

國立交通大學

管理學院碩士在職專班科技管理組

碩士論文

以 TRIZ 探討家庭自動化技術發展之趨勢



Study on Development Trend of Home Automation
Technologies with TRIZ

研究生：蘇乃顯

指導教授：袁建中 教授

中華民國九十八年一月

以 TRIZ 探討家庭自動化技術發展之趨勢

Study on Development Trend of Home Automation Technologies with TRIZ

研究生：蘇乃顯

Student: Naih sien Su

指導教授：袁建中

Advisor: Benjamin Yuan

國立交通大學

管理學院碩士在職專班科技管理組

碩士論文

A Thesis

Submitted to Graduate Institute of Management of Technology

College of Management

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Business Administration

in

Management of Technology

January 2009

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十八年一月

摘要

隨著科技發展，自動化科技不斷融入我們的生活領域之中，提供人們更舒適、高效率的生活環境。繼許多未來數位生活探討研究之後，本研究希望針對家庭自動化（數位生活最基本的實現平台）探討其未來實現之技術需求分析。

本研究目的在透過 TRIZ 理論的系統性分析，探討家庭自動化所面臨的種種議題，進而分析其問題之系統性矛盾關係。透過矛盾關係分析，藉由 TRIZ 所提供的「矛盾矩陣」與「76 標準解法」過濾未來解決這些家庭自動化議題的可能發展方向。

經過整理分析本研究將家庭自動化的技術影響因素歸類為「操作環境效率」、「網路裝設與維護」、「網路安全與隱私」等問題。依循 TRIZ 之創新法則與標準解法提供之解題方向，本研究分析各影響因素的解決方案特徵後認為各子問題之發展趨勢為：

操作環境效率：

1. 以隨身遙控器作為自動化系統的操作媒介，
2. 小型化的隨身遙控器需求，
3. 多樣性的輸入媒介。

網路裝設與維護：

1. 多子網環境，
2. 中繼器或協定轉換器的需求，
3. 多頻道無線通訊需求，
4. 自外部取得專業服務。

網路安全與隱私：

1. 輕型安全閘道器，
2. 分散式的安全管制機制，
3. 使用 PKI 或安全辨識碼，
4. 自動網路使用模式學習與調整。

關鍵字：家庭自動化、TRIZ、矛盾矩陣、76 標準解法

Abstract

Automation technologies are changing our domestic environments that provide people more comfortable and more efficient daily life. Continuing some studies regarding future digital life, this research analyzes technology development trend of home automation, which is a major implementation platform of digital life.

This research studies factors that limit applications of home automation systems. Systematic analysis methods provided by TRIZ are used to formulate the key factors into generic TRIZ problems, and then some generic solutions are derived with the TRIZ process. With the generic solutions, analogy process is taken to map the generic solutions into real solutions that can show us trend of home automation technologies.

After study of the home automation issues, the research classifies the factors that limit use of home automation into three groups: “Efficiency of operational environments”, “Degree of ease of installation and maintenance”, and “Network security for privacy”. The “Efficiency of operational environments” is analyzed with the Su-field model, while “Degree of ease of installation and maintenance” and “Network security for privacy” are analyzed with the contradiction matrix. The patterns of the solutions derived from the TRIZ process conduct us to see the trend of home automation technologies as following.

Efficiency of operational environments: 1. use of portable remote controllers as human-machine interface, 2. miniaturization of remote controllers, 3. demand of more input media.

Degree of ease of installation and maintenance: 1. home networks compounding multiple sub-networks, 2. interconnection of sub-networks with repeaters or protocol converts, 3. demand of multiple wireless channel communication, 4. demand of professional technical services.

Network security for privacy: 1. lightweight security gateway between internal and external networks, 2. distributed network security system, 3. use of PKI and digital identifier for authentication, 4. self-learning defense systems.

Keywords: home automation, TRIZ, contradiction matrix, seventy-six standard solutions

誌謝

在職進修不論在時間、體力與心理上都是一項艱辛的挑戰，在這過程如果沒有許多人的協助與關心我將難以完成這個計畫。回首這段期間首先要感謝的當是太太謝米惠小姐，因為她的支持與包容不斷提供我前進的動力，也因為她犧牲時間對家庭無微不至的照顧我才能專心完成課業。

本論文得以完成我要感謝指導教授袁建中博士給予諸多指導與耐心，袁老師給予學生的彈性，讓我能有自由發揮的空間，而老師在論文討論上的許多獨到見解則讓我減少許多摸索的時間，讓本論文能順利完成。除了課業上的指導，袁老師的親切與豁達處事態度也給予我不同的思維。

如果沒有好友林志鴻先生的建議我不會進入在職專班進修，也因為他長期以來的關心與協助讓我在科管所進修期間能以最有效率的方式完成所有課程。同時感謝上天讓我得此好友，人生一路走來長有良友相伴。

最後要感謝科管所 95 級在職專班的每一位同學，因為有大家的相互扶持與鼓勵，讓忙碌的生活能得到許多的潤滑。



蘇乃顯 謹誌

於交通大學管理學院碩士在職專班科技管理組

中華民國九十八年一月

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
誌謝.....	III
目 錄.....	IV
圖目錄.....	VI
表目錄.....	VII
一、 緒論.....	1
1-1 研究背景與動機.....	1
1-2 研究目的.....	2
二、 文獻探討.....	3
2-1 家庭自動化之定義.....	3
2-2 家庭自動化之演進.....	4
2-3 家庭自動化的功能性與需求.....	7
2-3-1 功能分類.....	7
2-3-2 需求分析.....	8
2-4 家庭自動化的議題與限制.....	10
三、 TRIZ 理論.....	15
3-1 TRIZ 發展背景.....	15
3-2 TRIZ 理論的基礎.....	15
3-2-1 系統性矛盾.....	15
3-2-2 發明的層級.....	17
3-2-3 理論應用.....	18
3-3 TRIZ 理論的分析工具.....	21
3-3-1 問題分析.....	21

3-3-2	矛盾分析	24
3-3-3	問題解答	26
四、	研究方法與架構	28
4-1	研究架構與流程	28
4-2	問題定義與分析	30
4-2-1	操作環境效率	32
4-2-2	網路裝設與維護	33
4-3	問題的解決方案	34
4-3-1	「操作環境效率」解決方案分析	34
4-3-2	「網路裝設與維護」解決方案分析	39
4-3-3	「網路安全與隱私」解決方案分析	46
五、	結論與建議	53
5-1	結論	53
5-1-1	「操作環境效率」發展趨勢	53
5-1-2	「網路裝設與維護」發展趨勢	54
5-1-3	「網路安全與隱私」發展趨勢	55
5-2	後續研究建議	56
參考文獻		57
中文文獻		57
西文文獻		57
參考網址		59
附錄一	矛盾矩陣	60



圖目錄

圖 1 家庭自動化演進	6
圖 2 家電整合趨勢	7
圖 3 電腦在家庭的使用情形	9
圖 4 問題解決方式比較	16
圖 5 科技系統生命週期 S 曲線	20
圖 6 S 曲線於科技創新之應用	20
圖 7 TRIZ 創新發明步驟	21
圖 8 UF 與 HF 關係表示法	22
圖 9 UF 與 HF 關係圖	23
圖 10 Su-field 模型	24
圖 11 「76 標準解法」與 Su-field 分析運用	26
圖 12 研究架構	29
圖 13 研究流程	30
圖 14 家庭自動化問題關係	32
圖 15 人機介面 Su-field model	33
圖 16 家庭網路裝設與維護的需求條件	33



表目錄

表 1 各構面下家庭自動化的限制因素	13
表 2 創新發明層級	17
表 3 矛盾矩陣	25
表 4 「操作環境效率」問題標準解法（已刪除重複項目）	34
表 5 「操作環境效率」解決方案	38
表 6 「網路裝設與維護」問題之改善特性與影響特性	39
表 7 「網路裝設與維護」之矛盾矩陣參數對應	41
表 8 「網路裝設與維護」問題矛盾矩陣分析	42
表 9 「網路裝設與維護」問題之創新法則應用	43
表 10 「網路安全與隱私」問題之改善特性與影響特性	46
表 11 「網路安全與隱私」之矛盾矩陣參數對應	48
表 12 「網路安全與隱私」問題矛盾矩陣分析	48
表 13 「網路安全與隱私」問題之創新法則應用	49

一、緒論

1-1 研究背景與動機

在人類的工業發展歷史中，自動化觀念由來已久，尤其在近一世紀中自動化發展更可用突飛猛進形容。隨著電腦、機電控制與網路科技的進步，工業上的自動化觀念也慢慢被帶進居家生活領域，使得家庭自動化成為一個可以實現的目標。然而工業生產環境與居家環境畢竟有其本質上的差異，這使得過去的工業自動化技術在應用於家庭自動化時顯得窒礙難行，此類議題過去已有許多研究探討家庭自動化的需求本質與面臨的許多問題(Haddon, 1995; Edwards and Grinter, 2001; 黃志鴻, 2003; Venkatesh, 2008)。

從人本的科技運用角度，在家庭自動化的推行上我們需要更多的科技突破，提供以人為基礎的科技生活。在這方面有許多的新科技領域創新出現，其中「普及運算」(ubiquitous computing) (Weiser, 1991)則是從資訊科技角度勾勒自動化裝置與人本生活的發展方向。它跳脫過去以電腦運算為中心人類操作為輔助的科技導向發展，改由人類活動為中心電腦感知與運算為輔助的人本導向，然而這樣的科技發展仍然存在許多技術與社會的議題待解決(Edwards and Grinter, 2001)。

從商業發展角度，如何提供消費者有效而互容的自動化裝置產品則是發展重點之一。如何制定與推動一個強勢的自動化標準是目前各大數位家庭聯盟的工作挑戰，在擁有不同市場與應用焦點的眾多標準中，如何整合或取捨是一個困難的問題。要解決這樣的問題，必須先對未來家庭自動化應用需求分析著手，然後建構一個完整的技術需求地圖。

因為自動化和網路科技的長足進步，本研究相信現今的科技若經有效的整合，應足以發展完善的家庭自動化應用，我們所需的是如何有效分析問題並提出創新的解決方案，以達到有效整合各項技術，開創嶄新的自動化數位生活。

為瞭解未來人們隨著社會與家庭結構變化與新科技導入後人們在數位生活的需求情境，過去已有許多相關研究從情境分析領域探討未來在不同情境不確定主軸組合下

的數位生活需求(劉益華, 2005; 哈嘉琪, 2005; 方仁祥, 2005; 葉俊賢, 2005; 陳焯欽, 2005)。這些研究文獻已為未來的數位生活勾勒出生活情境的需求，而為落實這樣的生活情境則有賴各科技應用領域的發展，居家環境是實現人們數位生活的最基本平台。在這個平台上，家庭自動化則是數位生活的實際表現，因此本研究希望藉由過去的數位生活情境分析結果，繼續深入探討在此數位生活的情境下家庭自動化領域的科技發展趨勢，進而瞭解在落實未來數位生活中家庭自動化的科技應用需求。

1-2 研究目的

基於前述動機，本研究目的在探討現今家庭自動化所面臨的相關議題，並以系統性方法分析其議題本質，希望藉此更瞭解家庭自動化的技術發展現況，進而找出可能的解決方向。

對於科技的發展生命歷程 TRIZ 有其獨特的分析理論，而對各科技發展所面臨的種種問題 TRIZ 更提供系統化的分析與解決方案資料庫，因此 TRIZ 是一個適合建構科技發展概念的分析工具。從發明歷史的觀察和分析，TRIZ 為人們勾繪出清楚的科技發展地圖，本研究採用 TRIZ 理論作為問題的系統性分析與解決工具，希望藉由本研究的操作分析現今家庭自動化各議題的相關解決方案，更進一步則是希望透過分析所得到的解決方案瞭解整體技術發展的趨勢，提供未來家庭自動化科技發展方向的參考。

本研究之目的列示如下：

- 一、在數位生活範疇下，探討現今家庭自動化所面臨的議題，並分析各議題的需求與矛盾關係。
- 二、以 TRIZ 理論分析各議題所存在的系統性矛盾，並歸納其可能的解決方案。
- 三、由 TRIZ 理論整理出的解決方案，彙整未來家庭自動化的發展方向。

二、文獻探討

本章進行家庭自動化文獻探討，整理分析目前就家庭自動化應用上的需求項目與各項需求所面對的問題。透過此問題探討的整理，做為後續尋找問題解決方向與發展趨勢分析的基礎。

2-1 家庭自動化之定義

自動化最早的應用在於工廠及辦公室等工作場所，其應用方式是整合電腦、通訊技術於建物、生產流程與資訊流通，以提昇生產、安全、與管理效率，最終目的是提昇企業整體價值鏈之效率(Ryan, 1989; Petersen et al., 2001)。

不同於工廠或辦公室自動化，家庭自動化的目的不僅是提昇居家生活效率，其更重要目標在於增進居家生活的舒適性與人性化。從自動化的應用範圍我們可以將家庭自動化系統分類為：一、預先定義的固定操作應用；二、可程式化的裝置應用；三、在裝置間互通資訊而形成的彈性應用網路。若從資訊化角度看家庭自動化，所謂資訊化家庭就是提供家庭與外部的資訊服務連結以增進家庭生活管理(Barlow and Gann, 1998)。傳統上一般家庭自動化大致可能有以下應用(Ryan, 1989)：

- 安全管理
- 溫度或環境控制
- 能源管理
- 家電控制
- 娛樂

在實作上，家庭自動化系統可以下列系統型態呈現於實際應用環境(周天行, 1998)：

一、集中式智慧型系統：

在住宅中有一個中央處理單元，這個處理單元負責安排、計畫、管理所有家中需要管理的系統。

二、分散式智慧型系統：

所謂分散式的控制是指每一個被控制的物品，無論是家中門戶、安全系統、家電用品、燈光開關、空調系統等，每一個用品或系統都有其自主的微處理器做控制。這種分散式的系統因為自主性比較高，且各次系統間無需和其它次系統做介面的配合，其價格也較集中式智慧型系統低。

三、智慧型居家網路系統：

在分散式智慧型系統中雖然每個次系統都有微處理器做控制，但若能協調各次系統的工作並分享一些外在的資源，這樣就兼具了集中式和分散式智慧型系統的優點。智慧型居家網路系統即是運用快速進步的網路技術連結各智慧型次系統，使其能達到類似集中式智慧型系統的集中管理優點。

目前的家庭自動化市場現況大多採用智慧型居家網路系統概念以建構所謂的數位家庭環境或家庭媒體中心，其解決方案則可能為「以電腦做為數位家庭的運作核心」或「以資訊家電圍繞著電視（TV）做為數位家庭的運作核心」（張朝勳, 2006）。

綜合以上解釋，我們可以將現代家庭自動化定義為「使用家庭網路連接資訊家電，使能彼此互通並整合資訊，並讓家庭與外部網路資訊連結，增進家庭資訊運用」。由於現今家庭自動化對網路連結的基本需求，在探討家庭自動化議題時，家庭網路往往是不可或缺的一部分。

2-2 家庭自動化之演進

如前節所述，自動化的觀念源自於工作場所，目的在提昇工作效率。同樣地家庭自動化的原始目的一樣是為了提昇居家工作的效率。在二十世紀以前人們對於家庭勞務所使用的工具一直沒有明顯的改變；一直到二十世紀前期由於電器用品的出現才漸漸地改變西方家庭的勞務結構與觀念（圖 1）(Harper, 2003)。

二十世紀初期因為家務工作人力（傭僕）減少，使用電力的家電於焉誕生（例如：吸塵器）以減少家務勞力需求，這開啟了家務工作電氣化的時代；早期的家電時代，家電的使用乃著重在增加家務工作的生產力（減少所需勞力）。二次世界大戰期間因生產勞務需求大增，於是社會上鼓勵婦女走出家庭開始從事傳統男性的工業生產工

作，這改變了婦女對於其勞務的經濟觀念。由於婦女的財務能力提昇，加上戰後的勞務人口結構改變，漸漸地人們對於家電使用不僅是針對經濟效益的計算，同時也慢慢增加娛樂與增進生活舒適的需求。

時至 1970 年代家電已獲得長足的發展，不但許多節省家庭勞務的白色電器（white goods）大量出現（例如：冰箱、洗衣機等），同時增進家庭休閒娛樂的黑色家電(brown goods)也成功進入家庭成為不可或缺的家庭電器；1980 年代娛樂家電（例如：錄放影機、有線電視等）更是蓬勃發展，進而奠定娛樂家電在一般家庭中不可撼動的地位。

1990 年代的網路通訊科技發展開啟「在家工作」的新紀元，而 Internet 的快速普及也創造許多以往無法實現的新服務；例如線上購物、線上銀行等等，人們甚至可利用網路遙控家裡的裝置。人們坐在家中即可使用各種服務或控制各種遠端的設備，這些科技所帶來的新基礎建設讓家庭與外界環境的界線越來越模糊，突飛猛進的行動通訊與無線網路技術更是為各種服務與整合控制增添無限可能。由於電腦與網路科技的快速發展，智慧型家電在二十世紀末期成為家電業者關注的焦點，自此家電開始明顯地脫離單機功能，轉而強調其連網性、高度整合及可調性。在技術發展上家庭環境控制已經由單獨控制單元轉變為整體的分散式整合運算，也因此家庭網路儼然成為家庭自動化的代名詞。

近一個世紀的家庭電器發展大量地取代家庭勞務所需的人力，這節省的人力也為人們增加許多的休閒時間。雖然家庭電氣化對家庭勞務的自動化已經提供了許多的改善，但人們並不以此為滿足；在建立了強固的家庭電器基石後，人們開始思索如何有效地整合家中電器，提昇其效能（功能）或增進人們生活上的舒適程度。早在 1960 年代即有連結家中電器以增進其功能的構想，但這僅止於少數的熱衷者；第一個商業的家電控制自動化產品（現今所謂的家庭自動化產品）則一直到 1970 年代晚期才誕生 (Haddon, 1995; 林慶鴻 et al., 2003)。然而家庭自動化的成功萌芽是在 1980 年代美國營建業協會（National Association of Home Builders）提出智慧建築（smart house）後才獲得商業上的重視(Harper, 2003)，人們也才開始意識到以電腦科技改進居家生環境的可行性。當然這樣的發展要素之一自然是 1980 年代開始蓬勃發展的數位化科技，數位化科技不但

簡化機電控制複雜度，同時也有效地降低其成本，而突飛猛進的微處理器技術也是家庭自動化的重要推手。

家庭自動化目的在於提供人性化的居家生活，因此如何擺脫過去僵固的機器操作模式當然是家庭自動化的重要課題，這些人機互動介面則有賴先進的電腦、通訊、感測等技術發展。為解決這樣的新技術需求，「普及運算」(ubiquitous computing) (Weiser, 1991)觀念於是誕生，為我們勾勒出未來在更人性化的電腦科技協助下人們的生活願景。未來的電腦運算發展將退去其有形的的外殼而嵌入我們日常的使用裝置中，運算機器以各種不易察覺的外在形貌存在，輔以感測裝置對外界環境的感知能力與強大的運算和網路連結能力提供自動調適的裝置功能。這不但是家庭自動化的終極呈現，也是人類應用電腦科技的人性化目標。

