱關係給予量化分數，如表 7 所示。

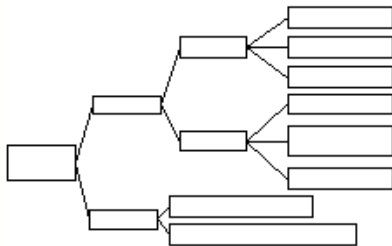


圖 8. 元件連結距離 (以跳過幾條連結線計之)

連接關係本研究應用周孚茂 (2004) 的組裝關係量化表，將連結關係分為直接連結與媒介連結，詳細內容如表 6 所示。

表 6. 連結關係之相關內容整理表

連結類型	內容說明
直接連結	
輕度連結	若兩元件之間經由最簡易及單純之裝配動作 (不需施以任何力量即可執行如接、碰觸等動作) 而進行組裝活動，則可稱兩構件於組裝時存在此種連結關係。

中度連結	若兩元件之間經由較簡易之裝配動作 (需要施以力量以執行如接、碰觸等動作) 而進行組裝連結活動，則可稱兩構件於組裝時存在此種連結關係。
重度連結	若兩元件之間經由較複雜的裝配動作 (需要施以力量以執行如推、擠、扭、旋轉等動作) 而進行組裝連結活動，則可稱兩構件於組裝時存在此種連結關係。
媒介連結	
焊、熔、鍛連結	若兩構件之間經由焊、熔、鍛連結進行組裝連結活動，則可稱兩構件於組裝時存在此種連結關係。
螺絲 (栓)、針或鉚釘等裝置連結	若兩構件之間經由螺絲 (栓)、針或鉚釘等裝置進行組裝連結活動，則可稱兩構件於組裝時存在此種連結關係。
黏、膠著連結	若兩構件之間經由黏、膠著進行組裝連結活動，則可稱兩構件於組裝時存在此種連結關係。

資料來源：Lee & Shin (1993); Lee & Wang (1993); Lee (1994)

表 7. 元件連結距離之量化對照表

類型	量化數值
重度連結	0.6
中度連結	0.4
輕度連結	0.1
焊、熔、鍛連結	1
螺絲 (栓)、針或鉚釘等裝置連結	0.7
黏、膠著連結	0.3
兩元件之間有中介物	0.1
兩元件之間有兩個以上中介物	0

本研究將元件連結距離分成兩部分，分別是連結關係與距離關係，兩關係的差別在於前者為兩元件為直接連結兩元件之間沒有中介物，而距離關係為間接連結兩元件之件有中介物存在。

(六) 產品階層考量

作者參考 Darrell Mann (2009) Ch.19 中產品階層的構思，在原文中是用於產品要消除元件時，應該選

擇階層相同或相近的元件來替代其功能，而在本研究中我們另外加入了量化的概念。當我們將系統之產品階層(Product hierarchy)繪製出來後，我們可更巨觀地來選擇新提供者(New carrier)與可整合的兩元件，也就是說我們可藉由元件與元件間之階層關係，來刪除某元件或合併兩元件，達到裁剪與整合之目的。在此本研究利用產品階層建立元件整合關係，針對元件與元件之間的階層距離情況並依照強弱關係給予量化分數如表 8 所示。

表 8 產品階層考量之量化對照表

類型	量化數值
兩元件為相同階層	0.9
兩元件為一個階層距離	0.5
兩元件之間有兩個階層距離	0.3
兩個以上的階層距離	0

五、案例應用

(一) 案例說明

登山杖為登山健行必備之輔助工具，在上坡、下坡用於保護膝蓋以及省力的效果。人在登山或行走的時候，膝蓋以及腳部承受了身體體重的重量，除此之外若有背負東西還要承受物品的重量，因此長時間下來，我們的膝蓋因此受損。由於登山客在登山前攜帶裝備需帶齊全，如有不足是很危險的。這使得登山客為了安全需攜帶更多物品造成負荷增加，若為了降低負荷減少攜帶物品可能造成登山的危險。首先將問題描述填入 5W1H1G 表格如表 9，並確認欲整合之目標系統為本流程之第一步驟。

