

應用萃思理論 (TRIZ) 與層級分析法 (AHP) 發展綠色創新決策模式

杜瑞澤 陳炫助 管倖生

國立雲林科技大學設計學研究所

摘要

由於科技進步產業發達，人類在享受多樣的消費商品與商品使用的便利性，但也造成環境的高度污染，近幾年來人們開始對環境有所反思，逐漸的對綠色環保意識的重視，許多企業紛紛開始思考，如何在商品與環境之間，取得平衡點，因此「綠色創新設計」的觀念逐漸受各界重視。本研究主要以結合萃思理論 (Theory of Inventive Problem Solving, TRIZ) 與層級分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP)，以歐萊德 O'right 的綠色產品「瓶中樹」為個案研究，藉由萃思理論 (TRIZ) 與環境效率要素，定義出產品問題，並找出綠色創新原則，搭配層級分析法 (AHP)，在多準則的決策下，找出最佳創新方案，證明本研究創新方法的可行性。

本研究共分成三階段實驗：第一階段資料蒐集，經文獻探討與焦點團體討論，共分出三項綠色產品開發策略構面：綠色材質、環境安全與費用。第二階段資料對應，對應 TRIZ 的矛盾矩陣表中的 39 工程參數對應，並得到創新原則。第三階段為決策權重，將前階段資料透過專家問卷，以九點評量表的方式，並獲得目標、次評估準則、細項之各構面關係的權重模型。最後以綠色產品進行驗證，對 30 位專家與消費者施以問卷調查，以描述性統計與 ANOVA 分析並獲得一致性的認同。本研究以 TRIZ 理論應用於綠色產品設計策略，並提出綠色創新法則，根據多準則決策評價下的最佳選擇創新方案。因此在以綠色企業經營角度下思考，建立綠色產品策略與評價，由綠色材質、環境安全與費用探討各層級權重，本研究所產生的綠色創新決策模式，將可提供產業之應用與後續學者研究之參考。

關鍵詞：萃思理論、層級分析法、綠色創新、綠色產品

I. 前言

1.1 研究背景與動機

近世紀人類排放了過量二氧化碳等氣體至大氣層中，造成全球暖化、過度的溫室效應，使得冰河及極地冰帽融化、洋流和氣候改變及海平面升高。專家預估，若世界各國不能在 2015 年前阻止大氣中的二氧化碳濃度突破 450ppm，那麼 21 世紀末全球溫度將較 1990 年代再上升攝氏 2 度，屆時將會有數十億人口因水源枯竭而面臨資源危機，正如美國前副總統高爾在「不願面對的真相」(An Inconvenient Truth) (張瓊懿譯, Gore 著, 2007) 與台灣紀錄片「正負 2 度 C」影片 (陳文茜, 2010) 所提及的狀況，讓人們目睹且感受氣候變遷可能造成的災難，原本或許覺得事不關己的一般大眾，也開始留心起全球暖化議題了。因此，在諸多環境訊息的警示下，企業與消費者開始思考「可以怎麼做？」的

問題。長遠來看，尋找「減少能源的消耗」及「替代能源」，是產業必須面對挑戰，也是對環境保護的機會點。

過去以環境保護為出發點所開發的綠色產品往往都是曇花一現、叫好不叫座，對於消費者而言，因為售價偏高，常有不易被接受的窘境，對企業而言也因為開發成本也讓人望之卻步，而導致於較著重在產品的效能研發和成本控制上，相對在產品後續的回收利用上顯得關切的較少，因此在環境污染日益嚴重的狀況下，歐美國家已實施環保法，減少產業對環境的影響。例如，歐盟率先執行廢電子電機設備法令 WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment Directive)，危害性物質限制法令 RoHS (Restriction of Hazardous Substances Directive) 以及能源使用產品生態化設計法令 EuP (Energy Using Product)、ErP (Energy-using Products/ Energy-related Products) 等等，所以對於環境生態的維護，不僅是世界環境組織與政府法令規範、

企業社會責任、更是所有人類所需共擔的責任。為了確保有效的綠色產品開發，企業必須針對目標 (Goal) 要求，激發出正確的綠色創新概念，將其轉換為成功的綠色產品，在產品開發與決策期間更要廣泛審視各種可能發生的問題，並且真正解決問題，以符合綠色環保趨勢。

近幾年來國內外產業界經常使用一創新問題解決理論—萃思理論 (TRIZ)，它是一個有系統性的創新概念方法，能解決產品在發展過程中的矛盾與衝突問題、減少試誤造成問題並找出適當的解決方法。為了瞭解創新方案中，在多重準則的考量下，找出哪一方方案才是符合現況需求的最佳選擇，透過的層級分析法 (AHP)，在產品開發過程中，將決策因素依權重抽離出來，提供綠色創新方案的決策參考使用。因此，本研究透過綠色創新概念並結合創新理論方法 (TRIZ, AHP)，進行綠色創新方法與決策模式研究。

1.2 研究目的

本研究藉由個案研究方式，探討企業在政策與製造的流程下，瞭解該個案對於經營策略與生產製造時產生的矛盾問題，透過萃思理論 (TRIZ) 為基礎，進行多層級分析法 (AHP)，處理複雜多重準則的決策，找出對環境的最佳永續產品設計方案決策。設計師透過創新的方法和工具，將產品設計問題轉換成友善的生態設計 (eco-friendly designs)，藉由綠色產品的使用改善環境，提供對環境友善的體現，並考驗企業的社會責任與消費者對環境認知問題 (Karlsson and Luttrupp, 2006; Knight and Jenkins, 2009; Dangelico and Pontrandolfo, 2010)。本研究希望藉由TRIZ理論與AHP方法達到以下四項目的：

1. 探討本研究案例的綠色產品問題定義與萃思理論所對應的矛盾工程參數。
2. 對應綠色產品的環境效率要素與TRIZ矛盾參數，產生的綠色創新法則。
3. 根據綠色創新法則，提出創意設計方案。
4. 建立創意方案的決策層級準則與權重。

綜合上述，本研究目的在於綠色創新設計方法應用與決策模式建立，結論將提供後續學者研究參考。本研究的範圍與限制上，可歸納為後述兩點：第一為企業生產製造部分，在整個產品生命週期是相當廣闊，從原料、製造、運送、使用與回收等五個部份，本次的研究範圍，將集中在原料、製造的產品決策與永續產品設計為探討目標。第二為消費者部分在綠色產品使用後續回收狀況，如何有計畫的營造永續生態環境，在運送、使用與回收部分本階段研究將不做探討。

II. 文獻探討

2.1 綠色設計

綠色設計 (Green Design) 思維最早提出是在20世紀60年代，美國設計理論家威克多·巴巴納克(Papanek, 1985) 在他出版的「為真實世界而設計」(Design for the real world) 中，強調設計應該認真考慮有限的地球資源使用，要為保護地球環境而設計。學者杜瑞澤 (2002) 在「產品永續設計-綠色設計理論與實務」一書中指出：「綠色設計」本身的涵義就是由「環境」來決定產品設計的方向，環境考量在產品設計開發中是和產品利益同等的重要地位；綠色設計的相關術語眾多，其所代表的涵義與範圍各不相同，在國際上較常用的術語可包含有：Eco設計 (Eco Design)、永續設計 (Sustainable Design, SD)、生態設計 (Ecological Design)、環境化設計 (Design for Environment, DfE)、生命週期設計 (Life Cycle Design, LCD) 等等名稱。