綜觀自二十世紀以來居家環境由開始的單機單功能電器，一直到結合微算機、網路、外在環境感知等功能而成的整合型智慧家庭環境，家庭自動化不再只是單純的勞務取代或資訊家電本身，而是含括家中各產品間（或甚至家庭外部環境）的互連和整合，圖 2 為單機的家庭電器至高度整合的家庭網路演進趨勢。

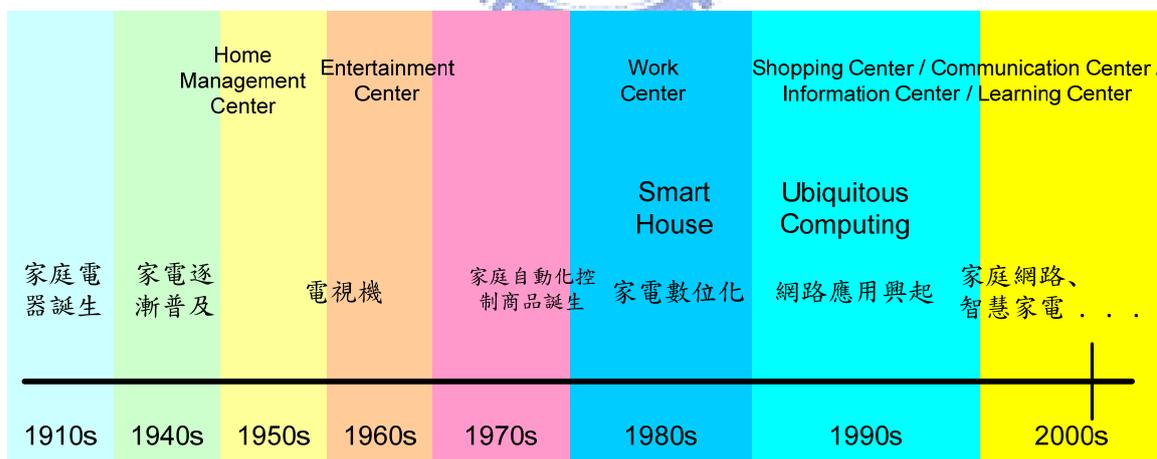


圖 1 家庭自動化演進

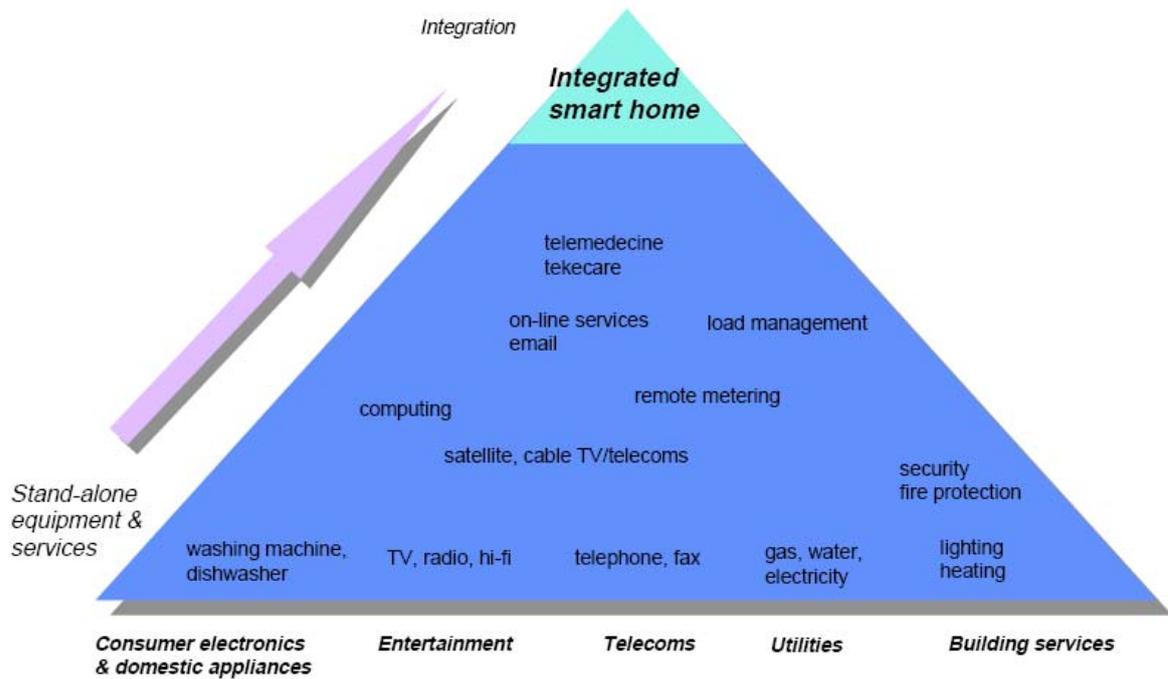


圖 2 家電整合趨勢

資料來源：(Barlow and Gann, 1998)

2-3 家庭自動化的功能性與需求

2-3-1 功能分類

以家電科技在家庭活動中所扮演的功能角色區分，家庭自動化科技有以下分類 (Venkatesh, 2008)：

- 促成科技 (enabling technology)：

讓任務的執行更有效率、更有品質，例如以洗衣機代替人工洗衣即是一項促成科技的實現。

- 媒介技術 (mediating technology)：

將使用者連結至他的生活環境，例如擁有多頻道的有線電視將人們更有效地連結到娛樂世界。媒介技術帶給使用者的影響往往比其直觀上的功能面來的複雜，因為人們使用媒介技術的目的並非單純針對它的直接功能，而是此功能背後所連結的世界。以有線電視為例，人們使用該科技目的是與媒體世界建立更強的連結，這樣的關係往往會影響人們在生活

上的心理狀態與社會關係。

- **轉化科技 (transformative technology) :**

改變家庭的基本活動模式，例如 PC 讓人們可以將工作帶回家，讓人們可以從事線上購物、學習、通訊等等活動，它徹底地改變家庭的基本生活型態。

每一項家庭設施在不同的情況下可能扮演不同的角色，例如 1950 年代的電視機改變了人們的娛樂習性與資訊接收方式，進而改變其生活型態，在此環境下電視機扮演著轉化生活的角色；但時至今日一個家庭更換一部電視機對其影響是相當微小的。相對地由於現今資訊科技（數位生活）的發展，電視機在我們的生活中所扮演的角色又起了一些變化，它不再只是連結娛樂世界的窗口，它更是連結網路資訊、數位內容、甚至家庭控制中心的窗口，因此可以預想的是其在未來對我們生活的中大改變。

2-3-2 需求分析

不論從功能區分或應用領域不同，不同使用者對家庭自動化有不同的需求，以下就各文獻分析探討家庭自動化的各種不同需求分析。

(方仁祥, 2005)的研究認為未來的數位生活有以下的發展平台：「家庭多媒體娛樂中心」、「家庭資訊學習中心」、「家庭安全照護中心」、「家庭網路通訊中心」。其所要滿足的人類需求是：「舒適愉悅的滿足」、「經濟學習的滿足」、「安全健康的滿足」、「便利無礙的滿足」。

若將家庭活動以其功能區分為：home management center、entertainment center、work center、shopping/financial center、family interaction center、information center、communication center、learning center 等，圖 3 顯示美國家庭對電腦的使用情形(Venkatesh, 2008)。從研究結果顯示，數位家庭有以下幾個值得注意的趨勢：

- Computer orientation of the household
- Computer integration
- Domestication of the computers

- Feminization of computing
- Changing perceptions toward computers

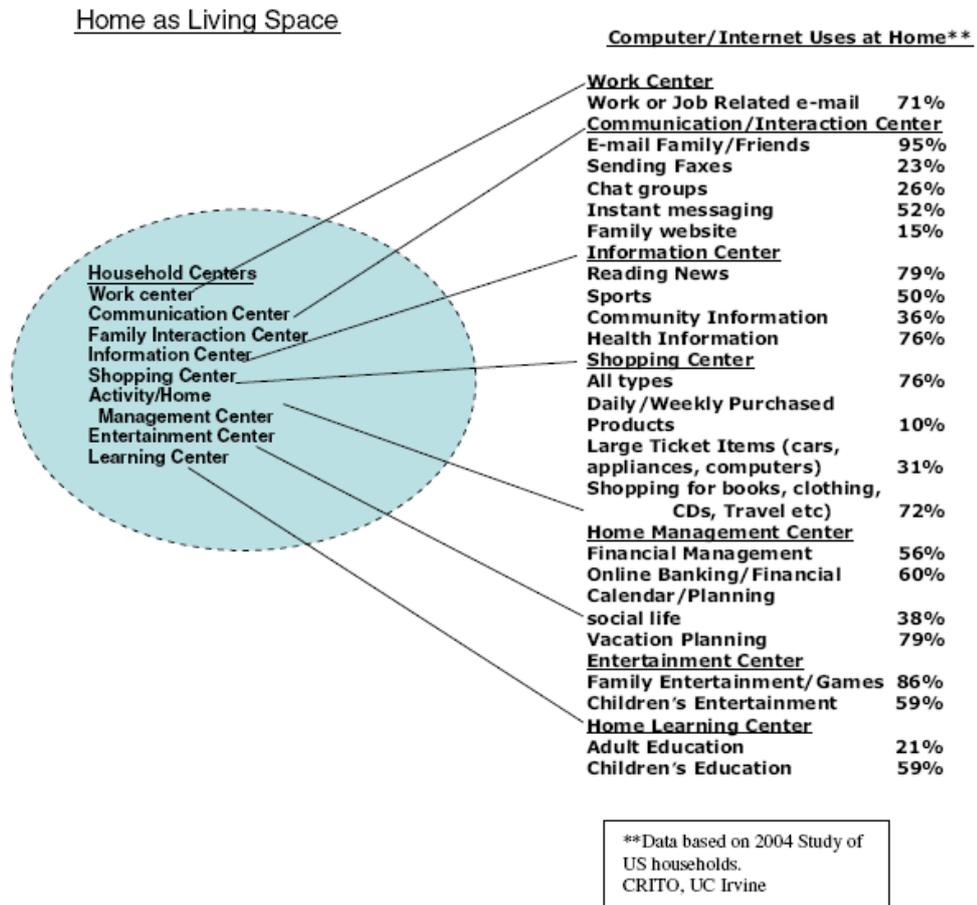


圖 3 電腦在家庭的使用情形

資料來源：(Venkatesh, 2008)

另外的研究報告顯示一般使用者較關心的智慧型住家需求項目有(Gann et al., 1999)：

- 安全與家電使用的便利性
- 能源和環境管理
- 內部與外部的通訊改善（家庭設施的遠端遙控）
- 對老年人或殘障者的醫療照顧

- 新型態的娛樂與商業應用

相關的產品需求研究則指出未來的數位家庭產品必須具備以下特徵(哈嘉琪, 2005)：

- 資訊共享
- 隨插即用
- 無限傳輸
- 影像加值
- 資料儲存
- 輕薄短小
- 功能整合
- 生物科技/人工智慧化

2-4 家庭自動化的議題與限制

家庭自動化的觀念與技術源自於辦公室自動化，隨著資訊科技的進步，辦公室自動化的整合和智慧性發展也一直有快速的發展與應用，然而家庭在自動化應用方面畢竟是有別於工作環境；這樣的差異導致人們無法單純地以複製工作環境自動化的方式成功地將自動化有效地帶進居家環境中。兩者主要的差異在於(Hindus, 1999)：

家庭不是工作場所：

工作場所是一個高度整合科技的運用環境，它在科技運用上有專業的規劃、安裝與維護，這些都需要高昂的投資成本。相對地，家庭環境無法擁有如此專業與高成本的投資。另外工作場所主要成員為經過專業訓練的成人，相對於家庭環境中各種不同年齡與行為能力的成員組合，家庭必須提供更安全的環境。

家庭消費者不是知識工作者：

不論是消費的動機、決策與資源運用，一般消費者和知識工作者有著不同的模式。一般消費者的消費著重在時尚、美觀、主觀印象、價錢與實用性上，

相對地在工作場所的採購決策主要是針對生產效率的考量。因此工作場所的規劃與實作經驗無法滿足一般消費市場需求。

家庭不是組織性的機構：

家庭不像一般機構有著嚴謹的組織階層關係，家庭中的成員關係更為複雜而且不明確，因此家庭成員在決策與價值觀上往往存在極大的差異。

根據研究顯示具有智慧型功能房屋的地點、品質、投資潛力 (investment potential)、投資效益 (value for money)、住宅便利性與格局是人們購屋決策的首要考慮因素，相對地在能源效率、舒適與便利性功能、居家安全功能、通訊能力等因素雖然也被認為是相對重要的考慮因子，但是這些家庭自動化的發展目標項目其權重卻遠不及前述的決策因子(Petersen et al., 2001)。分析其原因是購屋者或投資者認為這些因子相對地也會影響到房屋的投資潛力、價格與品質。

對於智慧型住宅的使用與認知困難可以從技術、使用者與市場分析其影響因素。從技術角度分析智慧型住宅主要問題有：

標準化：

在家庭自動化網路系統中，眾多的通訊標準形成各自自動化產品不論在採購、整合、維護上的困難與成本。目前雖有一些機構或聯盟著手制定標準，但目前並沒有一個強勢而被普遍接受的標準。這其中牽涉通訊介面技術與協定制定等問題。

使用者介面：

家庭自動化的發展是為了服務所有家庭成員，而自動化系統與成員們的溝通則透過系統的使用者介面。對居家環境裝置而言如何提供一個直覺而有效率的使用者介面，是一個重要的課題。所謂的普及運算發展目的之一即是為解決機器與人間的互動感知，其牽涉感測器、語意解析、影像辨識、…等。

安裝與設定：

目前在實現家庭自動化上，不論是實體安裝或邏輯上的設定，到後續的維護工作等在在需要專業的協助。如前面所述，家庭環境並非一個具有專業知識

人員的集合體，因此如果能加強系統裝設與維護上的便利性，將可大幅降低自動化系統的應用門檻。

由於居家和辦公室環境本質上的差異，在發展家庭自動化方面我們有許多方面的議題必須克服。根據研究發現人們在心態上排斥居家環境過度的科技化，但仍然對於符合其既有行為模式的新科技抱持開放的態度(Venkatesh, 2008)。從市場與使用者角度，同一文獻中作者認為家庭網路面臨的議題有：

相關科技對大部分家庭成員過度複雜：

家庭網路與一般家電不同的是，家庭網路的規劃與維護並非直覺式的操作使用，而是需要相當專業的知識與技術，這些需求往往超出大部分家庭成員所能負擔的條件。

網路業者缺乏推動網路科技的動機：

單純地提供家庭用戶寬頻接取服務已經夠維持網路業者的生存，因而無需提供額外的商品。基於此原因業者更願意將資源與注意力著重在建設更高的網路頻寬。

潛在的隱私問題：

智慧型家電與網路的使用可能引發安全上的漏洞，而因網路所帶來的資訊外溢也是家庭成員較無法接受的。

使用者介面問題：

缺乏方便有效的使用者介面。

從市場角度，家庭網路還有以下影響因素(Greichen, 1992; Harper, 2003)：

成本：

無法達到普及的價格門檻，其中包含產品價格、研發成本、安裝、支援與服務成本，這些高昂的成本使得家庭自動化難以推展至「中高」收入者。同時對於舊住宅建築實施家庭自動化規劃必須翻新房屋，這同時也提高其成本。

使用者介面：

缺乏簡單有效的使用者介面。

標準：

缺乏一致的標準同樣會對市場產生障礙，缺乏標準則缺乏大量生產規模與競爭促使價格降低。

技術導向：

廠商長期以技術導向 (technology push) 開發產品，而忽視使用者實際的需求。

缺乏瞭解：

潛在消費者不瞭解家庭自動化的意涵與功能，進而無法看到家庭自動化所帶來的好處。

從家庭電器發展歷史分析，消費者經歷很長的時間才普遍接受電器生活，因此若以家庭電器的發展軌跡類比家庭自動化發展，其整體應用環境必須滿足以下條件後，市場才会有快速成長(Gann et al., 1999)。

- 
- 一、有可靠的基礎建設和服務
 - 二、新設備獲得安全性上的驗證
 - 三、市場能提供可靠、安全、負擔得起的商品
 - 四、重新設計住宅房屋使其能與新設施搭配
 - 五、利用示範其優點與減緩可能的憂慮以提高社會接受度。

綜合以上研究文獻，表 1 整理家庭自動化在「技術」、「使用者」、「市場」等構面所面臨的限制因素。

表 1 各構面下家庭自動化的限制因素

限制因素 \ 構面	技術	使用者	市場
標準化	√		√

使用者介面	√	√	√
技術可接受性	√	√	√
使用者導向開發			√
網路業者缺乏動機			√
潛在的隱私問題		√	
成本			√
消費者缺乏瞭解			√



三、TRIZ 理論

3-1 TRIZ 發展背景

TRIZ 為俄文 Teoria Reshenia Isobretatelnykh Zadatch 縮寫，意思為「創意性問題解決理論」(Theory of Inventive Problem Solving)，由俄國發明家 Genrich Altshuller 於 1940 年代從 20 萬件專利中挑出其中 4 萬件被認為具有創新方法的專利，歸納問題的基本型態與解決問題的基本原則發展而成的創新系統方法。從專利分析中他發現每一個具有創意的發明基本上都是在解決需求上的衝突，也就是他所謂的「科技矛盾」(Altshuller, 2006)。他從這些分析中歸納出約 1500 個科技矛盾，並進一步整理出可以解決這些問題的基本原則(Altshuller Institute for TRIZ Studies)。1990 年代初期由於前蘇聯的經濟惡化促使大量的 TRIZ 專家移民美國與以色列等國家，並致力推廣 TRIZ，從此開啟 TRIZ 在國際發展的新頁(Ideation International)。

時至今日 TRIZ 已經是一個國際性的創新理論，眾多研究團體投入分析數以百萬計的專利以找出問題與解決方案的模式(The TRIZ Journal)，很多企業已將 TRIZ 應用於各種不同層面，作為各種科技創新及技術發展趨勢的分析工具。

3-2 TRIZ 理論的基礎

3-2-1 系統性矛盾

解決一個問題的過程中，我們常面臨一些系統參數間的衝突現象，例如為增加汽車的速度而使用更大的引擎以提供更大的馬力，但相對地更大的引擎卻也增加汽車的重量而不利加速性能。這樣的情況有如翹翹板一般，當翹翹板的一端上升時，另一端同時跟著下降，這是一個無法改變的自然現象。在這樣的系統中我們頂多只能在權衡下取得一個較佳的折衷方式(工程解決方案)，如果我們要讓翹翹板的兩端能同時上升，我們需要一個不同的系統(至少是重大的系統改變)——創新發明。Altshuller 從他的研究中發現如果能夠善用系統內部的矛盾，將其原本對系統的有害特質轉化為有利

的條件，則往往可以發展出具有創新意義的發明。

分析系統中的矛盾關係成為 TRIZ 發展與操作的重要關鍵，傳統的問題解決方法傾向於採用直觀的思考並發現可能的解決方案，然而 TRIZ 則著重在問題(矛盾)的歸納，並從過去的經驗法則找出可能的解決方法。