表 9. 問題描述

5W1H1G 之方法	說明
1. What is problem? (sore point)	登山時除了登山杖之外，還必須攜帶其他工具，如指南針、手電筒、打火機...等，造成登山客攜帶困難。
2. When was it happened?	登山時。
3. Where is it found?	高山上。
4. Why?	避免登山發生危險。
5. Who?	登山客。
6. How was it happened?	登山客除了要拿登山杖外，還要拿手電筒、打火機等工具，如果在緊急情況下，可能會造成危險。

(二) 產生想法

本階段會透過 9/12 宮格分析與情境分析辨識出與目標系統有整合機會的系統，此兩項工具在此的用處為判斷哪些系統可以在策略中作為整合的對象，且在實用上是具有意義的。

表 10. 9/12 宮格分析

	Past	Present	Future
Super system		雜草、樹枝、障礙物(切割) 猛獸(防身)、太陽(遮陽) 帳篷(支撐)	人 階梯(支撐) 平地
System		登山杖(防身、支撐)	磨損的登山杖(防磨損拐杖)
Sub-system	鈦合金 橡膠	杖柄(握持) 杖身(支撐) 防磨損軟栓(防磨損)	磨損的橡膠 磨損的杖身
Neg/Alt-system			

我們經由 9/12 宮格與情境分析可辨識到許多可能的機會，事實上，我們能從中找出許多組合，本研究所舉的例子只是其中一個。在我們辨識機會後，經過各方的觀察，考量兩兩系統之間親合度較大的元件，例如本研究提出親和力的六大構面中較重要的，親和度判斷可參考後述表 12。在眾多選項中我們再根據可能性，選擇較接近的系統。因此在基於系統限制的考量下，根據成本、資源的限制、以及產品發展的可行性，以及使用者對於登山杖使用便利性的現實考量因素，不宜整合過多系統，以免重量過重，最後選擇手電筒、打火機以及瑞士刀與登山杖，進行多系統整合。由於有不同組合的可能性，我們在後續的研究中，會更進一步去統整，並嘗試將眾多組合做系統化的分類。

(三) 功能分析

根據產生想法之內容，對欲整合之系統進行功能分析，進行功能分析前需進行各系統元件拆解與功能敘述表，完成本案例的功能分析圖，如圖 9 所示。

(四) 元件關係矩陣

本階段根據功能分析所列之元件，應用先前所述元件關係模型之內容以產生各元件相互量化訊息，登山杖、打火機、手電筒與瑞士刀之元件，經過確認、

量化後產生功能匹配性、時間相容性、空間相容性、物質相容性、元件連結距離以及產品階層考量矩陣，並透過公式 1 結合 6 個矩陣之訊息，其給予之權重 W_F 、 W_T 、 W_S 、 W_M 、 W_H 、 W_L 皆為 1/6 本案例之元件關係矩陣(表 12)。

(五) 分群枝狀圖

根據元件關係矩陣(表 12)建立本案例之分群枝狀圖，本案例分群枝狀圖如圖 10 所示。根據本研究所提出之流程於最高可切割處設置切割線，直到 0.32 至 0.37 間之階層產生整合群整合成功如圖 11 所示，分別為{打火機按壓部,手電筒控制鍵}、{噴嘴基座,打火機燃料室,登山杖杖身,手電筒握柄,手電筒燈座,瑞士刀工具組,登山杖杖柄,瑞士刀握柄,螺栓,瑞士刀鑰匙圈}，並將未組成群組的獨立元件(電池、打火機燃料、防震軟栓、燈泡組、火花產生系統、打火機噴嘴)移出分群枝狀圖。根據群組內之元件提出挑戰性問題：

(1) 打火機按壓部與手電筒控制鍵是否能整合成一個元件？

(1.1) 如何讓打火機按壓部控制燈泡組？

(1.2) 如何讓手電筒控制鍵控制火花產生系統？

➤ 根據許棟樑 (2011)使用跟裁剪有關的發明原則中，發明原則編號 2、3、5、6、20、25 及 40 可供使用，故案例使用發明原則編號 5.整合/合併，將相似/相同的作業或功能結合或放在一起。「打火機按壓」部與「手電筒控制」鍵皆為控制主要系統的裝置，其功能相同可整合一個開關裝置控制「火花產生系統」與「燈泡組」，如圖 12 所示。減少元件數量為 1、功能特徵轉移數為 1，轉移功能為控制火花產生系統至控制鍵。