綠色設計代表著人們對於現代科技文化所引起的環境及生態破壞的反思，同時也反映對道德與社會責任心的回歸。綠色設計的中心思想為「生命週期設計」(Life Cycle Design, LCD)，「綠色設計」與「傳統設計」的根本區別，在於綠色設計構思階段強調降低能源消耗、易於組裝拆卸使產品或材料能再生使用以減緩對自然環境及生態平衡的破壞，強調產品的性能和成本的考量均列入同等的重要設計指標，學者Tu (1998) 提出產品設計各環節相關的綠色產品設計評估原則，企業可以透過綠色創新增加生產力，改善企業形象，發展新市場以及增加競爭優勢 (Hart, 1995; Petts, 1998)。

從德國布朗嘉 (Braungart, 2002) 在「從搖籃到搖籃」(Cradle to Cradle) 一書中提出的綠色經濟的概念更為積極，不再是一點一滴彌補工業革命的傷害，而是邁向「下一波工業革命Next Industrial Revolution」，新的工業系統必須謙卑的向大自然學習，在大自然裡，根本沒有廢棄物這個概念，所有東西基本上都是養料，都可以回歸土壤。如「綠色資本主義—創造經濟雙贏的策略」一書 (吳信如譯, Hawken 著, 2002) 所提到，二十一世紀是「環境世紀」，師法自然、順其自然的循環。布朗嘉指出，地球上兩個獨立的新陳代謝系統，涇渭分明，絕不相混。一個是生態圈的生物新陳代謝：自然循環；另一是工業新陳代謝：工業循環。一個產品若來自於自然界，在生命週期結束時回歸自然界分解，成為生態圈的養料；但是很多工業產品，本來就不可能自然分解，如電視機、電腦、汽車，就應封閉在工業循環內，回收再製，成為有價值的工業養料繼續使用如果從製造設計之初，就考慮不同原料最後將進入不同的循環，則材料不但可以保持原有的性質，甚至可以做到升級回收



(upcycling)。布朗嘉斬釘截鐵的說「有廢棄物產生，就代表設計的失敗」。

因此，在設計師必需結合創新方法與永續環保的觀念，重新定義對環境友好的永續產品設計，準備好下一波的工業革命「綠色革命」。Holt (1988) 認為，創新是一種應用新的、有用的相關知識或關鍵資訊，創造或引導出有用東西的過程。企業為了要維持競爭優勢、回應環保的壓力，開始採取產品、製程與服務技術的改善，企求在未來的環保趨勢中取得先機。黎 (2000) 定義創新設計為「在設計的过程中所使用的方法、零組件與生產方式等是前所未有的設計」但現在對於創新一詞有更廣泛的定義，就是包含所有技術上的改變過程都可以稱做創新 (Cook, 2001)。本研究以綠色創新觀念，結合萃思理論 (TRIZ) 與層級分析法 (AHP) 的方法應用，建立創新方法與決策模式，使得綠色產品能降低環境衝擊與提高市場價值。

2.2 萃思理論

萃思理論 (TRIZ) 方法是由蘇聯學者 G. S. Altshuller 於 1946 年代研究了四十餘萬件專利案件後，所整理歸納出的理論方法。TRIZ 是 TIPS (Theory of Inventive Problem Solving) 的俄文同義字，意思是解答發明問題的方法，因此又稱為發明問題解決理論，國內學者稱之「萃思理論」，在後續敘述上，本文將萃思理論簡稱為 TRIZ。1991 年 TRIZ 文章正式發表於美國，1997 年引進日本，約 2000 年左右國內學者引入台灣產業與學界。近五十年來，G. S. Altshuller 與他的團隊，提出很多發明創新之問題分析工具與解題工具，一般泛稱為 TRIZ 技法。例如 39 矛盾矩陣 (Contradiction Matrix)、40 創新原理 (Inventive Principle)、76 標準解決方法 (Standard Solutions)、物質場分析 (Su-Field Analysis)、創新問題的演算法 (ARIZ)、技術系統的演進規則 (Patterns of Evolution)、科學效應 (Effects) 等等方法。目前 TRIZ 方

法已漸為世界各國所重視，紛紛為工業界採用，例如：美國克萊斯勒公司、福特公司、通用公司、全錄公司等，也受學術界理論研究所引用。

本研究使用 TRIZ 矛盾矩陣 (Contradiction Matrix)、創新法則 (Inventive Principle) 為方法 (Altshuller, 1996, 1999; Domb, 1998; Terninko et al., 1998)。矛盾矩陣是由大量的專利推演而來，將每個專利所遭遇的問題與解決方法作完整的分析與類比推演。圖 1 為 TRIZ 理論解決問題流程，首先將一般問題轉換定義成工程參數問題，再藉由欲改善之參數與避免惡化的參數，在 39×39 參數矩陣中，對應出矛盾參數，並產生出創新原理。該矩陣分別在縱向、橫向各配置 39 個工程參數 (Engineering Parameter)，縱向的是「欲改善的參數 (Improving Parameter)」，橫向的是「欲避免惡化的參數 (Worsening Parameter)」，這些工程參數共形成 1521 種組合，每一個組合代表兩種工程參數所產生的矛盾，在表格中 # 字號表示，即為 TRIZ 創新法則，如表 1 所示。

Savransky (2000) 認為 TRIZ 方法是一種以人類知識為基礎的解答發明問題之系統方法。TRIZ 是個系統化方法，並著重在概念設計階段，沒有細部的具體設計。學者陳 (2006) 也指出，在設計發展階段，創新法則也有由抽象到具象與發散到收斂性的屬性應用。所以學者 Hua (2006) 等人整理相關將 TRIZ 結合其它設計方法如品質機能展開 (QFD)、失效模式與影響分析 (FMEA)、穩健設計 (Robust Design) 等等文獻應用與研究。Liu (2001) 在提出在資訊不明的狀況下，解決系統矛盾的問題—單一參數方法，王 (2002) 也引用其方法來解決空矩陣問題。Mann (1999, 2001, 2002, 2003, 2004) 提出新的矛盾矩陣方法，應用於不同領域，例如 Business Matrix、software Matrix、Eco-innovation、Biological Matrix 及 Nano-technology Matrix 等等研究發展應用。