圖 4 比較傳統直觀的問題解決方式和 TRIZ 的一般性法則運用差異(Spain, 2003)。如果想像一個問題與它的解決方案之間被一面牆所遮擋(如圖 4a)，那麼傳統的腦力激盪則是意圖透過對牆壁的鑽掘希望能夠露出足夠的洞口讓我們看到解決方案(圖 4b)，這樣的方法使得不同問題間的解答途徑往往缺乏重複性。而 TRIZ 則著眼於問題的歸納，找出問題的一般型態，然後透過一般性的可能解決方案獲得最終的解答(圖 4c)。類似數學問題(圖 4d)，我們著重於問題的概念化與公式化，而不是隨機地嘗試不同的解答。

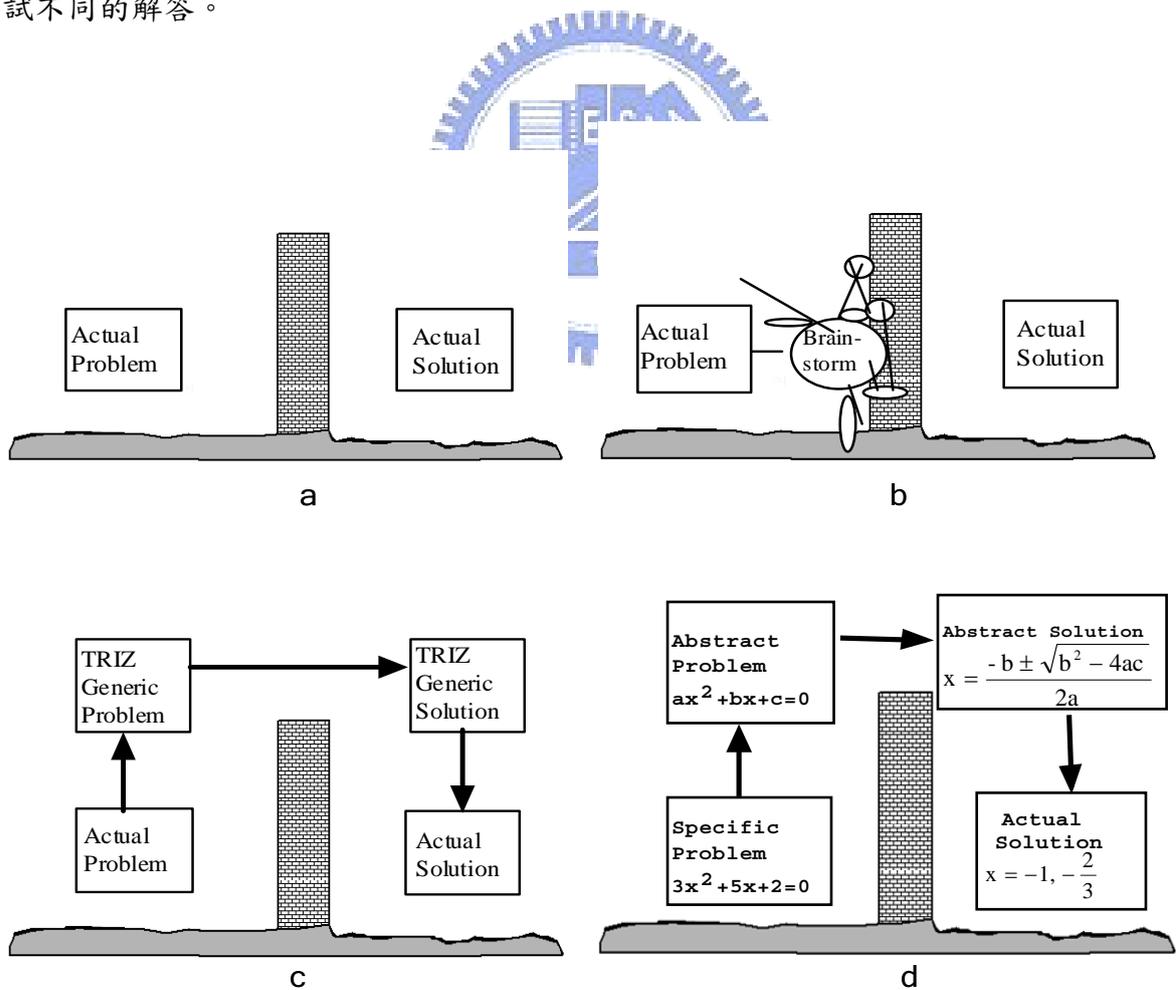


圖 4 問題解決方式比較

資料來源：(Spain, 2003)

3-2-2 發明的層級

基於 TRIZ 的理論發展特性，TRIZ 可以被定義為：一個以「知識庫系統」為基礎的「系統性」發明問題解決方法(Savransky, 2000)。TRIZ 所提供的一般性問題解決方法是經過大量的專利分析整理，加以將自然與工程科學效應知識分類與重組而形成「啟發性的問題解決方案」。而這些啟發性的問題解決方案是透過系統性的結構以明確的步驟使人們更有效率地將這些已知的解決方案應用於現有問題分析上。

Altshuller 從他認為具有創新方法的 40000 份專利中，將這些專利的問題解決方法分類成五個層級（表 2）(Terninko et al., 1998)。

表 2 創新發明層級
資料來源：(Terninko et al., 1998)

層級	說明	比率 (1964 ~ 1974)
Level 1	採用專業領域內明顯的解決方法	32%
Level 2	在一些折衷情況下改善現有系統	45%
Level 3	從本質上改善現有系統	18%
Level 4	採用不同科學領域知識所產生的新世代設計	4%
Level 5	新科學的發現	1%

Level 1：嚴格上講，此層級的發明並非真正的發明，它是對既有系統的有限延伸或改善（例如增加牆壁的厚度以增加房屋的隔絕效果）。一般而言這些

發明可能是很好的工程表現，但是並未對系統所面對的矛盾問題有所瞭解和解決。

Level 2：此層級的解決方案嘗試降低一些系統上的矛盾，但其仍然必須接受一些妥協（折衷）。雖然此層級的發明僅需單一領域技術的解決方案或將該領域的其它技術知識加入其創新元素中，但它確實對系統產生一些改變，並且增加一些新功能。

Level 3：透過引進一些新的元素以達到有效解決現有系統的矛盾關係，這樣的發明通常是從其它產業領域尋找合適的觀念或原理，並將其整合至原來問題系統所在的產業；其所造成的影響是對原系統所在產業環境的改變。

Level 4：引進完全不同的原理以達成原系統的主功能，由於基本原理的改變使得原來系統的矛盾不復存在。此層級的發明所採用的原理與現象是在原領域內鮮為人知的，因此此類方法的發明是來至自科學上的搜尋而非技術上的。

Level 5：由於新科學的發現並將其應用於問題解決上，它提供超出現有科學知識範疇的理論應用。Level 5 的新發明將引發更多其它四個層級的發明，例如雷射理論的發明導致日後在印表機產業與量測儀器的應用發明，所以一個解決方案的發明層級是隨時間有所不同的。

由於 Level 1 的解決方案僅是對既有領域知識的有效運用而非創新性的問題解決，而 Level 5 的發明則需透過對新自然科學的瞭解，且其提供的參考樣本太少而無法有效辨識其發明相似處；所以 Altshuller 把他的發明理論著重在 Level 2~4 的發展上。

3-2-3 理論應用

科技演進歷程、科技矛盾、最終理想解答與系統分析方法是 TRIZ 理論的基礎目標，在技術問題解答方面 TRIZ 提供下面的系統方法與科技問題解決歷史歸納特徵供問題分析，進而提供啟發性的問題解決方向：

- 矛盾矩陣

- 質場分析 (Su-field analysis) 與標準解法
- 科學與技術效應
- ARIZ

在實際的科技開發過程，企業除了必須對現有科技問題提出有效的解決方案外，更需要瞭解目前使用的科技在其科技發展歷程中的階段，如此才能在「繼續發展現有技術」或「開發新一代技術」間作最有效的評估與選擇(龔益鳴 and 丁明芳, 2004)。

TRIZ 認為科技系統有其萌芽期、成長期、成熟期、衰退期等生命週期階段，依循這樣的發展歷程，一個科技系統在其生命週期 S 曲線 (圖 5) 不同階段可以採取相對的因應策略。TRIZ 從效能(performance)、經濟效益(profitability)、創新層級(level of invention) 與創新數量(# of inventions)等構面分析科技的發展階段，和其它 TRIZ 問題分析與解決工具結合在一起，可以用來對各種系統的未來設計做出明智而審慎的分析與評估。從生命歷程演進，TRIZ 提出一個科技系統可以依循的改進方向：

- 增加理想化程度
- 次系統非統一的演進化
- 變遷到更高層次的系統
- 增加彈性
- 縮短能量流程途徑
- 從巨觀層次變遷到微觀層次

雖然本研究目的在使用 TRIZ 問題解決分析工具找出家庭自動化系統應該採用的技術架構，但是針對本研究所歸納之個別科技應用領域，S 曲線分析對於後續研究工作將可以成為一個相當有用的分析工具。

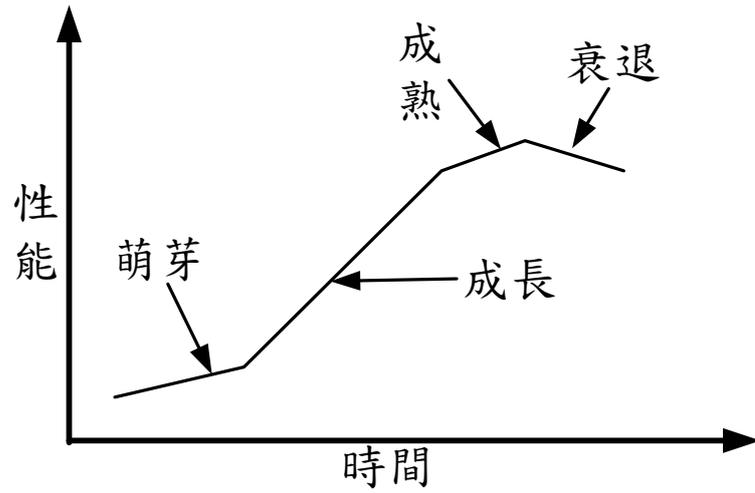


圖 5 科技系統生命週期 S 曲線

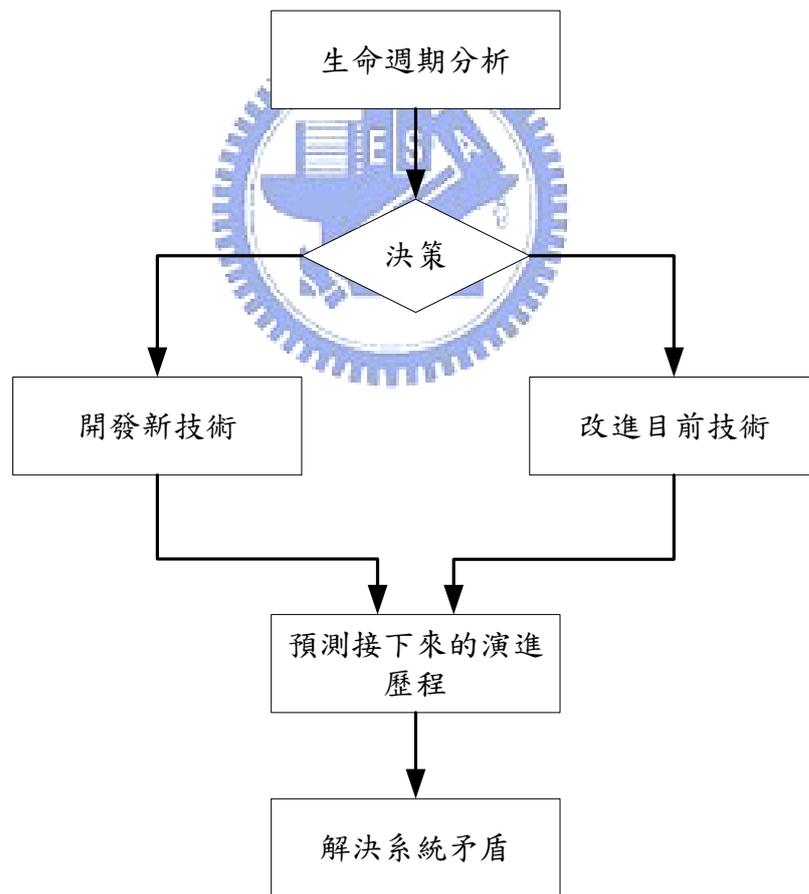


圖 6 S 曲線於科技創新之應用

3-3 TRIZ 理論的分析工具

透過分析大量的發明方法，TRIZ 將各種可能的系統問題歸類成不同的矛盾關係，進而整理出對於各矛盾關係的可能解決方法，透過這些方法的分析、整理與累積，TRIZ 提供一個系統化的方法讓我們從問題分析到最終解決方案得到一個連貫的演繹過程，而不是漫無目標地嘗試錯誤。圖 7 為 TRIZ 的創新問題演繹步驟。

處理一個系統問題時我們透過收集此問題的相關資訊，將問題切割以標示出系統中造成這些問題的矛盾關係（亦即建立問題的一般性描述）。在獲得問題的矛盾關係後，透過矛盾表找出相關的創新法則，將這些法則以類比方式透過實際的工程應用與實驗套用至實際的系統中找到最後的實際解答。

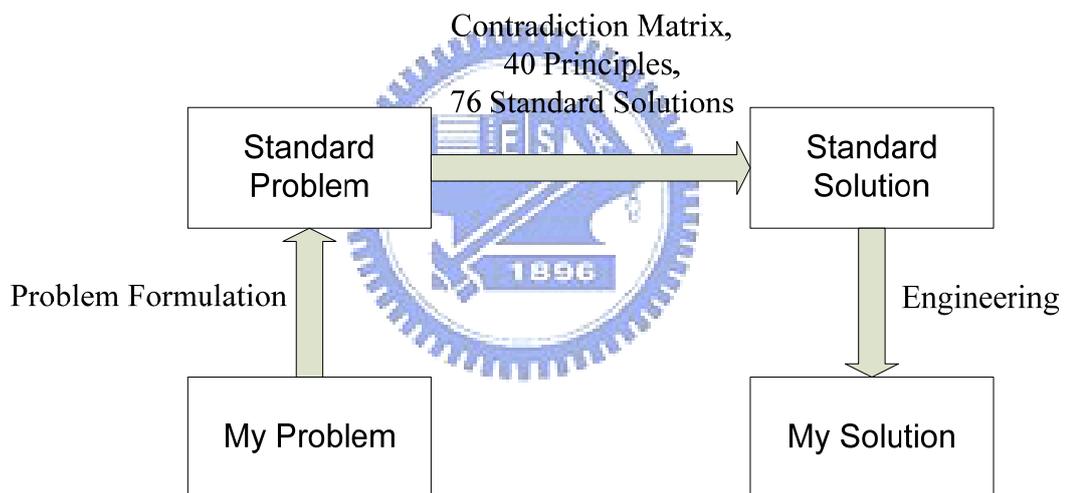


圖 7 TRIZ 創新發明步驟

3-3-1 問題分析

創新活動第一個步驟就是要清楚定義出該活動的目的與實際遭遇問題。在實施 TRIZ 操作前，我們必須先瞭解如何將一個特定問題的需求透過分析然後將其轉化為一般性問題描述（standard problem），然後才能將問題對應至相關的解答題庫。在分析問題過程若有一個制式化步驟協助我們完成問題描述，將會比採用一般性理解問題更為有效。TRIZ 的問題分析步驟最常用的是 Problem Formulation 和 Substance-Field Analysis（Su-field analysis）。

Problem Formulation 是透過一連串的有利功能 (UF, Useful Function) 與有害功能 (HF, Harmful Function) 的圖形連結找出系統的主要功能 (PUF, Primary Useful Function) 和主傷害功能 (PHF, Primary Harmful Function) 的功能需求與利害關係。首先我們要先找出系統的 PUF 和 PHF，然後以圖 8 的功能關係繪出 PUF 至 PHF 的連結圖 (或相反)。

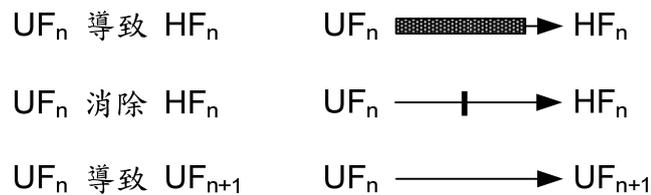


圖 8 UF 與 HF 關係表示法

當設計一個高效率礦砂處理熔爐時，設計者可能遭遇到的問題是高溫產生爐壁過熱。為處理過熱問題，設計者需要以高壓方式將冷水唧送至爐壁內的管路以冷卻爐壁，但若爐壁內的管路裂開則水會透過爐壁滲漏至熔爐內而導致爆炸。將以上問題以圖 8 方式繪製而成圖 9 的關係圖(Terninko et al., 1998)。從關係圖我們可以看出這個問題在於「高溫導致過熱」與「滲漏導致爆炸」，因此我們可以將可能的問題解決方向條列成：

- 找出避免在管路滲漏情況下導致爆炸的方法。
- 找出利用「爆炸」所產生好處的方法。
- 找出避免在高壓下且管路裂開情況下導致爐壁漏水的方法。
- 找出避免高溫下導致爐壁過熱的方法。
- 找出利用「爐壁過熱」所產生好處的方法。

...