(2) 噴嘴基座、打火機燃料室、登山杖杖身、手電筒握柄、手電筒燈座、瑞士刀工具組、登山杖杖柄、瑞士刀握柄、螺栓、瑞士刀鑰匙圈是否能整合成一個元件？

➤ 群組內元件過多且功能、外型差異甚大無法整合。

移出成功整合群與獨立元件後，並將下一階層(0.47 至 0.52)設立切割線如圖 13 所示，產生之整合群為{噴嘴基座,打火機燃料室,登山杖杖身,手電筒握柄,手電筒燈座,登山杖杖柄,瑞士刀握柄}，並將獨立元件螺栓、瑞士刀鑰匙圈、瑞士刀工具組移出分群枝狀圖。根據群組內之元件提出挑戰性問題：

(1) 噴嘴基座、打火機燃料室、登山杖杖身、手電筒握柄、手電筒燈座、登山杖杖柄、瑞士刀握柄是否能整合成一個元件？

➤ 群組內元件過多且功能、外型差異甚大無法整合。

向下一階層(0.52 至 0.58)設立切割線如圖 14 所示，產生整合群為{噴嘴基座,打火機燃料室,登山杖杖身,手電筒握柄}、{登山杖杖柄,瑞士刀握柄}，並將獨立元件打火機噴嘴、手電筒燈座移出分群枝狀圖。根據群組內之元件提出挑戰性問題：

(1) 噴嘴基座、打火機燃料室、登山杖杖身、手電筒握柄是否能整合？

(1.1) 登山杖杖身如何容納燃料、火花產生系統？

觀察到登山杖杖身內部的空間可以應用，內部的空間來容納燃料、火花產生系統。如圖 15 所示，將「登山杖杖身」實心的部分轉為空心用來容納「電池」、「火花產生系統」與「燃料」取代「電筒握柄」與「打火機燃料室」之功能。

(1.2) 登山杖如何固定噴嘴、燈泡組？

➤ 根據許棟樑 (2011)使用與裁剪有關的發明原則中，發明原則編號 2、3、5、6、20、25 及 40 可供使用。故案例使用發明原則編號 3.區域性質/局部品質(Local Quality)，如圖 16 所示，將杖身固定噴嘴、燈泡組的部位使用耐熱金屬材料，減少燈泡與火焰的熱度影響杖身。