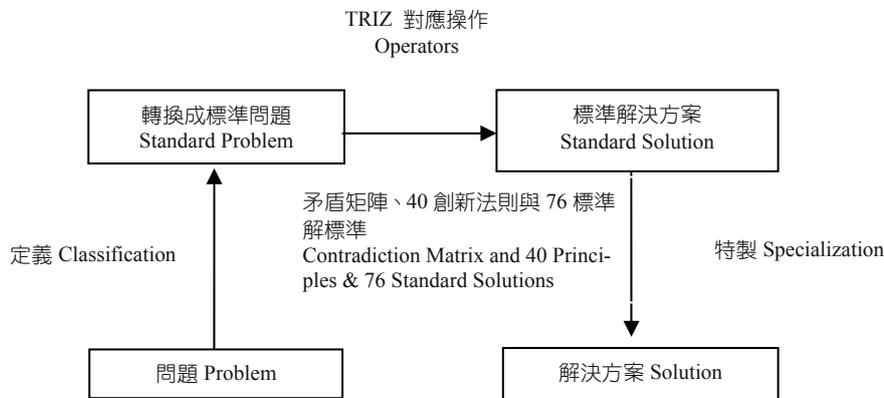


圖 1 TRIZ 理論解決問題流程

表1 TRIZ矛盾矩陣表Contradiction Matrix

避免惡化參數 (WP)	21	22	23	
欲改善的參數 (IP)
...	功率 Power	能量的耗損 Loss of Energy	物質的耗損 Loss of substance	...
16	禁止物體耐久度 Duration of action by stationary object	#16	#27, #16, #18, #38	
17	溫度 Temperature	#2, #14, #17, #25	#21, #17, #35, #38	#21, #36, #29, #31
18	亮度 Illumination intensity	#32	#13, #16, #1, #6	#13, #1
...				

備註：# 符號表示創新法則

在綠色設計的文獻應用上，Low (2000) 嘗試將TRIZ 工具結合到綠色創新上並提出產品服務概念。Jones (2000, 2001) 等人分別將綠色設計與創新設計兩者整合應用於綠色創新。Kobayashi (2003) 利用矛盾矩陣作為產生產品生命週期計畫的評斷工具。Chang與Chen (2003) 整理了四十創新法則相應的綠色創新產品。張 (2004) 結合TRIZ、可拓方法與專利迴避設計，提出一系列的整合設計流程，協助設計者開發低環境衝擊與高創新價值的產品。Chen (2002) 提出將理想定理 (Ideality laws) 與綠色演進規則 (Green Evolution Rules) 應用於綠色創新上，協助設計者開發產品與預測未來新產品的走向。Yen與Chen (2005) 提出了整合了失效模式與影響分析方法。劉與陳 (2003) 探討TRIZ 工程參數與環境參數的關連，並與改良的綠色創新設計方法整合，得到以產品生命週期階段觀點提出改良之綠色創新設計方法。Justel (2005) 利用TRIZ 技術系統的演進規則推演拆卸的聯合參數。劉 (2003) 與張 (2004) 將世界永續發展協會 (World Business Council for Sustainable Development, WBCSD) 公佈的七個環境效率要素 (Eco-Efficiency Element) 與TRIZ矛盾矩陣中的工程參數達結對產品作綠色創新設計。世界企業永續發展委員會 (WBCSD) 指出，企業在開發產品、改變製程或採取與環境相關的行動時，應考慮環境效率的七個要素：

1. 減少商品和服務的原料密集度 (Reduce the material intensity of its goods and services)。(material)
2. 減少商品和服務的能源密集度 (Reduce the energy intensity of its goods and services)。(energy reduction).
3. 減少有毒物的擴散 (Reduce the dispersion of any toxic materials)。(toxicity reduction).
4. 提高原料的可回收性 (Enhance the recyclability of its materials)。(material retrieval).
5. 使可更新的資源達到最極限的永續使用 (Maximize the sustainable use of renewable resources)。(resource sustainability).

tainability).

6. 延長產品的耐久性 (Extend the durability of its products)。(product durability).
7. 加強產品和服務的服務性 (Increase the service intensity of its goods and services)。(product service).

表2 WBCSD環境效率要素與TRIZ工程參數對應表。

WBCSD 環境效率要素	TRIZ 工程參數
A. 減少商品和服務的原料密集度 (material)	1-8, 12, 14, 23, 26, 32, 39
B. 減少商品和服務的能源密集度 (energy reduction).	1, 3, 5, 7, 17-22, 33, 39
C. 減少有毒物的擴散(toxicity reduction).	13, 23, 26, 28, 31
D. 提高原料的可回收性(material retrieval).	9-11, 28, 29, 32, 36, 38
E. 使可更新的資源達到最極限的永續使用(resource sustainability).	14, 30, 34
F. 延長產品的耐久性 (product durability).	13-16, 27, 30, 33-37
G. 加強產品和服務的服務性 (product service).	9, 15, 16, 24, 25, 27, 33-39

資料來源：劉 (2003)、張 (2004)，本研究改編

本研究以TRIZ系統式的創新理論與方法，納入七個環境效率要素，產生新的TRIZ環保參數配置，在第4.1與4.2章節，進行問題定義、將矛盾參數矩陣對應並產生創新法則，創新法則將提供後續章節創意方案設計使用。

2.3 層級分析法

層級分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 為Saaty (1977, 1980) 所提出。人進行決策時，會針對問題，提出若干可做為判斷依據的選擇項目，定義其重要性，形成項目間的階層體系，並運用成對比較的方式，逐一建立這些項目的，再據此綜合做出較佳的決定，AHP 法是一種多準則決策方式 (Multicriteria decision making technique) 特別是在處理複雜多重準則的決策，決策者針對問題訂定總目標，根據目標發展出準則及次準則反覆直到最後一層準則，建構完成後藉由1-9個尺度進行成對比較 (Saaty, 1990)，求出特徵向量 (eigenvector) 作為各準則之間的權



重，最後經過綜合加權求得整體的優先順序 (Kamal, 2001; Lipovetsky S. and Michael C. W., 2002; Mohammed I., 2002)，如表3所示。

表3 AHP 評估尺度意義及說明

評估尺度	定義	說明
1	同等重要 (Equal Importance)	等強 (Equally)
3	稍重要 (Weak Importance)	稍強 (Moderately)
5	頗重要 (Essential Importance)	頗強 (Strongly)
7	極重要 (Very Strong Importance)	極強 (Very Strong)
9	絕對重要 (Absolute Importance)	絕強 (Extremely)
2, 4, 6, 8	相鄰尺度之中間值 (Intermediate values)	需要折衷值時

AHP 法進行決策問題時 (Saaty, 1980)，主要包括以下三個步驟：

1. 步驟一：建立各層之成對比較矩陣。

當建構好層級結構後，必須進行每一層級內各指標間的成對比較，若有n個要素時，則必須進行n(n-1)/2次「成對比較」。成對比較的結果，將以矩陣的方式儲存，稱為「成對比較矩陣」在建立完成後，利用它的特徵向量求取同一層級間各指標間的相對權數。如公式 (1)。

$$A = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{in} \\ \vdots & \vdots & 1 & \vdots \\ 1/a_{jn} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

2. 步驟二：求取最大特徵向量及特徵值。

根據成對比較矩陣，可求出最大特徵所對應的特徵向量，即權重分配與求算最大特徵值 λ_{max} ，如公式 (2), (3)。

$$\bar{A}w = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\bar{A}w = \lambda_{max} \times w \quad (2)$$

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \left[\frac{w_1}{w_1} + \frac{w_2}{w_2} + \dots + \frac{w_n}{w_n} \right] \quad (3)$$