透過這樣的分析讓問題與解答之間的演繹過程更清晰也更明確。

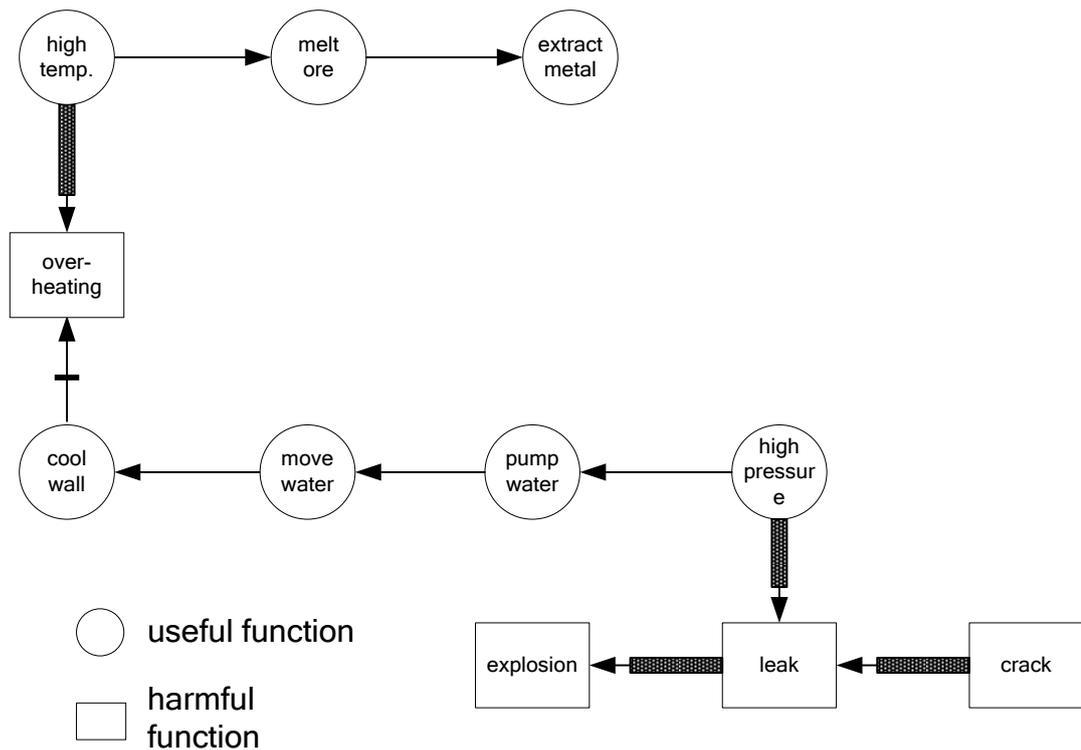


圖 9 UF 與 HF 關係圖

資料來源：(Terninko et al., 1998)

一個系統功能的產生無非是系統內各物質間交互作用的結果，當我們要改善一個系統的效能時，也就是將系統內的物質重新結構使其間的交互作用更有效率。Su-field analysis 將系統的組成元素分成物件 (substance) 和場 (field)，一個最基本的完整系統包含兩個物件與作用於物件上的場。將產生系統功能的物件稱為 S1，它透過另一個物件 S2 的影響而產生 S1 所要的結果，而 S2 對 S1 的影響則是經由場 F 作用而產生。圖 10 為一個 Su-field 分析模型，當榔頭經由脈衝空氣的機械場作用而敲擊岩石，進而使岩石碎裂。Su-field 分析模型中的物件可以是一個簡單物體或複雜的系統。

對於一個被有效結構後的問題 (formulated problem)，Su-field 分析可以協助分析者清楚地瞭解到現有的系統設計是屬於：

- 一、有效率的系統 (effective complete system) — 設計者已達成理想的設計。
- 二、不完整的系統 (incomplete system) — 設計者必須補足使系統完整。
- 三、低效率的系統 (ineffective complete system) — 設計者必須改善系統效能。

四、有害的系統 (harmful complete system) — 設計者必須排除負面效應。

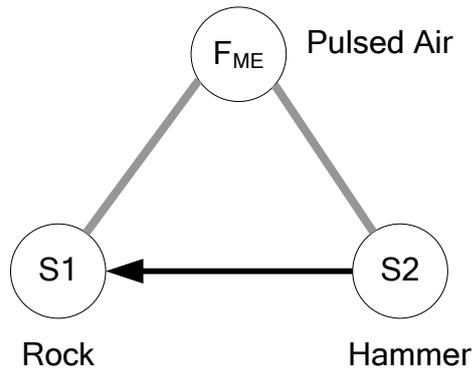


圖 10 Su-field 模型

3-3-2 矛盾分析

當設計者將一個問題經過系統化分析，把可能的問題方向條列出之後，他便進行矛盾關係的分析，試圖找出可能的解決方向。TRIZ 理論中最常用來分析系統矛盾問題的工具便是「矛盾矩陣」(contradiction matrix)，TRIZ 將可能產生衝突的系統參數彙總為 39 個，在系統中每一參數與另一參數間均可能產生矛盾關係，因此我們可以將欲改善的參數與其相對產生惡化的參數間以一個 39 X 39 的矩陣表示 (表 3)，矩陣格內的數字即為可能的創新法則。從大量的專利分析，Altshuller 將各種創新方法彙整成「40 創新法則」(40 principles)。

找出可能的創新法則之後，設計者可以經由知識庫查詢找出可能的實際解決方案。進行「矛盾矩陣」分析之前設計者必須先將問題清楚地結構並將面臨的問題全部條列出，problem formulation 方法則是一個很好的問題分析工具。

Su-field 分析模型通常伴隨使用「76 標準解法」(76 standard solutions) 提供通則性解決方案，這些通則藉由知識庫的協助可以給予設計者在解決問題時的突破性思考，而有效地發現並運用跨領域的創新方法，圖 11 為 Su-field 分析與「76 標準解法」運用的流程(Terninko, February 2000)。在建構成 Su-field 模型後 (Step 2) 設計者分析此系統是否為一個有效率的系統 (effective complete system)，若是則以此模型實現該設計，若不是則透過「76 標準解法」分類找出替代方案 (Step 3) 並佐以知識庫的協助提供場 (field)。

物 (substance) 的關係與可能應用。Altshuller 領導的研究將這些法則分成以下五類(Mao et al.; Domb et al., 1995; Terninko et al., February 2000; Terninko, February 2000) :

- Improving the system with no or little change (13 standard solutions)
- Improving the system by changing the system (23 standard solutions)
- System transitions (6 standard solutions)
- Detection and measurement (17 standard solutions)
- Strategies for simplification and improvement (17 standard solutions)

表 3 矛盾矩陣

惡化參數		1	2	3	...	39
		動態物件的重量	靜態物件的重量	動態物件的長度		生產力
欲改善參數	1	動態物件的重量		15, 8, 29, 34	...	35, 3, 24, 37
	2	靜態物件的重量				1, 28, 15, 35
3	動態物件的長度	8, 15, 29, 34				14, 4, 28, 29
	⋮					
39	生產力	35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 3	18, 4, 28, 38		

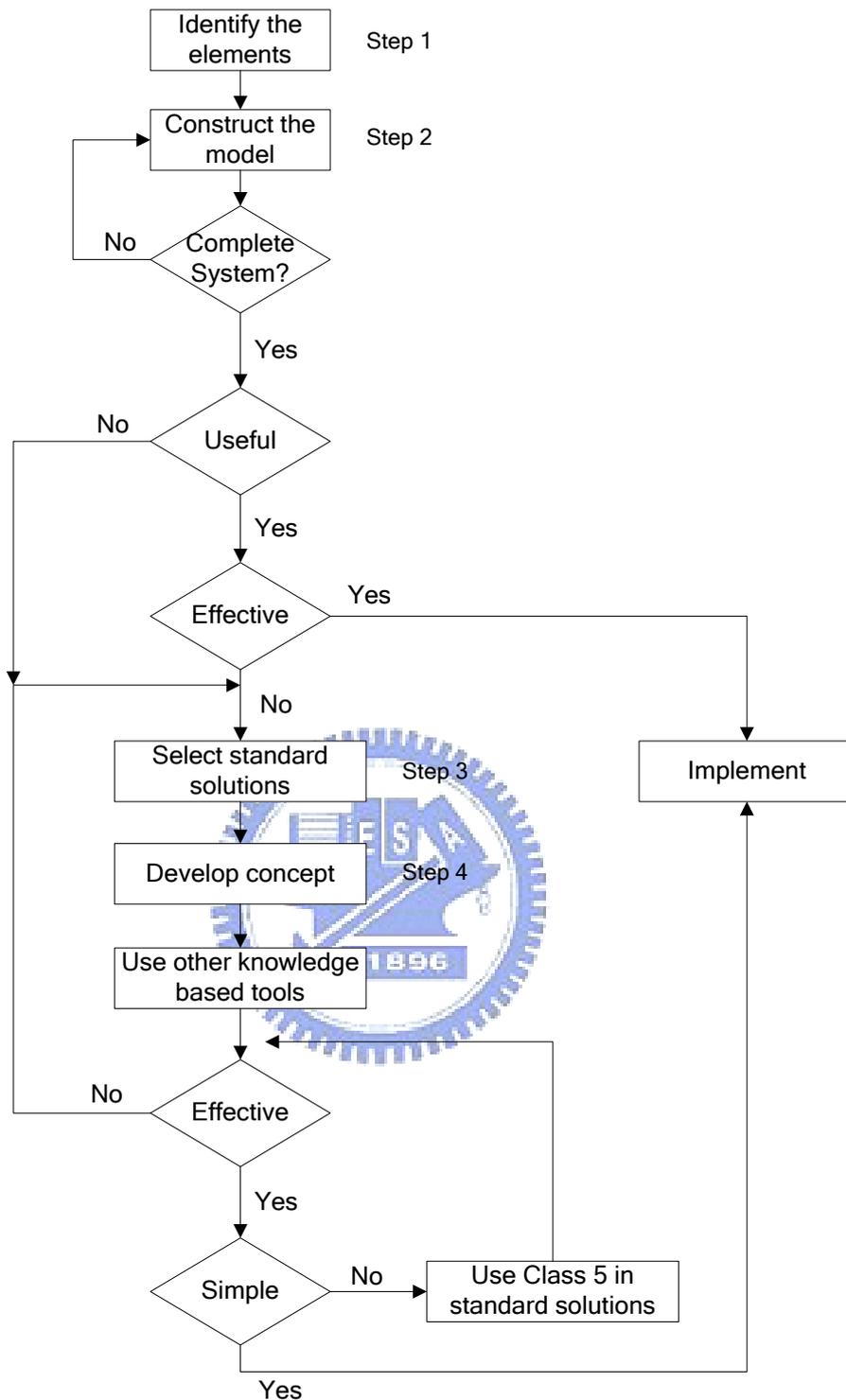


圖 11 「76 標準解法」與 Su-field 分析運用

資料來源：(Terninko, February 2000)

3-3-3 問題解答

經過「矛盾矩陣」或「76 標準解法」分析，設計者從該方法的問題分析找出可能的解決方法（standard solutions）。然而這些解決方法是透過大量發明方法彙整而成的

一般性原則，因此在實際解決一個發明問題之前，設計者必須將這些標準解決方案透過類比聯想使該方法成為具體的解決方案。

由於 TRIZ 理論將所有的標準方案有效地整理使其成為一般化的原則，因此在轉化解決方法的操作上設計者僅需藉由知識庫的協助就能快速地找出標準方法可能的具體解答。這些知識庫是透過過去經驗、專家研判、實際案例分析等經驗累積而成。



四、研究方法與架構

有別於一般工廠自動化，家庭自動化的技術發展必須同時考慮技術與人機互動問題，隨著科技發展雖然許多自動化的個別技術已趨成熟，然而今日的家庭自動化應用卻仍未見蓬勃發展，這其中必然存在未解決的系統矛盾（不論是科技或社會）。從系統生命的發展階段分析，每一個系統會經歷四個時期(Altshuller, 2006)：

第一時期：選擇系統元件

第二時期：元件改良

第三時期：系統的機動化

第四時期：系統的自行發展

雖然今日的自動化技術已有長足進步，但從系統生命階段分析家庭自動化系統，它應存有突破性發展的空間。本研究目的在利用 TRIZ 理論從技術創新角度探討家庭自動化的未來技術發展趨勢，以勾勒出可能的突破性解決方案。

4-1 研究架構與流程

本研究以 TRIZ 理論為分析工具(圖 12)對家庭自動化目前所面臨的種種議題與限制，分析目前的需求存在此類系統內的矛盾關係，然後以 TRIZ 提供的標準解決方案尋找在家庭自動化發展上可能的解決方向。希望透過這些分析瞭解家庭自動化未來的發展趨勢。

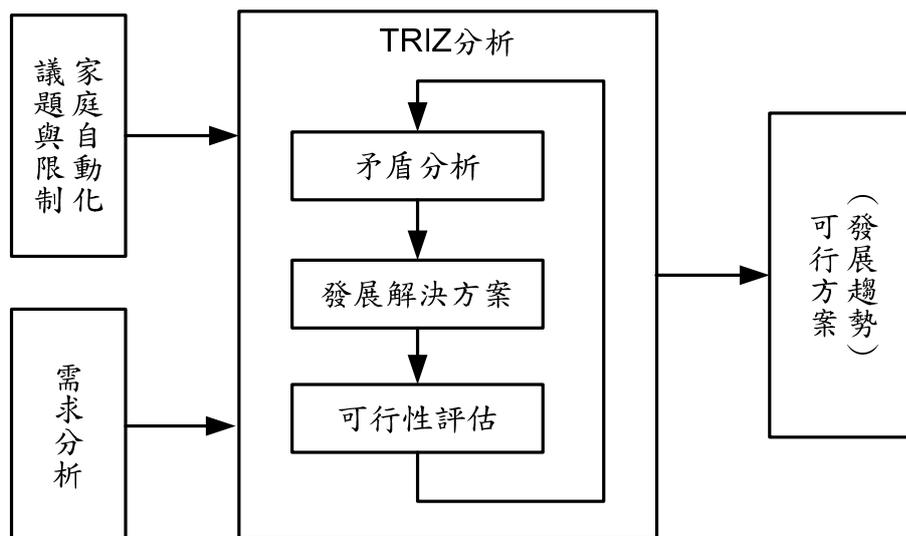


圖 12 研究架構

圖 13 為本研究之研究流程，首先經由文獻探討整理出現今家庭自動化所面臨的限制因素，然後利用 TRIZ 理論分析並探索可能的解決方案，以取得未來的發展趨勢。TRIZ 分析流程首先將由文獻探討所整理的問題加以定義並分析其功能結構與需求，然後將其需求公式化至獲得一般性問題描述。獲得問題描述後，首先檢視各需求條件間是否有明顯矛盾關係存在，若是存在矛盾關係，則以矛盾矩陣分析可能的創新法則並評估其可行性以取得可能的解決方案。若難以直接找出其矛盾關係，則另外對系統需求以 Su-field 分析其模型，輔以「76 標準解法」建構可能的有效率系統。

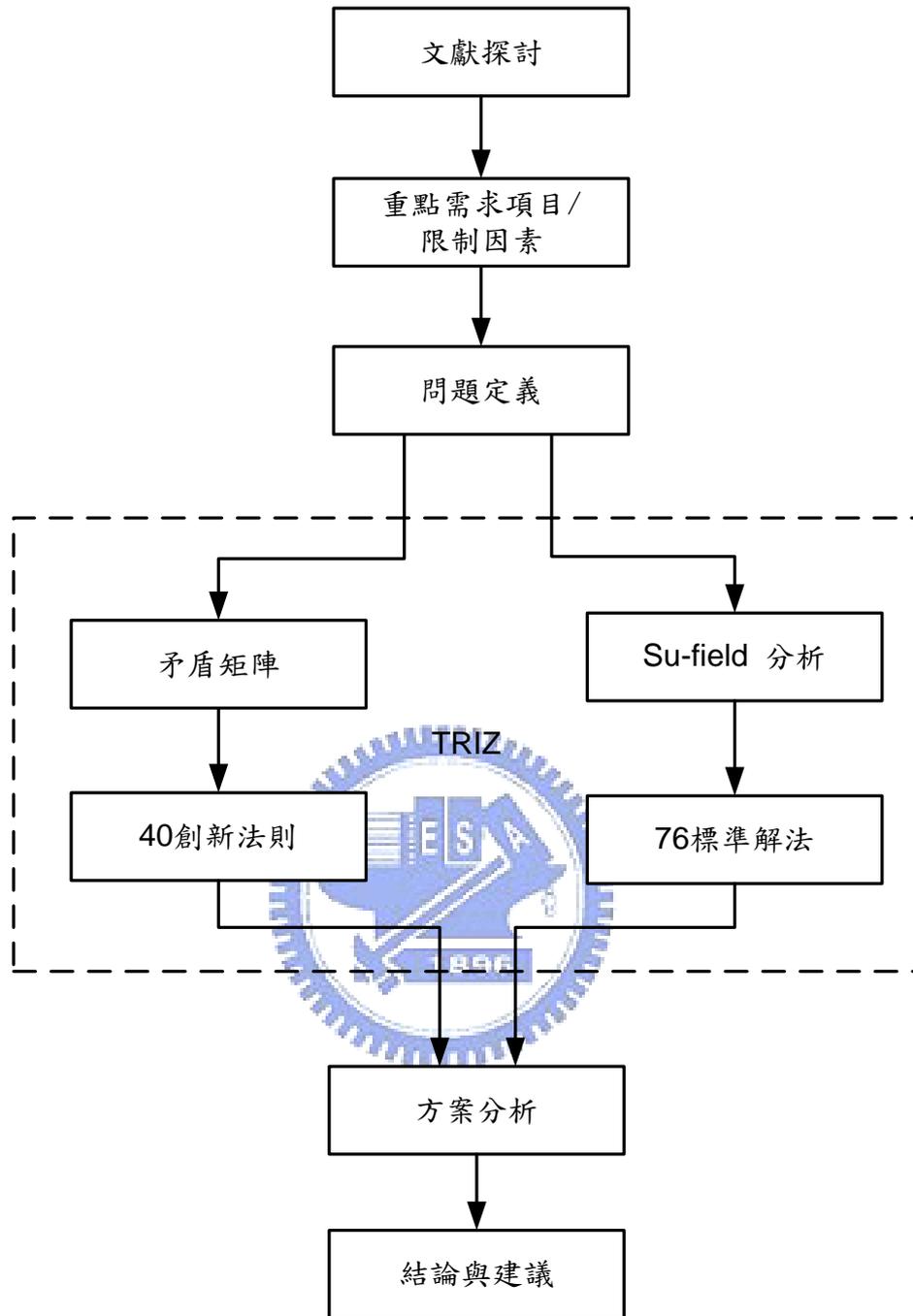


圖 13 研究流程

4-2 問題定義與分析

根據 2-4 的整理我們瞭解到現今家庭自動化的發展上面臨如下的限制因素：

- 一、標準化
- 二、使用者介面
- 三、技術可接受性

四、使用者導向

五、業者動機

六、隱私問題

七、成本

八、消費者的瞭解

其中我們將「使用者介面」、「技術可接受性」與「使用者導向」等因素歸類為「有效的操作環境與介面」，因而將影響家庭自動化技術發展的限制因素歸類為：「標準化」、「有效的操作環境與介面」與「隱私問題」。圖 14 整理出家庭自動化的功能（問題）關係，現今家庭自動化的實現主要是借助家庭網路的互通網連結家中所有設備以達到資訊互享的目的，而家庭網路在居家環境中進而衍生出「操作環境效率」、「網路裝設與維護」、「網路安全與隱私」等問題。問題分析中可以看出「標準化」是建構有效家庭網路必要的條件之一，強勢標準化的形成雖然有技術問題必須克服，但其形成主要仍依賴具市場影響力之廠家的因應與推動而形成所謂的業界標準，因此在「標準化」問題上廠商之市場影響力反而較具決定性因素。

從上面問題關係分析，要改善家庭自動化限制因素吾人必須針對「操作環境效率」、「網路裝設與維護」、「網路安全與隱私」等問題提出解決方案。以下各小節即針對此三問題各別利用 TRIZ 分析其可能的解決方案。