➤ 減少元件數量為 4、功能特徵轉移數為 6，轉移功能至杖身為容納電池、容納火花產生系統、容納燃料、固定燈泡組、固定噴嘴、固定控制開關。

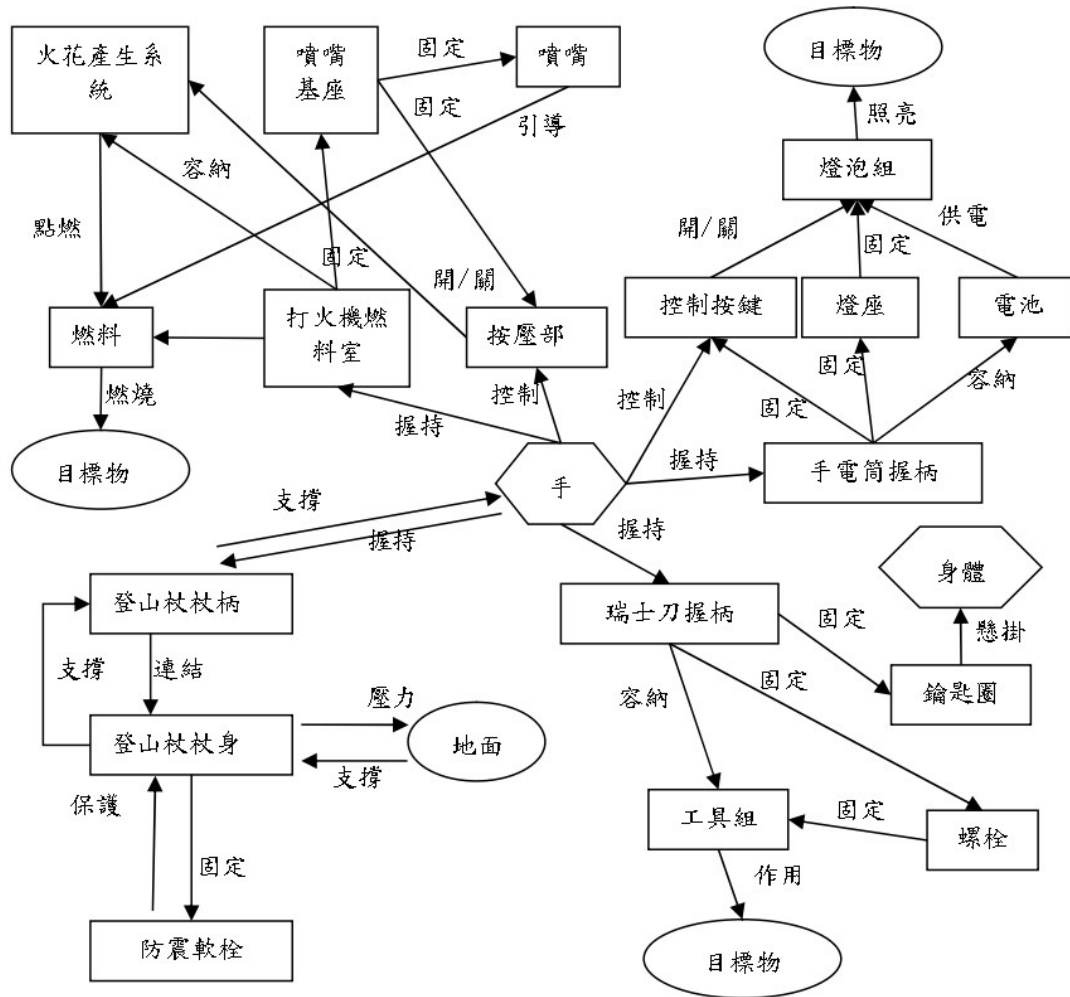


圖 9. 功能分析圖

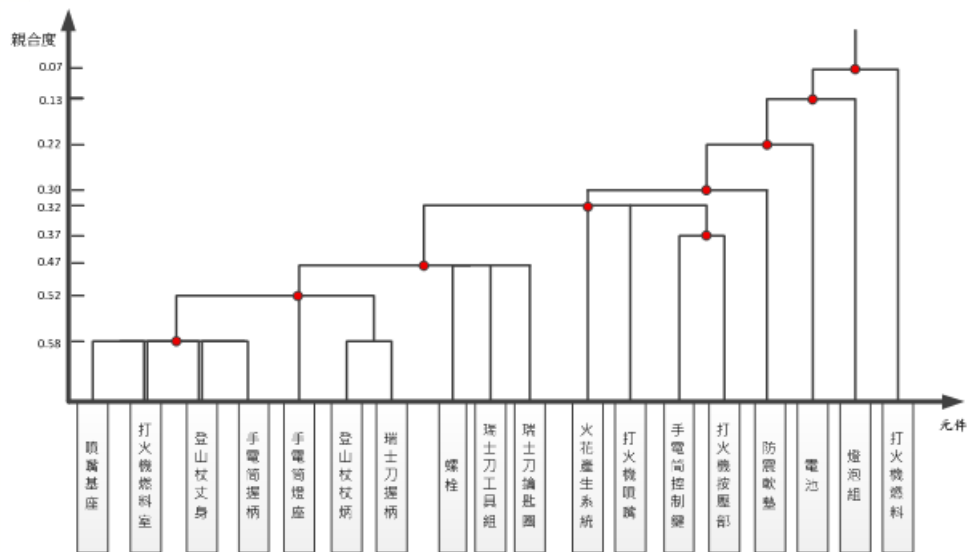


圖 10. 分群枝狀圖

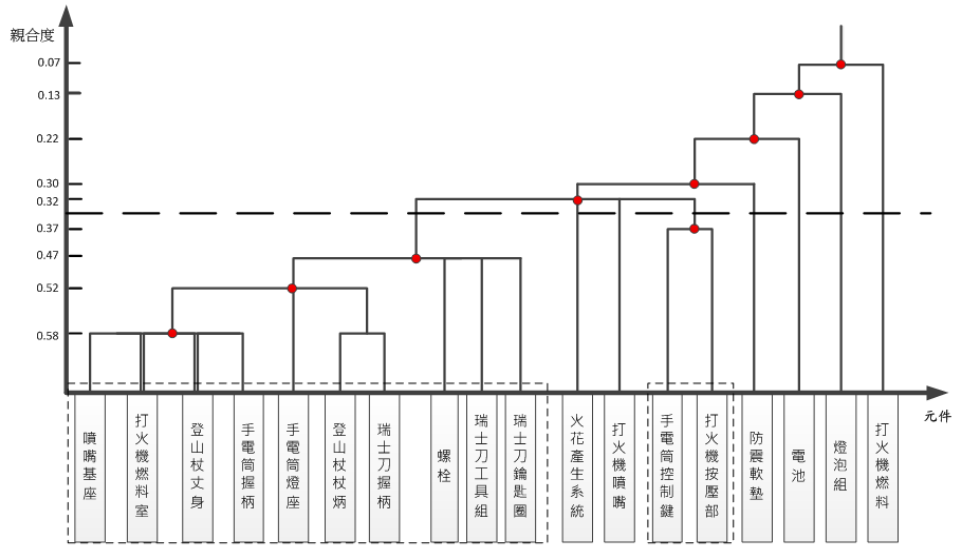


圖 11. 分群枝狀圖(0.32 至 0.37)



圖 12. 打火機按壓部與手電筒控制鍵整合圖

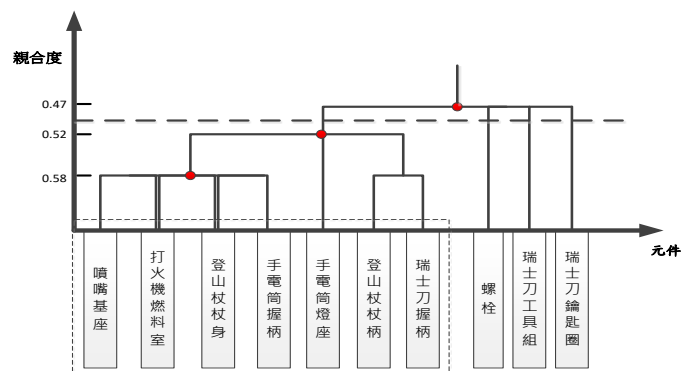


圖 13. 分群枝狀圖(0.47 至 0.52)

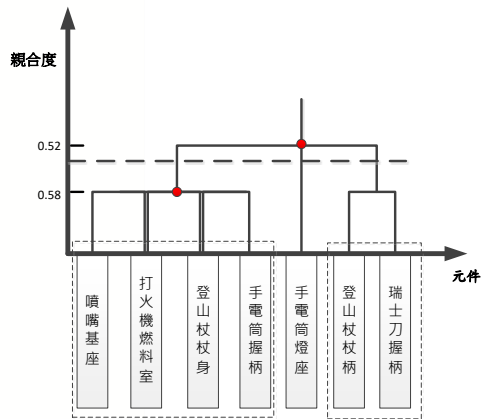


圖 14. 分群枝狀圖(0.52至0.58)



圖 17. 登山杖杖柄、瑞士刀握柄整合圖

- 減少元件數量為 1、功能特徵轉移數為 2，轉移功能至杖柄為容納工具組、固定螺栓、鑰匙圈。



圖 15. 打火機燃料室、登山杖杖身、手電筒握柄整合圖

(六) 最後解答

本案例利用分群枝狀圖找出親和度高的元件群組，透過整合元件來減少元件總數，並透過功能分析圖顯示其結果。總元件數量從 18 個降至 12 個，元件刪除數量為 6，功能特徵轉移數為 9，本案例效益評估表如表 11 所示。如圖 18 所示，為整合後的設計藍圖。

表 11. 效益評估表-多功能登山杖

Item	Before	After	Improvement (%)
元件之總數量	18	12	$(18-12)/18=0.33\%$
元件刪減數量	-	6	-
特徵轉移數	-	9	-