3. 步驟三：一致性檢定

當特徵值不再等於n時，可用 λ_{max} 與n差異程度做為衡量專家判斷前後的一致性標準，此過程稱為一致性檢定。Saaty 建議以一致性指標 (Consistency Index, CI) 與一致性比率 (Consistency Ratio, CR) 來判斷矩陣的一致性。因此在C. R.值在小於0.1 時，其矩陣之一致性程度是很高的，如公式 (4), (5) 所示。

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I} \quad (5)$$

4. 步驟四：選擇最佳的決策方案

在計算各層級因素間的權重後，再彙總每個替代方案的整體權重值，以求得決策者對各方案的重要性排列。整體權重值的計算為將層級架構中同一條路徑 (從目標至選擇方案) 的權重值相乘並加總所有與選擇方案相連路徑的權重值，以求得決策者對各方案的重要性排列。其公式如下 (6) 所示。

$$w_i = \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K P_j A_{kj} S_{ijk} \quad (6)$$

而 P_j 為主要評估層面的相關權重， A_{kj} 為主要評估層面 j 中準繩 k 的相關權重， S_{ijk} 為替代方案 i 在主要評估層面 j 中準繩 k 之表現評估值， K_j 為評估準繩的指標， J 為主要評估層面的指標。最後依據各替代方案的權重高低決定最佳的決策方案。若為群體決策時，則可利用幾何平均來整合所有決策群體成員的偏好。本研究是在沒有生命週期評估或一個新的方案之下，考量七個環境效率要素及多重準則決策，透過層級分析法 (AHP) 的方式，訂定創新方案的評估方式與決策模式。

III. 研究方法與實驗設計

本研究方法與實驗設計共分兩個階段進行探討，第一階段以資料蒐集與對應，第二階段權重建立與決策分析，各階段如下敘述，如圖2所示：

第一階段 資料蒐集與對應

1. 產品資料蒐集：首先定義產品問題，利用TRIZ理論，將欲改善參數 (IP) 與避免惡化之參數 (WP)，本研究與相關經理人進行訪談，並歸納出問題點。
2. 評估因素構面蒐集：接著與總經理、行銷經理、生產經理共三人，進行焦點團體討論，並分出三項綠色產品設計策略構面分別為：綠色材質、環境安全與費用。

第二階段 權重建立與決策分析

1. 將第一階段所得之產品39工程參數資料，對應TRIZ的矛盾矩陣表，產生創新原則，並利用此法則改善現階段產品。



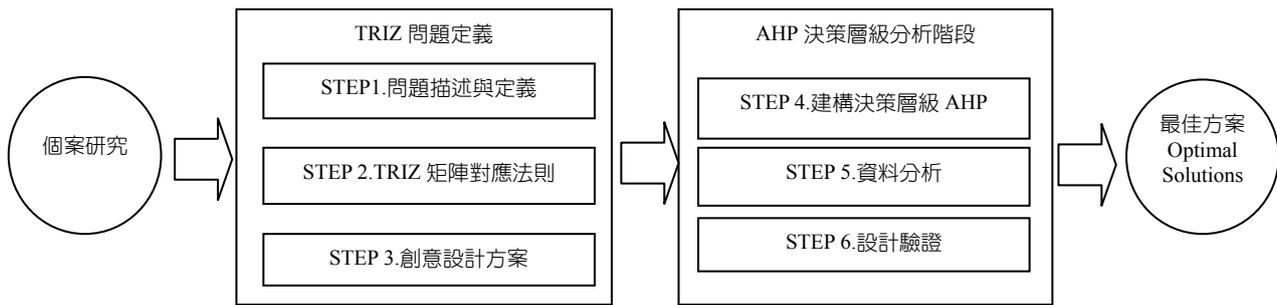


圖2 研究流程架構

2. 將前述三個評估構面資料，透過專家問卷，以九點評量表的方式，並獲得目標、次評估準則、細項之各構面關係的權重模型。
3. 將各評估權重與三方案進行比較，將獲得最佳設計方案。
4. 設計驗證，針對30位受測者進行問卷調查，並以單因子變異數分析ANOVA分析，驗證本研究決策結果是否與調查結果一致。

IV. 個例研究

本研究以台灣廠商歐萊德O'right綠色產品「瓶中樹」為研究案例，該公司為台灣本土美髮產業銷售與製造商，主要產品有美髮用品之研發、製造與代理銷售等，由OEM轉型為ODM、OBM產業，該企業文化與產品皆以「綠色環保」為基礎發展，由決策產品過程到製造過程，產生了許多製造與策略的矛盾與衝突點，因此本研究以TRIZ理論解決矛盾衝突問題，使用多屬性決策的AHP方法來輔助解決問題，並做出最佳決策。

4.1 問題描述與定義

首先確認產品問題，與相關經理人進行訪談後，訪談內容如後簡述，企業以「綠色」政策的前提下，透過產品生命週期評估 (Life Cycle Assessment, LCA)：原料、製造、運送、使用、回收等五個部份來探討；在原料部份：採用天然原料的萃取與使用環保材質，在製造部份：增加綠色工廠設備，減少運輸碳排放量，增加消費者的綠色使用概念。在產品部份：塑膠容器為現代生活帶來了極大的便利，但傳統塑膠容器 (PET/HDPE) 在製造過程及廢棄處理中，伴隨著有害物質的產生，也造成環境的嚴重負荷，如使用友善性樹膠原料 PLA (Poly Lactic Acid, PLA)，必須避免與所裝溶劑產生有害物質，且必需付出高於傳統容器約三倍的費用；因此歸納出四項改善目標：1. 減少碳排放、2. 減少回收材質產生二次公害、3. 增加綠能源開發與再利用、4.

增加永續環境的可能性。在這四類的改善項目部分，依照屬性將其歸類成兩大類別「永續能源」與「永續材質」，分別是：永續能源：減少碳排放與綠能開發再利用；永續材質：減少回收材質產生二次公害及增加永續環境。

4.2 參數矩陣對應創新法則

根據現況的問題，經過專家與經理人的焦點團體討論後，依照世界永續發展協會 (WBCSD) 公佈的七個環境效率要素與TRIZ矛盾矩陣方式求解 (如表2)，將持續改善參數 (IP, Improving Parameters) 與避免惡化之參數 (WP, Worsening Parameters)，並以章節4.1所定義的類別「永續能源」與「永續材質」，對應出目前在製造過程中，有兩項主要矛盾工程參數：

1. 永續能源矛盾參數：持續改善參數：能源耗損 (22, Improving the Loss of Energy) 與避免惡化參數：溫度 (17, Temperature)、功率 (21, Power)、生產力 (39, Productivity)、容易操作使用 (33, Ease of operation)。
2. 永續材質矛盾參數：持續改善參數：適應度 (35, Improving the ease of Adaptability or versatility) 與避免惡化參數：容易製造 (32, Ease of manufacture)、容易操作 (33, Ease of operation)。

由上述「永續能源」與「永續材質」之矛盾工程參數 (IP and WP) 透過TRIZ矛盾矩陣 (表1) 對應後，產生出19個創新法則如表4所示，創新法則下敘述：

1. 永續能源創新法則：週期性原理 (#19, Periodic action)、加速氧化原理 (#38, Accelerated Oxidation)、套疊結構原理 (#7, Nested)、改進局部性質原理 (#3, Local Quality)、取代機械系統 (#28, Mechanics substitution)、預先行動原理 (#10, Prior Action)、氣動或液壓 (#29, Pneumatics and hydraulics)、性質轉變原理 (#35, Transformation of Properties)、改變顏色原理 (#32, Color changes)、分割原理 (#1, Segmentation)。