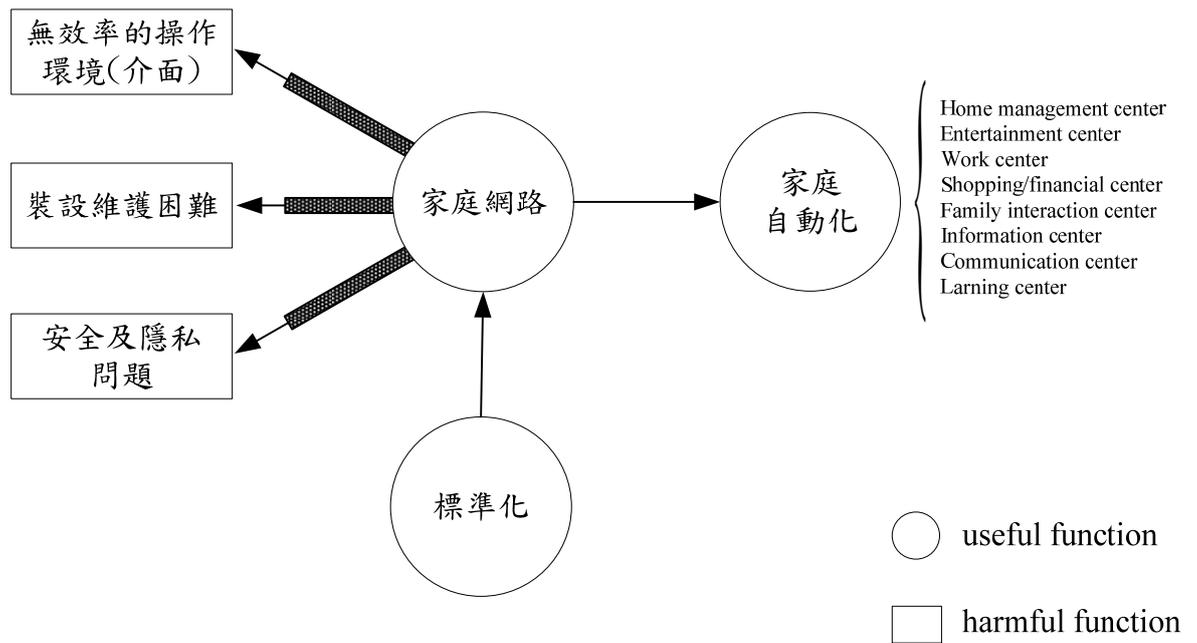


圖 14 家庭自動化問題關係

4-2-1 操作環境效率

影響家庭網路操作環境效率的因素首推使用者介面。對家庭成員而言，家庭網路往往過於複雜，而現今的家庭網路操作大部分仍沿用傳統的電腦網路操作介面，這不但無法提供直覺化的操作介面給使用者，使用者也往往因為複雜的操作環境而導致使用上的失誤。從文獻探討瞭解到，現今家庭自動化的使用者介面在於無法提供有效率的人機互動介面，圖 15 以 Su-field 分析建立使用者介面的場-物模型，以描述其無效率關係模型（以虛線表示無效率的作用）。從此模型的問題描述開始，接下來我們將利用 TRIZ「76 標準解法」分析無效率的人機介面解決方法。

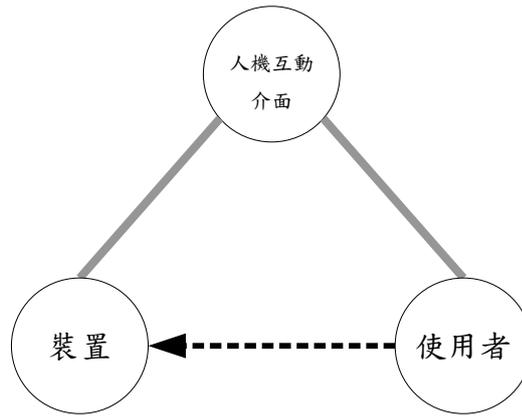


圖 15 人機介面 Su-field model

4-2-2 網路裝設與維護

家庭網路的建置條件是提供一個方便而穩定的裝置互連網路，目的在於將連結於網路上的裝置能夠互相傳達分享各裝置的資訊，使各裝置能利用這些資訊進一步進行環境狀態改變的研判進而做出適當的反應決策，提供居家環境合宜的調整與控制。從有效功能關係分析得到圖 16，要提供一個有效率的家庭網路連結，我們必須加強達到「裝置間資訊分享」、「建置容易度」與「穩定性」等要求。

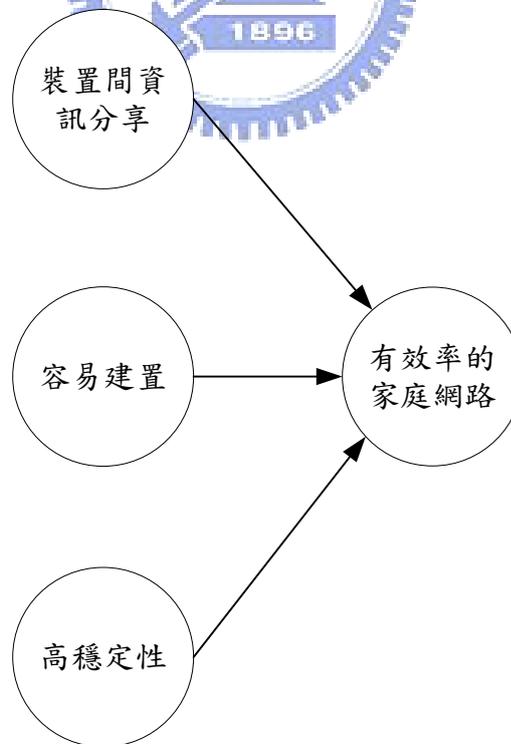


圖 16 家庭網路裝設與維護的需求條件

4-3 問題的解決方案

4-3-1 「操作環境效率」解決方案分析

從操作環境的人機介面 Su-field 模型分析 (圖 15) 我們透過系統模型的完整性、效率與有害作用等方向分析問題與其解決方案。利用 TRIZ 分析軟體 CREAX INNOVATION SUITE 3.1 (CREAX) 我們自 Su-field 模型獲得改善該低效率系統的可能標準解法 (表 4)，然後以圖 11 之分析流程為基礎分析各解法在此系統問題上的適用性。

表 5 為本研究從分析流程所歸納的解決方案結論。

表 4 「操作環境效率」問題標準解法 (已刪除重複項目)

標準解法	說明
1.1.2 5.1.1.6	Incorporate an internal additive (which may be temporary) into either of the substances.
1.1.3 5.1.1.3	Incorporate an external additive (which may be temporary) into either of the substances.
1.1.4	Incorporate an external additive from the surrounding environment (which may be temporary) in either of the substances.
1.1.5	Incorporate an external additive which is a replacement, modification or decomposition of the current external environment (which may be temporary) in either of the substances.
1.1.8.1	If a selective action is required (e.g. maximum in one place, minimum in another), and the field is sometimes too high, add a substance to protect the system from the extremes.
1.1.8.2	If a selective action is required, and the field is sometimes insufficient add a substance which interacts with the field to produce a localised effect to suit the selective requirements.

5.1.1.1	Add 'voids' to one or both of the substances.
5.1.1.4	If there are restrictions on the quantity of additive allowed, use a small quantity of a very active one.
5.1.1.5	If there are restrictions on the quantity of additive allowed, selectively concentrate the new substance into just those parts of the object that need it.
5.1.4	If there are restrictions on the quantity of substance allowed, use foams or inflatable structures.
5.1.1.8	If there are restrictions on the use of new substances, introduce a substance which can later be decomposed.
5.1.1.9	Make the added substance by decomposing the external environment.
2.2.5	Transition from a uniform or disordered field to non-uniform and/or ordered fields
2.4.9	(which may be time variant, permanent or temporary).
2.1.1	Improve the efficiency of a system by transforming one of the substances of the current system into an independently controllable Su-Field.
2.1.2	If there is a control problem, add a second, more controllable Su-Field.
2.4.11	
2.4.12	
2.4.2	Use ferro-magnetic particles.
2.4.5	Use magnetic additives.
2.4.3	Use magnetic fluids.
2.4.4	Use ferromagnetic substances in conjunction with a segmented or porous structure.
2.4.6	Add magnetic elements to the external environment.
2.4.7	Improve control by making use of physical effects associated with the magnetic substances.
2.4.10	Use a time-varying magnetic field, matching natural rhythms in the system.

4.1.1	Modify the system so that there is no need to make the detection or measurement.
4.1.2	Make the detection or measurement on a copy, image or replica of the object.
4.1.3	Transform the problem into one involving successive measurement of changes.
4.2.1	Enhance an existing or add a new field to provide an easily detectable parameter related to the parameter required to be measured or detected.
4.2.2	Include an easily detectable internal or external additive (and possibly a new field to assist the detection or measurement).
4.2.3	If it is not possible to modify the system, then introduce an easily detected additive or object to the external environment (and possibly add a new field to assist the detection or measurement).
4.2.4	If it is not possible to introduce an easily detectable additive into the environment, obtain them by changing something already in the environment (and possibly add a new field to assist the detection or measurement).
4.3.1	Make use of physical, chemical or biological effects present in the system to help make the measurement.
4.3.2	Use resonance in all or part of the system such that a change in the resonant frequency helps to make the measurement.
4.3.3	Attach something (possibly already in the environment) to the system and use changes in it's resonant frequency to make the measurement.
4.4	Introduce a ferromagnetic substance (solid or particles) to the system or it's surroundings, and use a magnetic field to help make the measurement or detection.
4.4.5	Use physical effects associated with ferromagnetics (Curie Point, Hopkings, Barkhausen, etc).
1.1.6	If you are trying to achieve a minimum action and can't, apply a maximum action instead and remove the surplus.

2.2.2 5.1.2	Increase the segmentation of one or both of the substances.
2.2.3	Transition one or both of the substances from solid to hollow to multiple cavities to porous capillaries.
2.2.4 2.4.8	Make the system more flexible or adaptable (transition from no to one to several joints and on to completely flexible structures).
2.2.6	Transition from uniform or dis-ordered substances to ones which are non-uniform and/or ordered (and may be time variant).
5.1.1.7	Apply the action to a copy of one or both of the substances.
5.1.1.9 5.5.1 5.5.3	Decompose one of the substances or the external environment.
5.5.2 5.5.3	Combine elements from a lower structural level.
5.3.1	Employ a phase transition in one or both of the substances.
5.3.2	Employ substances in which the phase transition occurs during the delivery of the useful function according to the operating conditions.
5.3.3	Use the physical phenomena occurring during the phase transition.
5.3.4	Replace a single phase state with a dual phase state.
5.3.5	Introduce physical or chemical interactions between the different phases of the system.
5.4.1	Use reversible phase transitions (or use any reversibility hysteresis) to improve the functionality of the system.
5.4.2	If a weak input needs to be turned into a large output, place the transforming substance at or close to its critical condition, such that the input acts as a trigger.

3.1.1	Combine the system with another to form a bi- or poly- system.
3.1.2	Improve bi- or poly- system efficiency by increasing the number and/or quality of the links between system elements.
3.1.3	Improve efficiency by increasing the differences between system components.
3.1.4	Integrate systems and reduce auxiliary components, and look to combine with other systems at a higher hierarchical level.
3.1.5	Distribute incompatible and/or 'opposite' properties among the system and its parts.
2.3.3	If two actions are required, but they are incompatible, one action should be performed during pauses in the other.

表 5 「操作環境效率」解決方案

項次	解決方向	參考之標準解法
1	使用隨身之遙控裝置增進操作介面使用之方便性（例如手機或具輸入功能的遠端顯示器）。	1.1.2, 1.1.4, 1.1.5, 2.1.2, 2.4.11, 2.4.12
2	導入更多的輸入出媒介（例如觸控面板）。	1.1.7
3	利用影像、聲音辨識等作為輸入媒介，或相反地以影像或聲音作為輸出方式。	5.1.1.1
4	使用折疊式顯示器或鍵盤以減小設備體積，方便攜帶。	5.1.4
5	將部分困難的操作從原操作環境分離，由專家透過特殊裝置或從遠端提供協助。	5.1.1.9
6	利用隨身遙控裝置或其它感測裝置偵測使用者身份與位置，以增加裝備操作時系統對使用情境的瞭解。	2.4.1
7	不同的控制環境（功能）使用不同的控制機制，例如客廳與臥	2.2.2, 5.1.2

	室的使用情境不同，因此可以採用不同的控制機制。	
8	自動學習並記憶使用者的操作情境模式，以適應不同的使用者習慣。	2.2.4, 2.4.8
9	以模擬方式提供使用情境的操作結果，讓使用者預先瞭解其操作的結果是否滿足預期，增加使用者的信心與學習容易度。	5.1.1.7
10	在控制系統中整合不同的輸入方法（例如語音、影像、鍵盤、位置與情境分析…），並加強各輸入子系統的交互參照，以加強系統判斷操作者意圖的正確性。	3.1.1, 3.1.2

4-3-2 「網路裝設與維護」解決方案分析

在進行「網路裝設與維護」解決方案分析之前我們必須先剖析此問題的主要形成因素有那些。參酌文獻探討結果與相關網路技術分析，本研究將影響「網路裝設與維護」的關鍵參數整理為：「網路建立與維護容易度」、「裝置間連線距離」、「固定裝置間之連線範圍」、「移動裝置間之連線範圍」與「網路穩定性」。

當我們改善以上關鍵參數的同時，我們面臨因改善該參數而造成其它參數惡化問題（表6）。由此發現 TRIZ 之「矛盾矩陣」適合作為「網路裝設與維護」問題分析，然後以其創新法則找出可能解決這些矛盾關係的方法。

表 6 「網路裝設與維護」問題之改善特性與影響特性

改善特性	惡化特性	說明
網路建立與維護容易度	有線網路佈線困難	有線通訊之佈線問題是建置網路的主要問題，同樣地日後增減有線通訊裝置的維護工作亦具相當之困難度。
	裝置間的通訊干擾	網路通訊中若各裝置未正確設定或有效地控制，容易造成裝置間的通訊干擾。
	多樣性的網路裝置	家庭網路往往包含各式各樣不同功能、

		不同廠家的設備，在這樣複雜的設備交互作用下將造成網路環境的複雜度，也就增加建置與維護上的困難度。
	網路自動化	與「操作環境效率」問題相同，家庭網路必須提供使用者在建立與維護上相當的自動化能力，否則裝置間的網路互連功能將難以在居家環境中實現。
裝置間連線距離	網路複雜性	隨著網路連線距離增加、裝置數量增加，家庭網路的建立與管理複雜度將隨著增加。
	網路自動化	與「操作環境效率」問題相同，家庭網路必須提供使用者在建立與維護上相當的自動化能力，否則裝置間的網路互連將難以在居家環境中實現。
固定裝置間之連線範圍	裝置間連線距離	網路連線範圍增加，則裝置間的連線距離也將隨著增加，增加裝置互連上的困難。
	網路複雜性	網路連線範圍增加，家庭網路的建立與管理複雜度將隨著增加。
移動裝置間之連線範圍	無線干擾	移動裝置多採用無線通訊，通訊範圍內過多的無線裝置容易造成通訊干擾。
	抗無線干擾能力	系統的抗干擾能力直接影響網路的穩定性，愈大的通訊範圍愈難排除干擾的可能性。

	電力消耗	無線裝置往往以電池作為主要電力來源，因此電力消耗將影響裝置與網路可用性，通訊範圍越大使得無線功率需求越大，電力消耗也越大。
	網路複雜性	網路連線範圍增加，家庭網路的建立與管理複雜度將隨著增加。
網路穩定性	網路規模	隨著家庭網路的規模增加，網路之維護與穩定性也將受到影響。

獲得相關特性之矛盾關係後，我們必須將各特性轉化為一般性的工程參數以便將其代入「矛盾矩陣」，表 7 為個特性與矛盾矩陣參數對應之結果。將表 7 中「欲改善參數」與「惡化參數」之工程參數代號代入「矛盾矩陣」（附錄一），則可得到相關的創新法則如表 8。

本研究以表 8 之創新法則為解題方向基礎，將其關聯至對應的實際解決方案而得到表 9 右欄的創新法則應用。

表 7 「網路裝設與維護」之矛盾矩陣參數對應

改善特性	矛盾矩陣欲改善參數	惡化特性	矛盾矩陣惡化參數
網路建立與維護容易度	32, 33	有線網路佈線困難	4, 12
		裝置間的通訊干擾	13
		多樣性的網路裝置	35
		網路自動化	38
裝置間連線距離	3, 4	網路複雜性	36
		網路自動化	38
固定裝置間之連	6	裝置間連線距離	4

線範圍		網路複雜性	36
移動裝置間之連線範圍	5	無線干擾	10, 13
		抗無線干擾能力	14
		電力消耗	19, 21
		網路複雜性	36
網路穩定性	27	網路規模	26

表 8 「網路裝設與維護」問題矛盾矩陣分析

欲改善參數	惡化參數	創新法則
網路建立與維護容易度 (32, 33)	有線網路佈線困難 (4, 12)	15, 17, 27 1, 28, 13, 27 15, 34, 29, 28
	裝置間的通訊干擾 (13)	11, 13, 1 32, 35, 30
	多樣性的網路裝置 (35)	2, 13, 15 8, 28, 1
	網路自動化 (38)	15, 34, 1, 16 1, 34, 12, 3
裝置間連線距離 (3, 4)	網路複雜性 (36)	1, 19, 26, 24 1, 26
	網路自動化 (38)	17, 24, 26, 16
固定裝置間之連線範圍 (6)	裝置間連線距離 (4)	26, 7, 9, 39
	網路複雜性	1, 18, 36

	(36)	
移動裝置間之連線範圍 (5)	無線干擾 (10, 13)	19, 30, 35, 2 11, 2, 13, 39
	抗無線干擾能力 (14)	3, 15, 40, 14
	電力消耗 (19, 21)	19, 32 19, 10, 32, 18
	網路複雜性 (36)	14, 1, 13
	網路穩定性 (27)	網路規模 (26)

表 9 「網路裝設與維護」問題之創新法則應用

欲改善參數	惡化參數	創新法則應用 ¹
網路建立與維護容易度 (32, 33)	有線網路佈線困難 (4, 12)	1. 使用無線網路。(15, 28) 2. 建築物的配線管路由一維改為二維的棋盤式配置。(17) 3. 將家庭網路切割為多個子網路，各自佈建後再以中繼器或協定轉換器互相連接。(1)
	裝置間的通訊干擾 (13)	1. 將家庭網路切割為多個子網路，以減少單一網路內過多裝置造成彼此干擾。(1) 2. 採取集中式通訊管理，由控制器統籌協調各裝置的通訊順序。(13)

	<p>多樣性的網路裝置 (35)</p>	<p>1. 各裝置提供其功能描述予其它裝置，讓網路中裝置可以只針對其有興趣的其它裝置溝通。(2)</p> <p>2. 提供軟體/韌體自動更新，使裝置能適應新功能需求或新加入裝置所需的標準與功能。(15, 34)</p>
	<p>網路自動化 (38)</p>	<p>1. 將家庭網路區分成數個不同的功能應用，每一功能自成一個子網路系統，如此降低異質系統間的通訊困難。(1, 3)</p>
<p>裝置間連線距離 (3, 4)</p>	<p>網路複雜性 (36)</p>	<p>1. 將家庭網路切割為多個子網路。(1)</p> <p>2. 以中繼器或協定轉換器連接各子網。 (24, 26)</p>
	<p>網路自動化 (38)</p>	<p>1. 擴充通訊頻道數 (FDMA)，允許無線裝置使用不同的頻道。(17)</p>
<p>固定裝置間之連線範圍 (6)</p>	<p>裝置間連線距離 (4)</p>	<p>1. 以中繼器或協定轉換器連接各子網。 (26)</p>
	<p>網路複雜性 (36)</p>	<p>1. 將家庭網路切割為多個子網路。(1)</p>
<p>移動裝置間之連線範圍 (5)</p>	<p>無線干擾 (10, 13)</p>	<p>1. 捨棄裝置間互相自由通訊，改以控制器實施集中式輪詢。(13, 19)</p> <p>2. 使用分頻 (FDMA) 或分碼 (CDMA) 等方法避免干擾。(2)</p> <p>3. 裝置自行偵測干擾發生，並在必要時關閉自身功率發射以避免干擾持續；</p>