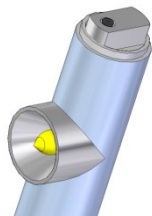


圖 16. 登山杖固定噴嘴、燈泡組後圖

(2) 登山杖杖柄與瑞士刀握柄是否能整合成一個元件？

(2.1) 如何讓登山杖杖柄容納工具組？

- 找到登山杖杖柄內部的空間可以應用，內部的空間來容納工具組。「登山杖杖柄」與「瑞士刀握柄」的外型皆為長條圓柱且單手可握，可將「登山杖杖柄」實心部分挖空，取代「瑞士刀握柄」容納「工具組」的功能，如圖 17 所示，使「杖柄」與「瑞士刀工具組」形成組件，並刪除「瑞士刀握柄」。

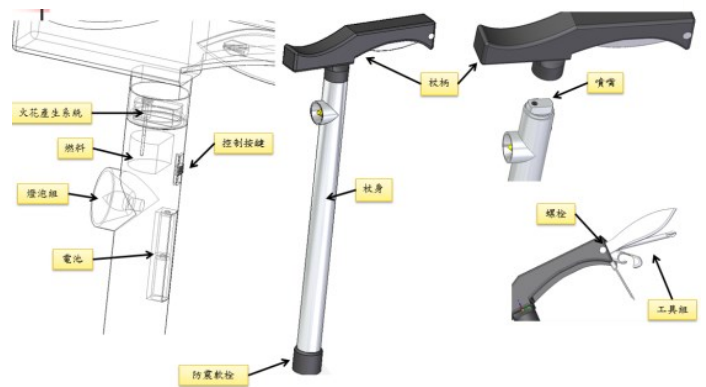


圖 18. 整合後設計藍圖

表 12 元件關係矩陣

	噴嘴 基座	火花 產生 系統	燃料	打火 機燃 料室	按壓 部	手電 筒握 柄	電池	燈座	燈泡 組	控制 按鍵	工具 組	螺栓	瑞士 刀握 柄	鑰匙 圈	防震 軟栓	登山 杖杖 身	登山 杖杖 柄
噴嘴	0.30	0.22	-0.03	0.32	0.23	0.15	-0.02	0.15	-0.02	0.15	0.32	0.32	0.15	0.32	0.15	0.15	0.15
噴嘴基座	-	0.23	0.07	0.58	0.23	0.32	-0.02	0.43	0.03	0.20	0.20	0.32	0.48	0.20	0.20	0.48	0.48
火花產生系統		-	0.07	0.32	0.13	0.15	-0.02	0.15	-0.02	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
燃料			-	0.07	-0.03	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
打火機燃料室				-	0.32	0.52	0.13	0.43	0.03	0.20	0.20	0.32	0.42	0.20	0.20	0.58	0.42
按壓部					-	0.15	-0.02	0.15	-0.02	0.37	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
手電筒握柄						-	0.22	0.52	0.13	0.30	0.20	0.32	0.48	0.20	0.20	0.58	0.48
電池							-	0.22	0.00	0.08	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	0.13	-0.02
燈座								-	0.07	0.32	0.15	0.27	0.43	0.15	0.15	0.43	0.43
燈泡組									-	0.07	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
控制按鍵										-	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
工具組											-	0.47	0.30	0.47	0.20	0.20	0.35
螺栓												-	0.47	0.47	0.20	0.32	0.32
瑞士刀握柄													-	0.30	0.48	0.58	
鑰匙圈														-	0.20	0.20	0.20
防震軟栓															-	0.30	0.30
登山杖杖身																-	0.52

六、結論

本研究提出基於萃智的多系統整合之裁剪流程，結合分群枝狀圖找尋利於整合元件群組，整合不同的系統為一創新的產品，透過整合元件來有效地減少產品元件，幫助使用者產生整合性創新產品的概念之目的。本研究貢獻如下：

(1) 提出多系統整合之裁剪流程在目標產品結構為極簡時可整合多系統形成一個複雜大系統，透過刪除大系統內的元件使

其成為簡潔的系統，但元件數卻比原來各小系統加總元件數大幅減少，但主要功能(Main Function)維持不變。

(2) 提出數理手法來評估多系統中利於整合的元件

群組，以提供使用者整合元件的優先序。

- 以改善過去裁剪僅使用在單一系統。
 - 導入數理手法改善過去評估依賴主觀或邏輯推論。
- (3) 建立多系統整合模型表，可根據使用者的專業知識以查詢相關對照表，避免使用者因為領域的差異而無法辨識元件間的關係。