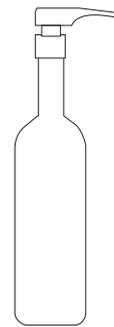


2. 永續材質創新法則：分割原理 (#1, Segmentation)、反向操作原理 (#13, Inversion)、孔隙物質原理 (#31, Porous Materials)、動態化原理 (#15, Dynamics)、拋棄與再生元件 (#34, Discarding and recovering)、部分或過度原理 (#16, Partial or excessive actions)。

4.3 創新方案

依據4.1及4.2章節所產生的創新法則，針對開公司的綠色產品「瓶中樹」進行評估與評價，由4.2章節產生出的19個創新法則 (如表4)，經焦點團體討論後，剔除目前聯想不到的製成方法或目前技術無法克服的部分，因此僅使用9個創新法則，分別是#1分割原理 (Segmentation)、#3 改進局部性質原理 (Local Quality)、# 7套疊結構原理 (Nested)、#10預先行動原理 (Prior Action)、#15 Dynamics動態化原理、#19週期性原理 (Periodic action)、#28 取代機械系統 (Mechanics substitution)、#31孔隙物質原理 (Porous Materials)、#34拋棄與再生元件原理 (Discarding and recovering)。各方案所使用的創新法則如表5 所示，共發展出三種創新方案：方案A、方案B與方案C。如後所述：

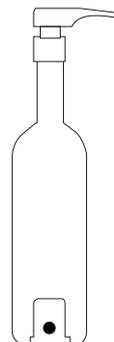
1. 方案A：材質採PET、HDPE，需回收處理，屬低成本、低度環保。
2. 方案B：材質採PLA，可自然分解，屬高成本、高度環保；
3. 方案C：材質採PLA，可自然分解，並於瓶身底部植入樹種，在瓶身分解後，可植栽綠化環境，屬高成本與高環保增值方案。如圖3所示。



方案 A
創新法則 #15, #19,
材質：PET, HDPE
低度環保
費用低



方案 B
創新法則 #15, #19, #28, #31, #34
材質：PLA
高度環保
費用高



方案 C
創新法則#1, #3, #7, #10, #15, #19, #28, #31, #34
材質：PLA
高環保增值
費用高

植物種子

圖3 創新方案A、方案B與方案C

表4 TRIZ 矛盾參數對應產生出創新法則

避免惡化參數	17	21	32	33	39
欲改善的參數	溫度	功率	容易製造	容易操作使用	生產力
22 能源耗損	# 19, #38, #7	# 3, #38		# 35, # 32, # 1	# 28, # 10, # 29, # 35
35 適應度			# 1, #13, #31	# 15, # 34, # 1, # 16	

備註：# 符號表示創新法則

表5 設計方案所使用的創新法則

創新法則	創新方案			創新方案說明
	A	B	C	
#1 分割原理 (Segmentation)			v	將物體分成幾個互相獨立的部分。(分割)
#3 改進局部性質原理 (Local Quality)			v	物體的不同部分應執行不同的功能。(局部)
# 7 套疊結構原理 (Nested)			v	一物體通過另一物體的空間。(套疊)
#10 預先行動原理 (Prior Action)		v	v	事先對物體作部分或全部的改變。(預先作用)
#15 動態化原理 (Dynamics)	v	v	v	動態狀態。(變動)
#19 週期性原理 (Periodic action)	v	v	v	週期性作用。(頻率)
#28 取代機械系統 (Mechanics substitution)		v	v	隨時間變化的場，取代靜止不變的場。(取代)
#31 孔隙物質原理 (Porous Materials)			v	加孔構造。(小空間或孔洞)
#34 拋棄與再生元件原理 (Discarding & R recovering)		v	v	原功能已無用時可自動消失或調整。(更新)

4.4 建立決策層級AHP

本研究藉由AHP評估，決策出最佳的方案。相關經理人建議不只參考創意法則，也要考慮到成本與環境問題。因此依章節4.1問題描述與定義，以綠色產品為目標 (Goal)，主準則 (Main criteria) 分別為綠色材質 (Green Material)、環境安全(Environment and Safety) 與費用成本 (Cost)。以及透過焦點團體方式，定義出次準則 (Sub criteria) 分別為回收材質、可分解材質、其它材質、生態環境、作業環境、使用安全、材質費用、人力成本、生產費用，做逐層比較並設定比較層級較架構；接著將A、B、C三個方案進行成對比較，最後再將三個方案與各準則再進行成對比較，各比較層級如圖4所示。

4.5 資料分析

本研究經過4.4階段比較層級設定後，利用Excel軟體帶入成對比較矩陣公式 (1)、求取最大特徵向量及特徵值公式 (2)、(3) 及一致性檢定公式 (4)、(5)，計算並求得比較結果，得知在主準則綠色材質、環境安全與費用的權重各為0.5679, 0.3339, 0.0982，其C.R.值 (0.0213) < 0.1，表示內部一致性高。

在次準則部分其C.R.值皆< 0.1，亦表示內部一致性高；因此主準則在權重排序上為：1. 綠色材質、2. 環境安全 3. 費用成本。在次準則排序上為：材質費用、生態環境、可分解材質 (PLA)、回收材質 (PET / HDPE)、使用安全、作業環境、生產費用、人力費用、其它材質 (Glass)，如表6所示。經過三層的組內權重計算後，即可利用公式 (6) 求取單一方案對於整體所佔的比重。

以方案A舉例說明一個計算層級架構中同一條路徑(從目標 → 主準則 (綠色材質) → 次準則(回收材質) → 選擇方案(A)) 權重值的例子，來說明方案A於整體材質考量所佔的比重，其計算方式如下：

$$P_i A_j S_l = \text{綠色材質權重} * \text{回收材質權重} * \text{方案權重}$$

$$= 0.5678 * 0.4352 * 0.0874 = \mathbf{0.0216}$$

依此方式計算出方案A的所有9項因素 (回收材質、可分解材質、其它材質、生態環境、作業環境、使用安全、材質費用、人力費用、生產費用) 各佔的權重並予以全部加總，可獲得方案A的總分為0.1489，其計算方式如下：