		或預設關閉自身功率發射，待控制器確認使用時機與正確設定後再行開啟。(11)
	抗無線干擾能力 (14)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 小心選擇無線裝置安裝地點，降低個別裝置受干擾程度。(3) 2. 使用具指向性之無線通訊，甚至讓裝置能自動調整通訊方向與輸出功率。(14, 15)
	電力消耗 (19, 21)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 使用間歇性通訊傳輸或需要通訊時才開啟無線傳輸。依操作模式改變處理器運算速度或關閉不需要的周邊裝置降低電力消耗。(19)
	網路複雜性 (36)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 將家庭網路切割為多個子網路。(1) 2. 情況許可下，讓裝置僅接收而不傳送訊號。(13)
網路穩定性 (27)	網路規模 (26)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 每一控制裝置僅處理其自身負責的功能（不介入其它裝置的協同作業），或減少協同作業的控制裝置數量，避免因單一裝置故障而影響整體網路功能。(3) 2. 增加網路中裝置所需資訊的來源數量，以複合性的資訊來源建立較強的互補網路，使單一裝置失效不致影響整體系統功能。(40)

註: 1. 括號內數字為對應之創新法則代號

4-3-3 「網路安全與隱私」解決方案分析

同於 4-3-2 之分析，本研究對「網路安全與隱私」之影響參數整理為「網路安全」與「資訊安全的可靠度」，改善各特性所引發的惡化特性如表 10 所示。

表 10 「網路安全與隱私」問題之改善特性與影響特性

欲改善特性	惡化特性	說明
網路安全	外部環境對家庭網路的控制能力	在網路安全的要求前提下，外部網路必須通過更嚴密的身份認證和安全性評估與管制，或甚至隱匿自身家庭內部網路，如此對於家庭網路的外部通訊與遠端控管能力將造成影響，降低實用性。
	安全管制裝置的強度	隨著安全管制需求提昇，則相對的安全管制裝置所需擔負的工作量也隨著增加，因而必須使用強度更強（處理能力與功能）的安全管制設備。
	網路內裝置的功能性	當網路安全防禦要求更強烈時，必造成網路內部裝置與外界通訊上的限制，因而影響內部網路的功能性。
	安全性偵測的準確性	網路安全與隱私問題通常從網路的外部攻擊或偽冒開始，而防禦外部攻擊第一步是先發現（偵測）攻擊行為，相對地要避免偽冒則必須精確辨識身份。安全需求愈高則偵測判斷標準愈多疑而影響其準確性。
	維護上的容易度	網路安全需要專業的知識能力才能有效維護其功能，而這樣的要求有違家庭環

		境的需求。
	對攻擊或非安全行為的反應彈性	網路防禦機制對於攻擊活動或非安全網路行為的反應攸關網路的安全性，然而在多樣性的家庭應用環境，家庭網路對於攻擊行為的反應很難滿足所有的應用情境需求。
資訊安全的可靠度	安全裝置對外部環境的承受力	當系統資訊安全的可靠度需求提昇，意味著安全機制承受外部網路環境的壓力增加。可靠性的提昇必須考慮整體防禦機制的壓力承受能力，避免造成負荷過重而影響整體功能，或過於複雜的功能需求而造成設計上的困難或功能死角。
	單一安全裝置的穩定性需求	安全防禦的主要建構單元為提供防禦功能的安全裝置，因此安全裝置的可靠度是建立強固可靠的安全防禦系統不可或缺的。為了提供可靠的安全防護，所需求的高可靠性資訊安全裝置將增加整體系統成本與設計困難度。
	通訊協定穩定性影響程度	通訊協定的正常運作與資訊安全有著相互影響的關係。
	維護上的容易度	可靠的網路安全防禦需要專業的規劃與長期監控，家庭應用環境難以提供這樣的維護能力。

同 4-3-2 之操作流程，首先將各系統特性透過工程參數的分類與「矛盾矩陣」之

工程參數對應，「網路安全與隱私」之影響特性與「矛盾矩陣」參數關聯結果如表 7。將其代入「矛盾矩陣」後得到相關的創新法則如表 8。

本研究以表 8 之創新法則為解題方向基礎，將其關聯至對應的實際解決方案而得到表 13 的創新法則應用。

表 11 「網路安全與隱私」之矛盾矩陣參數對應

改善特性	矛盾矩陣 欲改善參數	惡化特性	矛盾矩陣 惡化參數
網路安全	30	外部環境對家庭網路的控制能力	10
		安全管制裝置的強度	14
		網路內裝置的功能性	27
		安全性偵測的準確性	28
		維護上的容易度	33, 37, 38
		對攻擊或非安全行為的反應彈性	35
資訊安全的可靠度	14, 31	安全系統對外部環境的承受力	10
		單一安全裝置的穩定性需求	11
		通訊協定穩定性影響程度	27
		維護上的容易度	33, 37, 38

表 12 「網路安全與隱私」問題矛盾矩陣分析

欲改善參數	惡化參數	創新法則
網路安全 (30)	外部環境對家庭網路的控制能力 (10)	13, 35, 39, 18
	安全管制裝置的強度 (14)	18, 35, 37, 1

	網路內裝置的功能性 (27)	27, 24, 2, 40
	安全性偵測的準確性 (28)	28, 33, 23, 26
	維護上的容易度 (33, 37, 38)	2, 25, 28, 39 22, 19, 29, 40 33, 3, 34
	對攻擊或非安全行為的反應彈性 (35)	35, 11, 22, 31
資訊安全的可靠度 (14, 31)	安全系統對外部環境的承受力 (10)	10, 18, 3, 14 35, 28, 1, 40
	單一安全裝置的穩定性需求 (11)	10, 3, 18, 40 2, 33, 27, 18
	通訊協定穩定性影響程度 (27)	11, 3 24, 2, 40, 39
	維護上的容易度 (33, 37, 38)	32, 40, 25, 2 27, 3, 15, 40 15 2, 21, 27, 1 2

表 13 「網路安全與隱私」問題之創新法則應用

欲改善參數	惡化參數	創新法則應用 ¹
網路安全 (30)	外部環境對家庭網路的控制能力	1. 內部網路與外部網路間採用網路位址轉址機制，讓內部網路位址不致暴露

	(10)	<p>於外部網路。(35)</p> <p>2. 連接外部網路之閘道器或與外部網路直接接觸之裝置(例如具無線連接能力之裝置), 僅提供基本資料轉送功能或身份認證, 盡量減少對外部網路的反應, 降低自外部網路窺探內部網路的機會。(39)</p>
	<p>安全管制裝置的強度</p> <p>(14)</p>	<p>1. 將安全管制功能內建於個別內部網路裝置之中, 使管制機制分散而不致因單一裝置的能力或可靠度限制而影響整體系統的安全性。(1, 35)</p>
	<p>網路內裝置的功能性</p> <p>(27)</p>	<p>1. 使用閘道器界隔內部網路與外部網路, 並提供資料分類與阻擋功能。(24)</p> <p>2. 利用 PKI 進行身份辨識, 使閘道器和內部裝置易於分辨連線來源身份。(2)</p> <p>3. 由內部網路裝置提供其管控功能所需的安全管理機制, 整合這些具安全管理能力的裝置而形成複合式的安全管制系統。(40)</p>
	<p>安全性偵測的準確性</p> <p>(28)</p>	<p>1. 若無線通訊有資訊安全的顧慮, 則用有線通訊取代之。(28)</p> <p>2. 各功能群組之裝置採用單一通訊協定, 加上其裝置自身提供之資安功能, 簡化安全管制之複雜性。(33)</p> <p>3. 必要時要求使用者親自答詢以增加身</p>

		<p>份辨識的準確性。(例如使用 challenge-response 身份驗證模式) (23)</p> <p>4. 分析並記錄平常之網路資料流量特性與操作模式，與現行之資料流量特性與操作模式比對，辨識目前之使用模式是否為正常的使用者操作模式。(26)</p>
	<p>維護上的容易度 (33, 37, 38)</p>	<p>1. 自動學習與調整正常網路之流量特性分析，依使用者使用習性改變而自動調整系統判讀參數。(25)</p> <p>2. 定期性的自動軟體更新。(19)</p> <p>3. 統一不同裝置之安全功能的設定與回報介面。(統一操作介面) (33)</p>
	<p>對攻擊或非安全行為的反應彈性 (35)</p>	<p>1. 每一裝置提供明確之狀態顯示功能，讓使用者可以瞭解並掌握目前裝置的運作狀況，而能更有效監控整體環境的運作情況，在必要時讓人介入系統運作，使非安全行為的反應更有彈性。(22)</p>
<p>資訊安全的可靠度 (14, 31)</p>	<p>安全系統對外部環境的承受力 (10)</p>	<p>1. 將安全管制功能內建於個別內部網路裝置之中，各自處理較簡單之管控功能，避免集中式管理的複雜性與壓力。(3)</p>
	<p>單一安全裝置的穩定性需求</p>	<p>1. 將安全管制功能內建於個別內部網路裝置之中，各自處理較簡單之管控功</p>

	(11)	<p>能，避免集中式管理的複雜性與壓力。(3,40)</p> <p>2. 內部網路系統中使用統一的辨識特徵碼，以此特徵碼建立系統內對於「非系統自身資料流」的辨識依據建立其自身免疫系統，簡化安全認證與辨識機制。(33)</p>
	<p>通訊協定穩定性影響程度</p> <p>(27)</p>	<p>1. 將通訊資料加入加密功能，加強資料隱密性。(11)</p> <p>2. 在通訊協定中加入認證機制，使其既具資訊互換功能同時也具備安全管制功能。(3,40)</p>
	<p>維護上的容易度</p> <p>(33, 37, 38)</p>	<p>1. 提供清楚的狀態顯示，讓使用者很容易掌握系統(裝置)運作狀態。(32)</p> <p>2. 自動學習與調整正常網路之流量特性分析，依使用者使用習性改變而自動調整系統判讀參數。(15,25)</p> <p>3. 由外部的專業人員提供定期的維護、分析與診斷作業。(27)</p>

註：1. 括號內數字為對應之創新法則代號。

五、結論與建議

本研究目的在利用 TRIZ 理論探討家庭自動化在技術發展上的解決方案，利用這些解決方案的分析進一步瞭解未來家庭自動化的發展趨勢。經過一系列 TRIZ 理論的操作與探討，本研究發現參考過去的問題解題方法確實能幫助我們找出解決現有問題的策略方向，甚至指引出平時不易發掘的思考方向。

綜合 4-3 之分析結果，以下各節就家庭自動化的技術解決方法分析本研究在家庭自動化技術發展趨勢的結論與建議。

5-1 結論

5-1-1 「操作環境效率」發展趨勢

面對家庭成員與生活習性的多樣性，推展家庭自動化首先要克服的問題是提昇自動化環境的操作便利性。技術可接受性是影響消費者接受新產品的重要因素之一，唯有讓操作家庭自動化系統有如拿起話筒打電話，或指揮人員為其服務一樣簡單而且明確，否則消費者將難以接受一個需要大量訓練才能使用的居家商品。

從「操作環境效率」解決方案分析中，本研究歸納改善「操作環境效率」的技術解決方向有：

一、以隨身遙控器作為自動化系統的操作媒介。

隨身遙控器（例如手機）具有統一不同裝置操作介面之優勢，同時能達到身份辨識的需求，若輔以適當的感測裝置，遙控器甚至能夠提供實用的位置感測。

二、小型化的隨身遙控器需求。

由於隨身攜帶的需求，遙控裝置必須小型化以方便攜帶，因此如何將更多的輸入出功能融合於一小巧的隨身裝置是一個重要的發展課題。標準解法 5.1.4 所提供的折疊式裝置或可解決此問題。

三、多樣性的輸入媒介（例如：觸控、聲音、影像等）。

由於居家環境的成員與應用環境多樣性，不同的使用者可能習慣某種輸入介面，因此若自動化系統能提供各種不同的輸入介面，則能提供更高效率的操作環境。加以感測技術快速發展，未來的人機介面勢必朝向更多元化、人性化與直覺性的發展。

5-1-2 「網路裝設與維護」發展趨勢

「網路裝設與維護」問題主要在解決居家環境中非專業人員的網路使用議題，例如提供簡單的建構機制、穩定的操作環境、最小的維護工作等。

從相關的解決方案分析，本研究將「網路裝設與維護」發展趨勢歸納如下：

一、多子網環境

為降低網路的複雜性，家庭網路將依功能性或空間區域分割為多個子網路，各個子網路能自行運作。而各子網路間則以中繼器或協定轉換器互相連接，如此不但可以提供豐富的網路功能，整體網路系統不會因為個別的子系統故障而影響整體功能，同時也解決網路建置的空間限制。

二、中繼器或協定轉換器的需求

由於多子網的緣故，家庭網路需要中繼器連接各子網。對於負責不同功能的子網因使用不同通訊協定，故亦需要協定轉換器提供資訊轉換以達到資訊共享。中繼器和協定轉換器可能亦需擔負資訊安全管理之責，或提供不同子網的安全管理機制轉換。

三、多頻道無線通訊需求

由於空間限制，無線通訊是解決裝置互連的最佳媒體，但因大多數的無線通訊具有訊號輻射特性而易造成干擾，因此多頻道的無線通訊將有利於簡化網路規劃的困難度。同時較小的發射功率也有助於建立小型子網，改善干擾與資訊安全問題。

四、自外部取得專業服務

使用者置身家庭網路當中，有如置身科技產品內部，將無法完全排除直接接

觸系統科技問題的可能性。當面對這樣的需求時，一般家庭成員將難以因應需求，所以對於初期的網路建置與日常的維護工作仍然需要專業的技術服務，惟隨著家庭自動化科技的進展，此類的專業服務時間與頻率也將降低。

5-1-3 「網路安全與隱私」發展趨勢

消費者不會因為使用科技產品而願意犧牲自身安全與隱私，家庭自動化的應用必須同時提供消費者必要的資訊安全與隱私保障，讓家庭自動化在提供人們更方便更有效率的生活同時，也能保障必要的生活安全，甚至提供比以往更強的安全保障。

從「網路安全與隱私」解決方案分析，本研究歸納以下的發展趨勢：

一、輕型安全閘道器

家庭網路需要一個連接外部網路的安全管控閘道器，負責流量分類、認證與基本轉址功能。此閘道器主要任務是阻隔大部分與家庭網路運作不相關之網路流量，但其不需要複雜且強大的處理能力，因為家庭網路的整體安全管控執行將分散至家庭網路內各子網（子系統）。

二、分散式安全管制機制

為了提供高可靠性的安全防禦系統，家庭網路安全管理將從傳統的集中式管理轉為分散式管理。由於家庭網路由多個執行單一功能性的子網構成，每一子網的功能性單純，所需求的安全機制也較一致，因此由各子系統負責各自的安全管理具有管理機制單純、容易設計與功能驗證較簡單等好處。各子系統的安全管制可以由子網間的中繼器（或協定轉換器）提供，或由于網內的個別裝置負責。由於整體安全防護是由多子系統形成的複合式系統，整體安全管控不會因為單一裝置故障或設計瑕疵而瓦解，因而能夠建立高可靠性的防護系統。

三、PKI 或安全辨識碼

準確的使用者與裝置身份辨證是資訊安全的基礎，PKI 的應用有利於使用者的身份辨證，加上快速發展的處理器運算能力，PKI 的使用可以說是既快速

而有效的身份辨識方法。對於裝置與裝置間的辨證則可以為家庭網路設定一個特定的辨識碼（特徵碼），讓網路內各裝置能夠快速的以此特徵碼辨識目前所對談的裝置是否為家庭網路內的成員，達到類似免疫系統的「非自身資料流」辨識能力。

四、自動網路使用模式學習與調整

網路環境變化快速，使用者的使用習慣也一直在改變，為了讓家庭網路的安全防護更有效率且容易維護，家庭網路防禦系統必須具備網路流量的分析能力，透過自我學習與調整以最小的管理成本達到最大的防護成效。

5-2 後續研究建議

本研究利用 TRIZ 方法分析家庭自動化的解決方案，這些解決方案為我們提供許多問題解答的方向。然而 TRIZ 理論的發展目的並非單線式地直接給予每個工程問題最終的解答，對於 TRIZ 所提供的各方案仍然需要許多的工程分析與實驗才能得到最終的工程解答。

以上所完成的趨勢分析亦是基於這樣的宗旨所成，因此對於本研究所作之各項結論仍然只是各領域的發展需求方向（例如：影像輸入辨識、網路流量分析與自動調整、網路免疫辨識技術等），對各領域我們仍然需要深入分析其細部技術需求與市場趨勢。在發展各項技術領域同時，我們必須瞭解該科技在其演進歷程所在階段，S 曲線分析將可以協助我們進一步分析個科技之發展歷程，進而提供制定技術發展策略的參考。

「標準化」的形成趨勢與策略將直接影響家庭自動化的商業發展動向，因此未來的研究亦可從技術與市場發展策略進一步探討「標準化」的發展趨勢或策略。

參考文獻

中文文獻

1. Altshuller, G., 2006, 蕭詠今譯, 創意快閃 TRIZ 大思維, 台北, 台海文化傳播。
2. 劉益華, 2005, 2030 年數位生活情境分析-顯示器發展之研究, 碩士論文, 國立交通大學科技管理研究所。
3. 周天行, 1998, 家庭自動化控制技術與市場專題, 工業技術研究院。
4. 哈嘉琪, 2005, 2030 年數位生活情境分析-數位家庭應用之研究, 碩士論文, 國立交通大學科技管理研究所。
5. 張朝勛, 2006, 我國數位家庭產業競爭環境之研究, 碩士論文, 國立交通大學管理學院高階主管管理碩士學程。
6. 方仁祥, 2005, 2030 年數位生活情境分析探討數位家庭網路之人機介面發展, 碩士 thesis, 國立交通大學科技管理研究所。
7. 林慶鴻、曾珮宸、黃文祥, 2003, 以 X-10 實現家庭自動化網路, Workshop on Consumer Electronics。
8. 葉俊賢, 2005, 以情境分析法探討 2030 年數位生活之行動通訊產品功能發展, 碩士論文, 國立交通大學科技管理研究所。
9. 陳焯欽, 2005, 2030 年數位生活情境分析 — 數位家庭娛樂中心之研究, 碩士論文, 國立交通大學科技管理研究所。
10. 黃志鴻, 2003, 以技術預測方法探討家庭自動化系統需求與發展之趨勢, 碩士論文, 國立交通大學科技管理研究所。
11. 龔益鳴、丁明芳, 2004, 應用 TRIZ 進行技術預測, 研究與發展管理, vol. 16, no. 5。

西文文獻

1. Edwards, K. and R. Grinter, 2001, At Home with Ubiquitous Computing: Seven Challenges,

- Proceedings of the Third International Conference on Ubiquitous Computing, vol. 2201, p. 256-272.
2. Gann, D., J. Barlow, and T. Venables, 1999, Digital Futures: Making Home Smarter, Chartered Institute of Housing.
 3. Petersen, T., P. Williams, and A. Mills, 2001, Analysis of The Value of Home Automation Systems, Facilities, vol. 19, no. 13-14, p. 522-532.
 4. Terninko, J., A. Zusman, and B. Zlotin, 1998, Systematic Innovation: An Introduction to TRIZ, Boca Raton, Florida, Saint Lucie Press.
 5. Barlow, J. and D. Gann, 1998, A changing sense of place: are integrated IT systems reshaping the home?, Technological Futures, Urban Futures Conference.
 6. Greichen, J. J., 1992, Value Based Home Automation for Today's Market, IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 38, no. 3.
 7. Haddon, L., 1995, Home Automation: Research Issues, The European Telecom User.
 8. Harper, R., 2003, Inside the Smart Home, Springer.
 9. Hindus, D., 1999, The Importance of Homes in Technology Research, Cooperative Buildings, vol. 1670.
 10. Ryan, J. L., 1989, Home automation, Electronics & Communication Engineering Journal, vol. 1, no. 4, p. 185-192.
 11. Savransky, S. D., 2000, Engineering of Creativity : Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving, Boca Raton, Florida, CRC Press.
 12. Spain, E., 2003, TRIZ: Uncovering Hidden Treasures, HKIVM International Conference.
 13. Venkatesh, A., 2008, Digital Home Technologies and Transformation of Households, Information Systems Frontiers, vol. 10, no. 4.
 14. Weiser, M., 1991, The Computer for the 21st Century, Scientific American.