參考文獻

- 許棟樑(2014)。萃智創新工具精通：上冊(三版)。新竹：亞卓國際顧問股份有限公司。(Sheu, 2014)
- Sheu, D. D. (2009). Translation of “Hands-on Systematic Innovation”, Darrell Mann, IFR Consulting. (In Chinese). Ch. 19.
- 周孚茂(2004)。構件整合環境下之次組裝識別模型。國科會專題研究報告(編號：NSC93-2213-E-211-004)，私立華梵大學工業管理學系。(Chou, 2004)
- 林芸蔓(2010)。基於萃智的電腦輔助之裁剪流程與工具(碩士論文)。國立清華大學，新竹市。(Lin, 2010)
- 林芸蔓、許棟樑(2011)。基於萃智的電腦輔助修剪流程與工具。大中華系統性創新研討會暨第三屆中華系統性創新學會年會，大葉大學。(Lin & Sheu, 2011)
- 劉榮庭(2008)。使用萃智工具及價值工程於產品簡約設計方法之研究(碩士論文)。國立清華大學，新竹市。(Liu, 2008)
- Lee, S. (1994). Subassembly identification and Evaluation for Assembly Planning. *IEEE transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 24(3).
- Li, Q., Cao, G., Guo, H. & Yu, J. (2009). Product Integrated Innovation Based on Function. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 304, 59-69.
- Mann, D. (2007). *Hands on systematic innovation*. CREAX press.
- Wang, W. & Ma, Y. W. (1997). Combining Innovation for Product Development: Theory and Case Study. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 11(Supp 1), 39-44.

Autobiography

許棟樑目前台灣清華大學工業工程與工程管理系教授。中華系統性創新學會 創會理事長，國際製造工程學會中華民國分會理事、教育訓練中心主任，國際系統性創新期刊主編。美國加州大學洛杉磯分校工程博士、資訊碩士，西北大學企管碩士，台灣大學機械學士。9年業界、20年學界工作經驗。曾服務於美國電子業 Motorola 及 Hewlett-Packard 多年。研究領域包括：創新工程與管理，設計與製造管理，電子廠診斷與改善，及半導體設備管理。

何珈霖 2011年於國立清華大學工業工程所 碩士畢業。研究領域為系統化創新工程。目前是 東哲工業股份有限公司的管理師。

References

- Chou, F. M. (2004). The Subassembly Identification Model for Component Integration (NSC Project Report: NSC93-2213-E-211-004). Department of Industrial Engineering and Management Information, Huafan University, Taiwan.
- Lin, Y. M. (2010). *TRIZ-based Computer-aided Trimming Process and Tool* (Master's thesis). National Tsing Hua University, Taiwan. (In Chinese)
- Lin, Y. M. & Sheu, D. L. (2011). TRIZ-based Computer-aided Trimming Process and Tool. The 2011 Greater China Conference on Systematic Innovation (January 15, 2011), Dayeh University, Taiwan.
- Liu, C. T. (2008). *A Study of Product Trimming Using TRIZ and Value Engineering* (Master's thesis). National Tsing Hua University, Taiwan. (In Chinese)
- Sheu, D. L. (2014). *Mastering TRIZ Innovation Tools: Part I*. Hsinchu: Agitek International Consulting, Inc. (In Chinese)
- Hipple, J. (2010). *Topic of the Month : Trimming and System Integration : A Breakthrough in the Metal Cutting Business*. Available from [http : //www.innovation-triz.com/newsletter/2010/2010-10-28_Trimming.html](http://www.innovation-triz.com/newsletter/2010/2010-10-28_Trimming.html)
- Lee, S. & Shin, Y. (1993). Assembly Co-planner co-operative assembly planner based on subassembly extraction, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 4, 183-198.
- Lee, S. & Wang, F. (1993, May). *Physical Reasoning of Interconnection Forces for Efficient Assembly Planning*. IEEE International Conference on Robotics and Automation, 307-313.