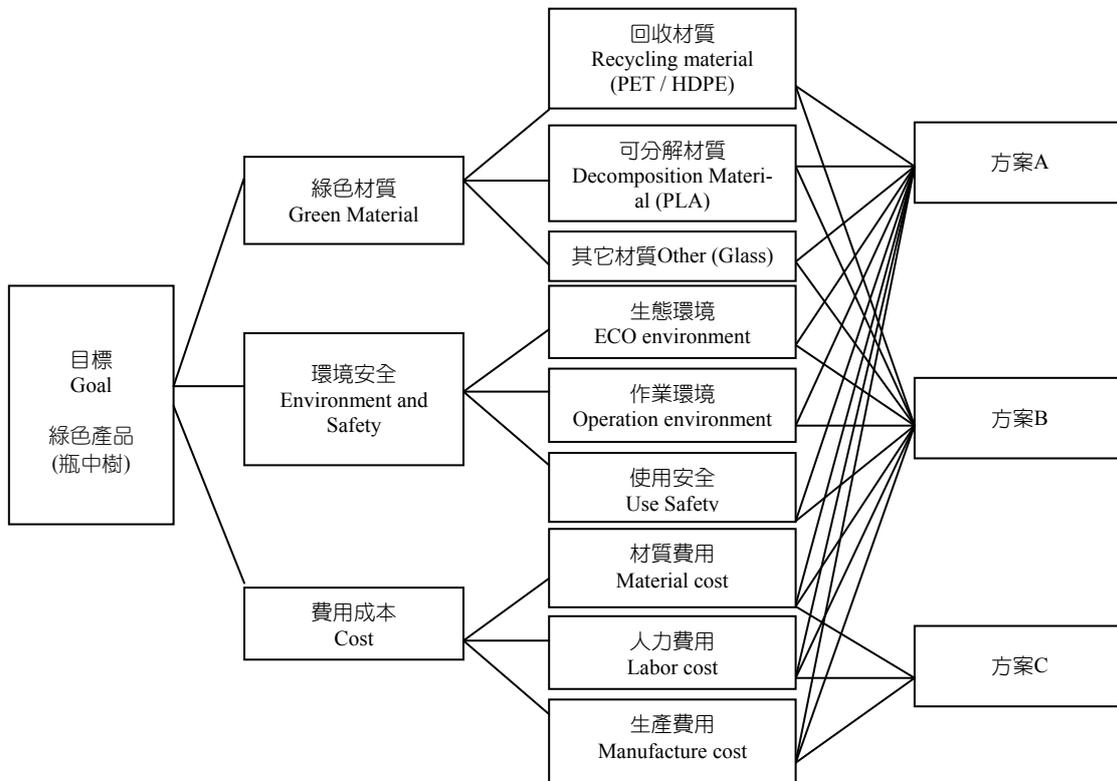


圖4 本研究AHP決策模式層級圖



表6 各階層組內權重

目標	主準則	權重	C.R.	次準則	權重	C.R.	選擇方案	權重
綠色產品	綠色材質	0.5679	0.0213 ^a	回收材質(PET / HDPE)	0.4353	0.0109 ^b	方案 A	0.0874
				可分解材質(PLA)	0.4866			
				其它材質(Glass)	0.0782			
	環境安全	0.3339		生態環境	0.5794	0.0465 ^c	方案 B	0.1622
				作業環境	0.1865			
				使用安全	0.2341			
	費用成本	0.0982		材質費用	0.6327	0.0079 ^d	方案 C	0.7504
				人力費用	0.1749			
				生產費用	0.1924			

備註：^a $\lambda_{max}=3.0247, CI=0.0123, CR=0.0213$ ；^b $\lambda_{max}=3.0126, CI=0.0063, CR=0.109$ ；^c $\lambda_{max}=3.0539, CI=0.0270, CR=0.02465$ ；^d $\lambda_{max}=3.0092, CI=0.0046, CR=0.0079$ 。

表7 最佳方案之總加權評價

選擇方案	方案說明	總加權評價
方案 A	材質採 PET、HDPE，需回收處理，屬低成本、低度環保。	0.1489
方案 B	材質採 PLA，可自然分解，屬高成本、高度環保	0.1625
方案 C	材質採PLA，可自然分解，於瓶底植入種子可植栽，屬高成本、高環保加值方案。	0.2210

$$0.1489 = 0.0216 + 0.0241 + 0.0039 + 0.0288 + 0.0093 + 0.0116 + 0.0314 + 0.0087 + 0.0095$$

最後以AHP分析重複先前的計算步驟，求出另外兩個綠色產品方案總分，選擇最佳的決策方案，結果如表7所示。因此本綠色創新決策模式建議，以綠色可分解材質的方案C (0.221) 為最佳綠色產品方案。

4.6 設計驗證

本階段比較受測者對這三個方案之間各層級準則是否具有顯著差異存在，以確認所決策方案是否符合三個產品設計方案的設定，藉由五階李克特尺度量表，量點數越高表示認同度越高，並以單因子變異數分析 (One-way ANOVA)，對三個產品設計方案進行評分，受測對象共30位，分別為15位專家與15位消費者。統計分析結果顯示，受測者認為各準則達到顯著差異水準($P < 0.05$)，顯示不同方案對各準則目標不一致而有所差異，如表8、9所示。

在綠色材質準則部分，方案C平均數得到高度認同 (平均值4.70)，但方案B與方案C屬同一環保材質聚乳酸 (PLA)，但平均值僅有2.80，本研究推測，差異應該是在嵌入種子的部分，雖然在方案B與方案C為同材質，但在環境上的永續性上，方案C有著更大的綠色創意延伸，在產品使用過後，即可將產品做植樹造林的動作，產品本身除了自然分解外還兼具可植栽作用。在環境安全準則部分，方案A平均值明顯比方案B與方案C來的低，推測因素可能是PET /HDPE材質雖可回收，但在回收率不完全的狀況下，對環境上仍是有汙染與威脅性的。在費用準則部分，成本反應於價格上，PET/HDPE是使用最普遍的材質，因此方案A平均值3.03在

消費者的費用認知上普遍能接受，在PLA環保材質的使用上，費用將高於一般材質費用，在消費者的認知上也表示認同，但是否為叫好不叫座或有觀念卻無執行力的狀況，這就需在環保觀念與落實上，持續進行永續環境教育了。

表8 統計分析表

準則	方案	描述性統計量			
		平均數	標準差	95% 信賴區間 下界	上界
綠色材質	A	1.93	.12	1.69	2.17
	B	2.80	.11	2.57	3.03
	C	4.70	.09	4.53	4.87
環境安全	A	1.87	.86	1.55	2.19
	B	3.23	.43	3.07	3.39
	C	4.23	.63	3.99	4.47
費用	A	3.03	.18	2.96	3.10
	B	4.17	.38	4.03	4.31
	C	4.47	.512	4.28	4.66

表9 ANOVA分析表

準則	單因子變異數分析 ANOVA				
	平方和	df	F	顯著性	
綠色材質	組間	120.16	2	180.44	.000*
	組內	28.97	87		
	總和	149.12	89		
環境安全	組間	84.69	2	96.44	.000*
	組內	38.20	87		
	總和	122.89	89		
費用	組間	34.29	2	118.38	.000*
	組內	12.60	87		
	總和	46.89	89		