參考網址

1. Altshuller Institute for TRIZ Studies, Altshuller Institute for TRIZ Studies, <<http://www.aitriz.org/ai/index.php>> Accessed April, 2008.
2. Domb, E., J. Terninko, J. Miller, and E. MacGran, 1995, The Seventy-Six Standard Solutions: How They Relate to the 40 Principles of Inventive Problem Solving, <<http://www.triz-journal.com/archives/1999/05/e/index.htm>> Accessed October, 2008.
3. Mao, X., X. Zhang, and S. AbouRizk, Generalized Solutions for Su-Field Analysis, <<http://www.triz-journal.com/archives/2007/08/03/>> Accessed October, 2008.
4. Terninko, J., E. Domb, and J. Miller, February 2000, The Seventy-six Standard Solutions, with Examples, <http://www.triz-journal.com/archives/2000/02/g/article7_02-2000.PDF> Accessed October, 2008.
5. CREAX, CREAX Innovation Suite 3.1, <<http://www.creaxinnovationsuite.com/>> Accessed October, 2008.
6. Ideation International, History of TRIZ and I-TRIZ, <<http://www.ideationtriz.com/history.asp>> Accessed April, 2008.
7. Pinto, J., May 2001, Contradiction Matrix, <<http://www.triz-journal.com/archives/1997/07/>> Accessed October, 2008.
8. Terninko, J., February 2000, Su-Field Analysis, <http://www.triz-journal.com/archives/2000/02/d/article4_02-2000.PDF> Accessed October, 2008.
9. The TRIZ Journal, The TRIZ Journal, <<http://www.triz-journal.com/>> Accessed April, 2008.



附錄一 矛盾矩陣

以下為完整的 TRIZ 矛盾矩陣。資料來源: (Pinto, May 2001)

Improving Feature \ Worsening Feature		Weight of moving object	Weight of stationary object	Length of moving object	Length of stationary object	Area of moving object	Area of stationary object	Volume of moving object	Volume of stationary object	Speed	Force (Intensity)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Weight of moving object	+	-	15, 8, 29, 34	-	29, 17, 38, 34	-	29, 2, 40, 28	-	2, 8, 15, 38	8, 10, 18, 37
2	Weight of stationary object	-	+	-	10, 1, 29, 35	-	35, 30, 13, 2	-	5, 35, 14, 2	-	8, 10, 19, 35
3	Length of moving object	8, 15, 29, 34	-	+	-	15, 17, 4	-	7, 17, 4, 35	-	13, 4, 8	17, 10, 4
4	Length of stationary object		35, 28, 40, 29	-	+	-	17, 7, 10, 40	-	35, 8, 2, 14	-	28, 10
5	Area of moving object	2, 17, 29, 4	-	14, 15, 18, 4	-	+	-	7, 14, 17, 4		29, 30, 4, 34	19, 30, 35, 2
6	Area of stationary object	-	30, 2, 14, 18	-	26, 7, 9, 39	-	+	-		-	1, 18, 35, 36
7	Volume of moving object	2, 26, 29, 40	-	1, 7, 4, 35	-	1, 7, 4, 17	-	+	-	29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37
8	Volume of stationary object	-	35, 10, 19, 14	19, 14	35, 8, 2, 14	-		-	+	-	2, 18, 37
9	Speed	2, 28, 13, 38	-	13, 14, 8	-	29, 30, 34	-	7, 29, 34	-	+	13, 28, 15, 19
10	Force (Intensity)	8, 1, 37, 18	18, 13, 1, 28	17, 19, 9, 36	28, 10	19, 10, 15	1, 18, 36, 37	15, 9, 12, 37	2, 36, 18, 37	13, 28, 15, 12	+
11	Stress or pressure	10, 36, 37, 40	13, 29, 10, 18	35, 10, 36	35, 1, 14, 16	10, 15, 36, 28	10, 15, 36, 37	6, 35, 10	35, 24	6, 35, 36	36, 35, 21
12	Shape	8, 10, 29, 40	15, 10, 26, 3	29, 34, 5, 4	13, 14, 10, 7	5, 34, 4, 10		14, 4, 15, 22	7, 2, 35	35, 15, 34, 18	35, 10, 37, 40
13	Stability of the object's composition	21, 35, 2, 39	26, 39, 1, 40	13, 15, 1, 28	37	2, 11, 13	39	28, 10, 19, 39	34, 28, 35, 40	33, 15, 28, 18	10, 35, 21, 16

Improving Feature \ Worsening Feature		Weight of moving object	Weight of stationary object	Length of moving object	Length of stationary object	Area of moving object	Area of stationary object	Volume of moving object	Volume of stationary object	Speed	Force (Intensity)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14	Strength	1, 8, 40, 15	40, 26, 27, 1	1, 15, 8, 35	15, 14, 28, 26	3, 34, 40, 29	9, 40, 28	10, 15, 14, 7	9, 14, 17, 15	8, 13, 26, 14	10, 18, 3, 14
15	Duration of action of moving object	19, 5, 34, 31	-	2, 19, 9	-	3, 17, 19	-	10, 2, 19, 30	-	3, 35, 5	19, 2, 16
16	Duration of action by stationary object	-	6, 27, 19, 16	-	1, 40, 35	-	-	-	35, 34, 38	-	-
17	Temperature	36, 22, 6, 38	22, 35, 32	15, 19, 9	15, 19, 9	3, 35, 39, 18	35, 38	34, 39, 40, 18	35, 6, 4	2, 28, 36, 30	35, 10, 3, 21
18	Illumination intensity	19, 1, 32	2, 35, 32	19, 32, 16	-	19, 32, 26	-	2, 13, 10	-	10, 13, 19	26, 19, 6
19	Use of energy by moving object	12, 18, 28, 31	-	12, 28	-	15, 19, 25	-	35, 13, 18	-	8, 35, 35	16, 26, 21, 2
20	Use of energy by stationary object	-	19, 9, 6, 27	-	-	-	-	-	-	-	36, 37
21	Power	8, 36, 38, 31	19, 26, 17, 27	1, 10, 35, 37	-	19, 38	17, 32, 13, 38	35, 6, 38	30, 6, 25	15, 35, 2	26, 2, 36, 35
22	Loss of Energy	15, 6, 19, 28	19, 6, 18, 9	7, 2, 6, 13	6, 38, 7	15, 26, 17, 30	17, 7, 30, 18	7, 18, 23	7	16, 35, 38	36, 38
23	Loss of substance	35, 6, 23, 40	35, 6, 22, 32	14, 29, 10, 39	10, 28, 24	35, 2, 10, 31	10, 18, 39, 31	1, 29, 30, 36	3, 39, 18, 31	10, 13, 28, 38	14, 15, 18, 40
24	Loss of Information	10, 24, 35	10, 35, 5	1, 26	26	30, 26	30, 16	-	2, 22	26, 32	-
25	Loss of Time	10, 20, 37, 35	10, 20, 26, 5	15, 2, 29	30, 24, 14, 5	26, 4, 5, 16	10, 35, 17, 4	2, 5, 34, 10	35, 16, 32, 18	-	10, 37, 36, 5
26	Quantity of substance/the matter	35, 6, 18, 31	27, 26, 18, 35	29, 14, 35, 18	-	15, 14, 29	2, 18, 40, 4	15, 20, 29	-	35, 29, 34, 28	35, 14, 3
27	Reliability	3, 8, 10, 40	3, 10, 8, 28	15, 9, 14, 4	15, 29, 28, 11	17, 10, 14, 16	32, 35, 40, 4	3, 10, 14, 24	2, 35, 24	21, 35, 11, 28	8, 28, 10, 3
28	Measurement accuracy	32, 35, 26, 28	28, 35, 25, 26	28, 26, 5, 16	32, 28, 3, 16	26, 28, 32, 3	26, 28, 32, 3	32, 13, 6	-	28, 13, 32, 24	32, 2
29	Manufacturing precision	28, 32, 13, 18	28, 35, 27, 9	10, 28, 29, 37	2, 32, 10	28, 33, 29, 32	2, 29, 18, 36	32, 23, 2	25, 10, 35	10, 28, 32	28, 19, 34, 36

Improving Feature \ Worsening Feature		Weight of moving object	Weight of stationary object	Length of moving object	Length of stationary object	Area of moving object	Area of stationary object	Volume of moving object	Volume of stationary object	Speed	Force (Intensity)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	Object-affected harmful factors	22, 21, 27, 39	2, 22, 13, 24	17, 1, 39, 4	1, 18	22, 1, 33, 28	27, 2, 39, 35	22, 23, 37, 35	34, 39, 19, 27	21, 22, 35, 28	13, 35, 39, 18
31	Object-generated harmful factors	19, 22, 15, 39	35, 22, 1, 39	17, 15, 16, 22		17, 2, 18, 39	22, 1, 40	17, 2, 40	30, 18, 35, 4	35, 28, 3, 23	35, 28, 1, 40
32	Ease of manufacture	28, 29, 15, 16	1, 27, 36, 13	1, 29, 13, 17	15, 17, 27	13, 1, 26, 12	16, 40	13, 29, 1, 40	35	35, 13, 8, 1	35, 12
33	Ease of operation	25, 2, 13, 15	6, 13, 1, 25	1, 17, 13, 12		1, 17, 13, 16	18, 16, 15, 39	1, 16, 35, 15	4, 18, 39, 31	18, 13, 34	28, 13, 35
34	Ease of repair	2, 27, 35, 11	2, 27, 35, 11	1, 28, 10, 25	3, 18, 31	15, 13, 32	16, 25	25, 2, 35, 11	1	34, 9	1, 11, 10
35	Adaptability or versatility	1, 6, 15, 8	19, 15, 29, 16	35, 1, 29, 2	1, 35, 16	35, 30, 29, 7	15, 16	15, 35, 29		35, 10, 14	15, 17, 20
36	Device complexity	26, 30, 34, 36	2, 26, 35, 39	1, 19, 26, 24	26	14, 1, 13, 16	6, 36	34, 26, 6	1, 16	34, 10, 28	26, 16
37	Difficulty of detecting and measuring	27, 26, 28, 13	6, 13, 28, 1	16, 17, 26, 24	26	2, 13, 18, 17	2, 39, 30, 16	29, 1, 4, 16	2, 18, 26, 31	3, 4, 16, 35	30, 28, 40, 19
38	Extent of automation	28, 26, 18, 35	28, 26, 35, 10	14, 13, 17, 28	23	17, 14, 13		35, 13, 16		28, 10	2, 35
39	Productivity	35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 3	18, 4, 28, 38	30, 7, 14, 26	10, 26, 34, 31	10, 35, 17, 7	2, 6, 34, 10	35, 37, 10, 2		28, 15, 10, 36

Improving Feature \ Worsening Feature		Stress or pressure	Shape	Stability of the object's composition	Strength	Duration of action of moving object	Duration of action of stationary object	Temperature	Illumination intensity	Use of energy by moving object	Use of energy by stationary object
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Weight of moving object	10, 36, 37, 40	10, 14, 35, 40	1, 35, 19, 39	28, 27, 18, 40	5, 34, 31, 35	-	6, 29, 4, 38	19, 1, 32	35, 12, 34, 31	-
2	Weight of stationary object	13, 29, 10, 18	13, 10, 29, 14	26, 39, 1, 40	28, 2, 10, 27	-	2, 27, 19, 6	28, 19, 32, 22	19, 32, 35	-	18, 19, 28, 1
3	Length of moving object	1, 8, 35	1, 8, 10, 29	1, 8, 15, 34	8, 35, 29, 34	19	-	10, 15, 19	32	8, 35, 24	-
4	Length of stationary object	1, 14, 35	13, 14, 15, 7	39, 37, 35	15, 14, 28, 26	-	1, 10, 35	3, 35, 38, 18	3, 25	-	
5	Area of moving object	10, 15, 36, 28	5, 34, 29, 4	11, 2, 13, 39	3, 15, 40, 14	6, 3	-	2, 15, 16	15, 32, 19, 13	19, 32	-
6	Area of stationary object	10, 15, 36, 37		2, 38	40	-	2, 10, 19, 30	35, 39, 38		-	
7	Volume of moving object	6, 35, 36, 37	1, 15, 29, 4	28, 10, 1, 39	9, 14, 15, 7	6, 35, 4	-	34, 39, 10, 18	2, 13, 10	35	-
8	Volume of stationary object	24, 35	7, 2, 35	34, 28, 35, 40	9, 14, 17, 15	-	35, 34, 38	35, 6, 4		-	
9	Speed	6, 18, 38, 40	35, 15, 18, 34	28, 33, 1, 18	8, 3, 26, 14	3, 19, 35, 5	-	28, 30, 36, 2	10, 13, 19	8, 15, 35, 38	-
10	Force (Intensity)	18, 21, 11	10, 35, 40, 34	35, 10, 21	35, 10, 14, 27	19, 2		35, 10, 21	-	19, 17, 10	1, 16, 36, 37
11	Stress or pressure	+	35, 4, 15, 10	35, 33, 2, 40	9, 18, 3, 40	19, 3, 27		35, 39, 19, 2	-	14, 24, 10, 37	
12	Shape	34, 15, 10, 14	+	33, 1, 18, 4	30, 14, 10, 40	14, 26, 9, 25		22, 14, 19, 32	13, 15, 32	2, 6, 34, 14	
13	Stability of the object's composition	2, 35, 40	22, 1, 18, 4	+	17, 9, 15	13, 27, 10, 35	39, 3, 35, 23	35, 1, 32	32, 3, 27, 16	13, 19	27, 4, 29, 18
14	Strength	10, 3, 18, 40	10, 30, 35, 40	13, 17, 35	+	27, 3, 26		30, 10, 40	35, 19	19, 35, 10	35

Improving Feature \ Worsening Feature		Stress or pressure	Shape	Stability of the object's composition	Strength	Duration of action of moving object	Duration of action of stationary object	Temperature	Illumination intensity	Use of energy by moving object	Use of energy by stationary object
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
15	Duration of action of moving object	19, 3, 27	14, 26, 28, 25	13, 3, 35	27, 3, 10	+	-	19, 35, 39	2, 19, 4, 35	28, 6, 35, 18	
16	Duration of action by stationary object			39, 3, 35, 23		-	+	19, 18, 36, 40		-	
17	Temperature	35, 39, 19, 2	14, 22, 19, 32	1, 35, 32	10, 30, 22, 40	19, 13, 39	19, 18, 36, 40	+	32, 30, 21, 16	19, 15, 3, 17	
18	Illumination intensity		32, 30	32, 3, 27	35, 19	2, 19, 6		32, 35, 19	+	32, 1, 19	32, 35, 1, 15
19	Use of energy by moving object	23, 14, 25	12, 2, 29	19, 13, 17, 24	5, 19, 9, 35	28, 35, 6, 18	-	19, 24, 3, 14	2, 15, 19	+	-
20	Use of energy by stationary object			27, 4, 29, 18	35				19, 2, 35, 32	-	+
21	Power	22, 10, 35	29, 14, 2, 40	35, 32, 15, 31	26, 10, 28	19, 35, 10, 38	16	2, 14, 17, 25	16, 6, 19	16, 6, 19, 37	
22	Loss of Energy			14, 2, 39, 6	26			19, 38, 7	1, 13, 32, 15		
23	Loss of substance	3, 36, 37, 10	29, 35, 3, 5	2, 14, 30, 40	35, 28, 31, 40	28, 27, 3, 18	27, 16, 18, 38	21, 36, 39, 31	1, 6, 13	35, 18, 24, 5	28, 27, 12, 31
24	Loss of Information					10	10		19		
25	Loss of Time	37, 36, 4	4, 10, 34, 17	35, 3, 22, 5	29, 3, 28, 18	20, 10, 28, 18	28, 20, 10, 16	35, 29, 21, 18	1, 19, 26, 17	35, 38, 19, 18	1
26	Quantity of substance/the matter	10, 36, 14, 3	35, 14	15, 2, 17, 40	14, 35, 34, 10	3, 35, 10, 40	3, 35, 31	3, 17, 39		34, 29, 16, 18	3, 35, 31
27	Reliability	10, 24, 35, 19	35, 1, 16, 11		11, 28	2, 35, 3, 25	34, 27, 6, 40	3, 35, 10	11, 32, 13	21, 11, 27, 19	36, 23
28	Measurement accuracy	6, 28, 32	6, 28, 32	32, 35, 13	28, 6, 32	28, 6, 32	10, 26, 24	6, 19, 28, 24	6, 1, 32	3, 6, 32	
29	Manufacturing precision	3, 35	32, 30, 40	30, 18	3, 27	3, 27, 40		19, 26	3, 32	32, 2	