* 表示達顯著差異水準， $P < 0.05$

V. 結論與建議

本研究在綠色產品問題定義與萃思理論所對應的矛盾工程參數，共歸類成兩大類別「永續能源」與「永續材質」，



分別是：永續能源：減少碳排放與綠能開發再利用；永續材質：減少回收材質產生二次公害及增加永續環境，其參數分別為：在永續能源矛盾參數部分，持續改善參數：能源耗損 (22, Improving the Loss of Energy) 與避免惡化之參數：溫度 (17, Temperature)、功率 (21, Power)、生產力 (39, Productivity)、容易操作使用 (33, Ease of operation)。在永續材質矛盾參數部分，持續改善參數：適應度 (35, Improving the ease of Adaptability or versatility) 與避免惡化之參數：容易製造 (32, Ease of manufacture)、容易操作 (33, Ease of operation)。對應綠色產品的環境效率要素與TRIZ矛盾參數，產生綠色創新法則，經過塞篩選後共有9個創新法則，分別是 #1分割原理 (Segmentation)、#3改進局部性質原理 (Local Quality)、#7套疊結構原理 (Nested)、#10預先行動原理 (Prior Action)、#15Dynamics動態化原理、#19 週期性原理 (Periodic action)、#28取代機械系統 (Mechanics substitution)、#31孔隙物質原理 (Porous Materials)、#34拋棄與再生元件原理 (Discarding and recovering)。並根據綠色創新法則，提出三個對環境有不同層面影響的創新方案。在決策層級準則部分，以綠色產品為目標 (Goal)，主準則(Main criteria) 分別為綠色材質 (Green Material)、環境安全 (Environment and Safety) 與費用成本 (Cost)。以及透過焦點團體方式，定義出次準則 (Sub criteria) 為回收材質、可分解材質、其它材質、生態環境、作業環境、使用安全、材質費用、人力成本、生產費用。在權重結果部分，主準則在權重排序上為：1. 綠色材質、2. 環境安全 3. 費用成本。在次準則排序上為：材質費用、生態環境、可分解材質 (PLA)、回收材質 (PET / HDPE)、使用安全、作業環境、生產費用、人力費用、其它材質 (Glass)。

本文的研究結果中綠色產品與永續環境求解方式，正如布朗嘉的「從搖籃到搖籃」中所敘述「有廢棄物產生，就代表設計的失敗」。因此在設計上秉持著世界企業永續發展委員會 (WBCSD) 環境效率因素的永續原則：「永續能源」減少碳排放，綠能開發再利用與「永續材質」減少使用回收材質，增加永續環境。進行綠色產品設計發想，使用TRIZ理論將問題定義與轉換於矛盾矩陣中，對應創新法則應用於綠色產品創新設計上，並以關聯性層級分析法進行多屬性決策，以綠色產品案例「瓶中樹」來驗證說明本研究的創新設計求解方式是可行的，也實踐了C2C的概念，原料由玉米基因改造而成，當綠色產品使用到最後階段又回歸自然，可植樹造林，多一份種植機會，環境就多一個綠化機會；因此，正如學者研究所敘述，以綠色精神為企業理念，在市場上將會有些優勢，本研究個案即由轉型為以「綠色」為導向的綠色企業後，業績至今成長數倍以上，因此

更證明綠色概念在消費者生活用品中，有著更高的接受度，所以綠色趨勢與生活將是在目前這個時代所需面對思考與改變的時代問題。本研究在後續研究觀點提出幾項建議，供後續研究參考：

1. TRIZ 創新原則是一個可跳脫傳統線性思維，系統化的思考方式，它所提供的創新原則提供廣域的想像空間，並能以Top-Down與Bottom-Up的思考方式來設計不僅止是機械或物理問題，同時也可能處理概念設計上的創意問題。
2. 後續研究可嘗試結合感性工學 (KANSEI Engineering) 的應用，在消費市場中綠色商品通常是叫好不叫座，嘗試找出綠色感性因素，藉由設計、活動、體驗注入到產品內。
3. 結合人工智慧系統—案例式推理 (Case-Based Reasoning ; CBR) 的使用，將過去的案例與經驗，透過系統，以類比推演的方式找出建議方案，再藉由建議方案修改為最佳方案。

致謝ACKNOWLEDGMENTS

本研究感謝歐萊德O'right總經理葛望平先生、副總李貴仁先生與公關部趙小姐，在本研究調查期間的協助，俾能使研究順利完成，特此致謝。

參考文獻

- 王仁慶，2002，TRIZ創新設計方法之改良研究，國立成功大學機械工程學系碩士論文。
- 吳信如譯，Hawken著，2002，綠色資本主義：創造經濟雙贏的策略，天下雜誌，台北。
- 杜瑞澤，2002，產品永續設計，初版，亞太圖書出版社，台北。
- 張祥唐，2004，整合TRIZ與可拓方法之綠色創新設計研究，國立成功大學機械工程學系博士論文。
- 張瓊懿譯，Gore著，2007，不願面對的真相(An Inconvenient Truth)，商周出版，台北。
- 陳文茜，孫大偉，2010，±2°C—台灣必須面對的真相，中天電視紀錄片，台北。
- 陳炫助，黃鏗津，2006，以TRIZ原則應用於設計發展之研究，日新又新創視探索華文設計新思維研討會，東方技術學院，頁96-111。
- 劉志成，2003，TRIZ方法改良與綠色創新設計方法之研究，國立成功大學機械工程學系博士論文。
- 劉志成、陳家豪，2003，TRIZ創新法則於綠色創新設計的



- 應用，工業污染防治季刊，第85期，頁164-174。
- 黎文龍，2000，工程設計與分析：創思設計分析與模擬，東華書局，台北。
- Altshuller, G., 1996, *And Suddenly the Inventor Appeared: TRIZ, The Theory of Inventive Problem Solving*, Technical Innovation Center, MA.
- Altshuller, G., 1999, *The Innovation Algorithm: TRIZ, systematic innovation, and technical creativity*, Worcester, MA: Technical Innovation Center.
- Braungart, M. and McDonough, W., 2002, *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*, 1st edition, North Point Press, New York.
- Chang, H. T. and Chen, J. L., 2003, Eco-Innovative Examples for 40 TRIZ Inventive Principles, *The TRIZ Journal*. (<http://www.triz-journal.com>)
- Chang, H. T. and Chen, J. L., 2004, The Conflict-Problem-Solving CAD Software Integrating TRIZ into Eco-Innovation, *Journal of the Advance in Engineering Software* Vol. 35, pp. 553-566.
- Chen, J. L., 2002, Green Evolution Rules and Ideality Laws for Green Innovative Design of Products, Fourth International Symposium on Going Green-Care Innovation.
- Cook, P., 2001, Strategies for Regional Innovation Systems: Learning Transfer and Applications, UNIDO world industrial developments report.
- Dangelico, R. M. and Pontrandolfo, P., 2010, From green product definitions and classifications to the green option matrix. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 18, 16-17, pp. 1608-1628.
- Domb, E., 1998, The 39 Features of Altshuller Contradiction Matrix, *The TRIZ Journal*. (<http://www.triz-journal.com>)
- Hart, S. L., 1995, A Natural-Resource-Based View of the Firm, *Academy of Management Review*, Vol. 20, pp. 986-1014.
- Holt, K., 1988, The Role of the User in Product Innovation, *Technovation*, Vol. 12, 5, pp. 53-56.
- Hua, Z., Yang, J., Coulibaly, S., and Zhang, B., 2006, Integration TRIZ with Problem-Solving Tools: a Literature Review from 1995 to 2006, *International Journal of Business Innovation and Research*, Vol. 1, No. 1-2, pp. 111-128.
- Jones, E. and Harrison, D., 2000, Investigating the Use of TRIZ in Eco-Innovation, *The TRIZ Journal*. (<http://www.triz-journal.com>)
- Jones, E., Harrison, D. and Stanton, N. A., 2001, The Application of TRIZ Tools in an Eco-Innovation Process, *Proceedings of World Conference on TRIZ Future Bath, UK*, pp. 57-78.
- Jones, E., Mann, D., Harrison, D., and Stanton, N. A., 2001, An Eco-Innovation Case Study of Domestic Dishwashing through the Application of TRIZ Tools, *Creativity and Innovation Management*, Blackwell Publishers, Oxford, UK.
- Justel, D., Vidal, R. and Chiner, M., 2005, TRIZ Applied to Innovate in Design for Disassembly, 1st IFIP TC-5 Working Conference on CAI, IFIP-TC5 ULM.
- Kamal, M., 2001, Application of the AHP in project management, *International Journal of Project Management*, Vol. 19, pp. 19-27.
- Karlsson, R. and Luttrupp, C., 2006, EcoDesign: what's happening? *Journal of Cleaner Production*, Vol. 14, No. 15-16, pp. 1291-1298.
- Knight, P. and James, O. Jenkins., 2009, Adopting and applying eco-design techniques: a practitioners perspective. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 17, No. 5, pp. 549-558.
- Kobayashi, H., 2003, Idea Generation and Risk Evaluation Methods for Life Cycle Planning, *Third International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*, pp. 117-123.
- Lipovetsky, S. and Michael, C. W., 2002, Robust estimation of priorities in the AHP, *European Journal of Operational Research*, Vol. 137, No. 1, pp. 110-122.
- Liu, C. C. and Chen, J. L., 2001, A TRIZ Inventive Design Method without Contradiction Information, *The TRIZ Journal*. (<http://www.triz-journal.com>)
- Low, M. K., Lamvik, T., Walsh, K. and Myklebust, O., 2000, Product to Service Ecoinnovation: The TRIZ Model of Creativity Explored, *International Symposium on Electronics and the Environment, IEEE, San Francisco, California*, pp. 209-214.
- Mann, D. L. and Domb, E., 1999, 40 Inventive (Management) Principles with Examples, *The TRIZ Journal*. (<http://www.triz-journal.com>)
- Mann, D. L., 2001, Using TRIZ to Overcome Business Contradictions: Profitable E-Commerce, *The TRIZ Journal*. (<http://www.triz-journal.com>)
- Mann, D. L., 2002, Assessing the Accuracy of the Contradiction Matrix for Recent Mechanical Inventions, *The TRIZ Journal*. (<http://www.triz-journal.com>)
- Mann, D. L., 2002, Systematic Win-Win Problem Solving in A Business Environment, *The TRIZ Journal*. (<http://www.triz-journal.com>)
- Mann, D. L., 2004a, Comparing the Classical And New Contradiction Matrix Part 1 - Zooming Out, *The TRIZ Journal*. (<http://www.triz-journal.com>)
- Mann, D. L., 2004b, Comparing the Classical and New Contradiction Matrix Part 2-Zooming in, *The TRIZ Journal*. (<http://www.triz-journal.com>)

- Mann, D. L., and DeWulf, S., 2003, Updating the Contradiction Matrix, TRIZCON2003: 5th Annual International Conference of Altshuller Institute for TRIZ Studies, held at Philadelphia, PA, USA, pp. 16-18.
- Mohammed, I., 2002, Selecting the appropriate project delivery method using AHP, *International Journal of Project Management*, Vol. 20, pp. 469-474.
- Papanek, V., 1985, *Design for the Real World*, London: Thames and Hudson, pp. 394.
- Petts, J., Herd, A., and O'hEOCHA, M., 1998, Environmental Responsiveness, Individuals and Organizational Learning: SME Experience, *Journal of Environmental Planning and Management*, Vol. 41, No. 6, pp. 711-730.
- Saaty, T. L., 1977, A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structure, *Journal of Mathematical Psychology*, Vol. 15, No. 3, 234-281.
- Saaty, T. L., 1980, *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw - Hill, New York.
- Saaty, T. L., 1990, How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process, *European Journal of Operational Research*, Vol. 48, pp. 9-26.
- Savransky, S. D., 2000, *Engineering of Creativity: Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving*, CRC Press, Boca Raton.
- Terninko, J., Zusman, A., and Zlotin B., 1998, *Systematic Innovation-An Introduction to TRIZ*, St. Lucie Press, New York.
- Tu, J. C., 1998, A Study of Sustainability Assessment Models for Recycling Materials from the Life Cycle Design, *IEEE International Symposium on Electronics and Environment*, pp. 316-321.
- Yen, S. B. and Chen, J. L., 2005, An Eco-Innovative Tool by Integrating FMEA and TRIZ Methods, *Fourth International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, Eco design*, Tokyo, Japan.

Received 14 September 2012
Accepted 26 November 2012



DEVELOPMENT OF GREEN INNOVATIVE STRATEGY BY APPLYING THE TRIZ THEORY AND AHP METHOD

Jui-che Tu, Hsuan-Chu Chen and Shing-Sheng Guan

Graduate School of Design Doctoral Program
National Yunlin University of Science and Technology
Yunlin, Taiwan 64002, R. O. C.

ABSTRACT

Due to scientific and technological advancement and industrial development, human beings severely pollute the environment while enjoying diversity of consumer goods and convenience of commodity usage. Over recent years, people have begun to reflect on environment and place an emphasis on environmental consciousness. Many enterprises also begin to think about how to strike a balance between merchandise and environment. Therefore, the concept of “eco-innovative design” has been gradually valued by all circles. This study mainly combines TRIZ (Theory of Innovative Problem Solving) with AHP (Analytic Hierarchy Process), makes a case research on green product of O’right-“tree in bottle”, defines product problems by virtue of TRIZ and environmental efficiency elements, as well as finds out eco-innovative principles. Through integration with AHP and multiple criteria decision making, optimal innovative scheme is acquired so as to prove feasibility of innovative approach proposed in this study.

This study is divided into three stages. Stage one is data collection: by literature review and focus group discussion, three dimensions of green product development strategy are generalized-green materials, environmental safety and expenses. Stage two is data correspondence. Innovation principles are obtained through corresponding to 39 engineering parameters of TRIZ contradiction matrix. Stage three is decision weight: by expert questionnaire of previous-stage data and nine-point scale, a weight model about relationships between various dimensions including targets, sub evaluation rules and detailed items is obtained. Finally, green product verification is conducted through questionnaire survey among 30 experts and consumers. The results are analyzed by descriptive statistic analysis and ANOVA and agreement is reached. This study applies TRIZ into green product design strategy, puts forward eco-innovative rules and selects out optimal innovative scheme as per multiple criteria decision making. Therefore, it thinks about problem from viewpoint of green enterprise business, establishes green product strategy and evaluation, and investigates weights of various hierarchies including green materials, environmental safety and expenses. Eco-innovative decision-making model generated in this study can be applied to industries and function as a reference for future scholars’ researches.

Keywords : TRIZ, AHP, Eco-Innovative, Green product