Improving Feature \ Worsening Feature		Stress or pressure	Shape	Stability of the object's composition	Strength	Duration of action of moving object	Duration of action of stationary object	Temperature	Illumination intensity	Use of energy by moving object	Use of energy by stationary object
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
30	Object-affected harmful factors	22, 2, 37	22, 1, 3, 35	35, 24, 30, 18	18, 35, 37, 1	22, 15, 33, 28	17, 1, 40, 33	22, 33, 35, 2	1, 19, 32, 13	1, 24, 6, 27	10, 2, 22, 37
31	Object-generated harmful factors	2, 33, 27, 18	35, 1	35, 40, 27, 39	15, 35, 22, 2	15, 22, 33, 31	21, 39, 16, 22	22, 35, 2, 24	19, 24, 39, 32	2, 35, 6	19, 22, 18
32	Ease of manufacture	35, 19, 1, 37	1, 28, 13, 27	11, 13, 1	1, 3, 10, 32	27, 1, 4	35, 16	27, 26, 18	28, 24, 27, 1	28, 26, 27, 1	1, 4
33	Ease of operation	2, 32, 12	15, 34, 29, 28	32, 35, 30	32, 40, 3, 28	29, 3, 8, 25	1, 16, 25	26, 27, 13	13, 17, 1, 24	1, 13, 24	
34	Ease of repair	13	1, 13, 2, 4	2, 35	11, 1, 2, 9	11, 29, 28, 27	1	4, 10	15, 1, 13	15, 1, 28, 16	
35	Adaptability or versatility	35, 16	15, 37, 1, 8	35, 30, 14	35, 3, 32, 6	13, 1, 35	2, 16	27, 2, 3, 35	6, 22, 26, 1	19, 35, 29, 13	
36	Device complexity	19, 1, 35	29, 13, 28, 15	2, 22, 17, 19	2, 13, 28	10, 4, 28, 15		2, 17, 13	24, 17, 13	27, 2, 29, 28	
37	Difficulty of detecting and measuring	35, 36, 37, 32	27, 13, 1, 39	11, 22, 39, 30	27, 3, 15, 28	19, 29, 39, 25	25, 34, 6, 35	3, 27, 35, 16	2, 24, 26	35, 38	19, 35, 16
38	Extent of automation	13, 35	15, 32, 1, 13	18, 1	25, 13	6, 9		26, 2, 19	8, 32, 19	2, 32, 13	
39	Productivity	10, 37, 14	14, 10, 34, 40	35, 3, 22, 39	29, 28, 10, 18	35, 10, 2, 18	20, 10, 16, 38	35, 21, 28, 10	26, 17, 19, 1	35, 10, 38, 19	1

Improving Feature \ Worsening Feature		Power	Loss of Energy	Loss of Substance	Loss of Information	Loss of Time	Quantity of substance	Reliability	Measurement accuracy	Manufacturing precision	Object-affected harmful factors
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Weight of moving object	12, 36, 18, 31	6, 2, 34, 19	5, 35, 3, 31	10, 24, 35	10, 35, 20, 28	3, 26, 18, 31	1, 3, 11, 27	28, 27, 35, 26	28, 35, 26, 18	22, 21, 18, 27
2	Weight of stationary object	15, 19, 18, 22	18, 19, 28, 15	5, 8, 13, 30	10, 15, 35	10, 20, 35, 26	19, 6, 18, 26	10, 28, 8, 3	18, 26, 28	10, 1, 35, 17	2, 19, 22, 37
3	Length of moving object	1, 35	7, 2, 35, 39	4, 29, 23, 10	1, 24	15, 2, 29	29, 35	10, 14, 29, 40	28, 32, 4	10, 28, 29, 37	1, 15, 17, 24
4	Length of stationary object	12, 8	6, 28	10, 28, 24, 35	24, 26,	30, 29, 14		15, 29, 28	32, 28, 3	2, 32, 10	1, 18
5	Area of moving object	19, 10, 32, 18	15, 17, 30, 26	10, 35, 2, 39	30, 26	26, 4	29, 30, 6, 13	29, 9	26, 28, 32, 3	2, 32	22, 33, 28, 1
6	Area of stationary object	17, 32	17, 7, 30	10, 14, 18, 39	30, 16	10, 35, 4, 18	2, 18, 40, 4	32, 35, 40, 4	26, 28, 32, 3	2, 29, 18, 36	27, 2, 39, 35
7	Volume of moving object	35, 6, 13, 18	7, 15, 13, 16	36, 39, 34, 10	2, 22	2, 6, 34, 10	29, 30, 7	14, 1, 40, 11	25, 26, 28	25, 28, 2, 16	22, 21, 27, 35
8	Volume of stationary object	30, 6		10, 39, 35, 34		35, 16, 32, 18	35, 3	2, 35, 16		35, 10, 25	34, 39, 19, 27
9	Speed	19, 35, 38, 2	14, 20, 19, 35	10, 13, 28, 38	13, 26		10, 19, 29, 38	11, 35, 27, 28	28, 32, 1, 24	10, 28, 32, 25	1, 28, 35, 23
10	Force (Intensity)	19, 35, 18, 37	14, 15	8, 35, 40, 5		10, 37, 36	14, 29, 18, 36	3, 35, 13, 21	35, 10, 23, 24	28, 29, 37, 36	1, 35, 40, 18
11	Stress or pressure	10, 35, 14	2, 36, 25	10, 36, 3, 37		37, 36, 4	10, 14, 36	10, 13, 19, 35	6, 28, 25	3, 35	22, 2, 37
12	Shape	4, 6, 2	14	35, 29, 3, 5		14, 10, 34, 17	36, 22	10, 40, 16	28, 32, 1	32, 30, 40	22, 1, 2, 35
13	Stability of the object's composition	32, 35, 27, 31	14, 2, 39, 6	2, 14, 30, 40		35, 27	15, 32, 35		13	18	35, 24, 30, 18
14	Strength	10, 26, 35, 28	35	35, 28, 31, 40		29, 3, 28, 10	29, 10, 27	11, 3	3, 27, 16	3, 27	18, 35, 37, 1

Worsening Feature \ Improving Feature		Power	Loss of Energy	Loss of Substance	Loss of Information	Loss of Time	Quantity of substance	Reliability	Measurement accuracy	Manufacturing precision	Object-affected harmful factors
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15	Duration of action of moving object	19, 10, 35, 38		28, 27, 3, 18	10	20, 10, 28, 18	3, 35, 10, 40	11, 2, 13	3	3, 27, 16, 40	22, 15, 33, 28
16	Duration of action by stationary object	16		27, 16, 18, 38	10	28, 20, 10, 16	3, 35, 31	34, 27, 6, 40	10, 26, 24		17, 1, 40, 33
17	Temperature	2, 14, 17, 25	21, 17, 35, 38	21, 36, 29, 31		35, 28, 21, 18	3, 17, 30, 39	19, 35, 3, 10	32, 19, 24	24	22, 33, 35, 2
18	Illumination intensity	32	13, 16, 1, 6	13, 1	1, 6	19, 1, 26, 17	1, 19		11, 15, 32	3, 32	15, 19
19	Use of energy by moving object	6, 19, 37, 18	12, 22, 15, 24	35, 24, 18, 5		35, 38, 19, 18	34, 23, 16, 18	19, 21, 11, 27	3, 1, 32		1, 35, 6, 27
20	Use of energy by stationary object			28, 27, 18, 31			3, 35, 31	10, 36, 23			10, 2, 22, 37
21	Power	+	10, 35, 38	28, 27, 18, 38	10, 19	35, 20, 10, 6	4, 34, 19	19, 24, 26, 31	32, 15, 2	32, 2	19, 22, 31, 2
22	Loss of Energy	3, 38	+	35, 27, 2, 37	19, 10	10, 18, 32, 7	7, 18, 25	11, 10, 35	32		21, 22, 35, 2
23	Loss of substance	28, 27, 18, 38	35, 27, 2, 31	+		15, 18, 35, 10	6, 3, 10, 24	10, 29, 39, 35	16, 34, 31, 28	35, 10, 24, 31	33, 22, 30, 40
24	Loss of Information	10, 19	19, 10		+	24, 26, 28, 32	24, 28, 35	10, 28, 23			22, 10, 1
25	Loss of Time	35, 20, 10, 6	10, 5, 18, 32	35, 18, 10, 39	24, 26, 28, 32	+	35, 38, 18, 16	10, 30, 4	24, 34, 28, 32	24, 26, 28, 18	35, 18, 34
26	Quantity of substance/the matter	35	7, 18, 25	6, 3, 10, 24	24, 28, 35	35, 38, 18, 16	+	18, 3, 28, 40	13, 2, 28	33, 30	35, 33, 29, 31
27	Reliability	21, 11, 26, 31	10, 11, 35	10, 35, 29, 39	10, 28	10, 30, 4	21, 28, 40, 3	+	32, 3, 11, 23	11, 32, 1	27, 35, 2, 40
28	Measurement accuracy	3, 6, 32	26, 32, 27	10, 16, 31, 28		24, 34, 28, 32	2, 6, 32	5, 11, 1, 23	+		28, 24, 22, 26

Improving Feature \ Worsening Feature		Power	Loss of Energy	Loss of Substance	Loss of Information	Loss of Time	Quantity of substance	Reliability	Measurement accuracy	Manufacturing precision	Object-affected harmful factors
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
29	Manufacturing precision	32, 2	13, 32, 2	35, 31, 10, 24		32, 26, 28, 18	32, 30	11, 32, 1		+	26, 28, 10, 36
30	Object-affected harmful factors	19, 22, 31, 2	21, 22, 35, 2	33, 22, 19, 40	22, 10, 2	35, 18, 34	35, 33, 29, 31	27, 24, 2, 40	28, 33, 23, 26	26, 28, 10, 18	+
31	Object-generated harmful factors	2, 35, 18	21, 35, 2, 22	10, 1, 34	10, 21, 29	1, 22	3, 24, 39, 1	24, 2, 40, 39	3, 33, 26	4, 17, 34, 26	
32	Ease of manufacture	27, 1, 12, 24	19, 35	15, 34, 33	32, 24, 18, 16	35, 28, 34, 4	35, 23, 1, 24		1, 35, 12, 18		24, 2
33	Ease of operation	35, 34, 2, 10	2, 19, 13	28, 32, 2, 24	4, 10, 27, 22	4, 28, 10, 34	12, 35	17, 27, 8, 40	25, 13, 2, 34	1, 32, 35, 23	2, 25, 28, 39
34	Ease of repair	15, 10, 32, 2	15, 1, 32, 19	2, 35, 34, 27		32, 1, 10, 25	2, 28, 10, 25	11, 10, 1, 16	10, 2, 13	25, 10	35, 10, 2, 16
35	Adaptability or versatility	19, 1, 29	18, 15, 1	15, 10, 2, 13		35, 28	3, 35, 15	35, 13, 8, 24	35, 5, 1, 10		35, 11, 32, 31
36	Device complexity	20, 19, 30, 34	10, 35, 13, 2	35, 10, 28, 29		6, 29	13, 3, 27, 10	13, 35, 1	2, 26, 10, 34	26, 24, 32	22, 19, 29, 40
37	Difficulty of detecting and measuring	18, 1, 16, 10	35, 3, 15, 19	1, 18, 10, 24	35, 33, 27, 22	18, 28, 32, 9	3, 27, 29, 18	27, 40, 28, 8	26, 24, 32, 28		22, 19, 29, 28
38	Extent of automation	28, 2, 27	23, 28	35, 10, 18, 5	35, 33	24, 28, 35, 30	35, 13	11, 27, 32	28, 26, 10, 34	28, 26, 18, 23	2, 33
39	Productivity	35, 20, 10	28, 10, 29, 35	28, 10, 35, 23	13, 15, 23		35, 38	1, 35, 10, 38	1, 10, 34, 28	18, 10, 32, 1	22, 35, 13, 24

Worsening Feature / Improving Feature		Object-generated harmful factors	Ease of manufacture	Ease of operation	Ease of repair	Adaptability or versatility	Device complexity	Difficulty of detecting and measuring	Extent of automation	Productivity
		31	32	33	34	35	36	37	38	39
1	Weight of moving object	22, 35, 31, 39	27, 28, 1, 36	35, 3, 2, 24	2, 27, 28, 11	29, 5, 15, 8	26, 30, 36, 34	28, 29, 26, 32	26, 35, 18, 19	35, 3, 24, 37
2	Weight of stationary object	35, 22, 1, 39	28, 1, 9	6, 13, 1, 32	2, 27, 28, 11	19, 15, 29	1, 10, 26, 39	25, 28, 17, 15	2, 26, 35	1, 28, 15, 35
3	Length of moving object	17, 15	1, 29, 17	15, 29, 35, 4	1, 28, 10	14, 15, 1, 16	1, 19, 26, 24	35, 1, 26, 24	17, 24, 26, 16	14, 4, 28, 29
4	Length of stationary object		15, 17, 27	2, 25	3	1, 35	1, 26	26		30, 14, 7, 26
5	Area of moving object	17, 2, 18, 39	13, 1, 26, 24	15, 17, 13, 16	15, 13, 10, 1	15, 30	14, 1, 13	2, 36, 26, 18	14, 30, 28, 23	10, 26, 34, 2
6	Area of stationary object	22, 1, 40	40, 16	16, 4	16	15, 16	1, 18, 36	2, 35, 30, 18	23	10, 15, 17, 7
7	Volume of moving object	17, 2, 40, 1	29, 1, 40	15, 13, 30, 12	10	15, 29	26, 1	29, 26, 4	35, 34, 16, 24	10, 6, 2, 34
8	Volume of stationary object	30, 18, 35, 4	35		1		1, 31	2, 17, 26		35, 37, 10, 2
9	Speed	2, 24, 35, 21	35, 13, 8, 1	32, 28, 13, 12	34, 2, 28, 27	15, 10, 26	10, 28, 4, 34	3, 34, 27, 16	10, 18	
10	Force (Intensity)	13, 3, 36, 24	15, 37, 18, 1	1, 28, 3, 25	15, 1, 11	15, 17, 18, 20	26, 35, 10, 18	36, 37, 10, 19	2, 35	3, 28, 35, 37
11	Stress or pressure	2, 33, 27, 18	1, 35, 16	11	2	35	19, 1, 35	2, 36, 37	35, 24	10, 14, 35, 37
12	Shape	35, 1	1, 32, 17, 28	32, 15, 26	2, 13, 1	1, 15, 29	16, 29, 1, 28	15, 13, 39	15, 1, 32	17, 26, 34, 10
13	Stability of the object's composition	35, 40, 27, 39	35, 19	32, 35, 30	2, 35, 10, 16	35, 30, 34, 2	2, 35, 22, 26	35, 22, 39, 23	1, 8, 35	23, 35, 40, 3
14	Strength	15, 35, 22, 2	11, 3, 10, 32	32, 40, 25, 2	27, 11, 3	15, 3, 32	2, 13, 25, 28	27, 3, 15, 40	15	29, 35, 10, 14

Improving Feature \ Worsening Feature		Object-generated harmful factors	Ease of manufacture	Ease of operation	Ease of repair	Adaptability or versatility	Device complexity	Difficulty of detecting and measuring	Extent of automation	Productivity
		31	32	33	34	35	36	37	38	39
15	Duration of action of moving object	21, 39, 16, 22	27, 1, 4	12, 27	29, 10, 27	1, 35, 13	10, 4, 29, 15	19, 29, 39, 35	6, 10	35, 17, 14, 19
16	Duration of action by stationary object	22	35, 10	1	1	2		25, 34, 6, 35	1	20, 10, 16, 38
17	Temperature	22, 35, 2, 24	26, 27	26, 27	4, 10, 16	2, 18, 27	2, 17, 16	3, 27, 35, 31	26, 2, 19, 16	15, 28, 35
18	Illumination intensity	35, 19, 32, 39	19, 35, 28, 26	28, 26, 19	15, 17, 13, 16	15, 1, 19	6, 32, 13	32, 15	2, 26, 10	2, 25, 16
19	Use of energy by moving object	2, 35, 6	28, 26, 30	19, 35	1, 15, 17, 28	15, 17, 13, 16	2, 29, 27, 28	35, 38	32, 2	12, 28, 35
20	Use of energy by stationary object	19, 22, 18	1, 4					19, 35, 16, 25		1, 6
21	Power	2, 35, 18	26, 10, 34	26, 35, 10	35, 2, 10, 34	19, 17, 34	20, 19, 30, 34	19, 35, 16	28, 2, 17	28, 35, 34
22	Loss of Energy	21, 35, 2, 22		35, 32, 1	2, 19		7, 23	35, 3, 15, 23	2	28, 10, 29, 35
23	Loss of substance	10, 1, 34, 29	15, 34, 33	32, 28, 2, 24	2, 35, 34, 27	15, 10, 2	35, 10, 28, 24	35, 18, 10, 13	35, 10, 18	28, 35, 10, 23
24	Loss of Information	10, 21, 22	32	27, 22				35, 33	35	13, 23, 15
25	Loss of Time	35, 22, 18, 39	35, 28, 34, 4	4, 28, 10, 34	32, 1, 10	35, 28	6, 29	18, 28, 32, 10	24, 28, 35, 30	
26	Quantity of substance/the matter	3, 35, 40, 39	29, 1, 35, 27	35, 29, 25, 10	2, 32, 10, 25	15, 3, 29	3, 13, 27, 10	3, 27, 29, 18	8, 35	13, 29, 3, 27
27	Reliability	35, 2, 40, 26		27, 17, 40	1, 11	13, 35, 8, 24	13, 35, 1	27, 40, 28	11, 13, 27	1, 35, 29, 38
28	Measurement accuracy	3, 33, 39, 10	6, 35, 25, 18	1, 13, 17, 34	1, 32, 13, 11	13, 35, 2	27, 35, 10, 34	26, 24, 32, 28	28, 2, 10, 34	10, 34, 28, 32

Improving Feature \ Worsening Feature		Object-generated harmful factors	Ease of manufacture	Ease of operation	Ease of repair	Adaptability or versatility	Device complexity	Difficulty of detecting and measuring	Extent of automation	Productivity
		31	32	33	34	35	36	37	38	39
29	Manufacturing precision	4, 17, 34, 26		1, 32, 35, 23	25, 10		26, 2, 18		26, 28, 18, 23	10, 18, 32, 39
30	Object-affected harmful factors		24, 35, 2	2, 25, 28, 39	35, 10, 2	35, 11, 22, 31	22, 19, 29, 40	22, 19, 29, 40	33, 3, 34	22, 35, 13, 24
31	Object-generated harmful factors	+					19, 1, 31	2, 21, 27, 1	2	22, 35, 18, 39
32	Ease of manufacture		+	2, 5, 13, 16	35, 1, 11, 9	2, 13, 15	27, 26, 1	6, 28, 11, 1	8, 28, 1	35, 1, 10, 28
33	Ease of operation		2, 5, 12	+	12, 26, 1, 32	15, 34, 1, 16	32, 26, 12, 17		1, 34, 12, 3	15, 1, 28
34	Ease of repair		1, 35, 11, 10	1, 12, 26, 15	+	7, 1, 4, 16	35, 1, 13, 11		34, 35, 7, 13	1, 32, 10
35	Adaptability or versatility		1, 13, 31	15, 34, 1, 16	1, 16, 7, 4	+	15, 29, 37, 28	1	27, 34, 35	35, 28, 6, 37
36	Device complexity	19, 1	27, 26, 1, 13	27, 9, 26, 24	1, 13	29, 15, 28, 37	+	15, 10, 37, 28	15, 1, 24	12, 17, 28
37	Difficulty of detecting and measuring	2, 21	5, 28, 11, 29	2, 5	12, 26	1, 15	15, 10, 37, 28	+	34, 21	35, 18
38	Extent of automation	2	1, 26, 13	1, 12, 34, 3	1, 35, 13	27, 4, 1, 35	15, 24, 10	34, 27, 25	+	5, 12, 35, 26
39	Productivity	35, 22, 18, 39	35, 28, 2, 24	1, 28, 7, 10	1, 32, 10, 25	1, 35, 28, 37	12, 17, 28, 24	35, 18, 27, 2	5, 12, 35, 26	+