

東方設計學院文化創意設計研究所
碩士學位論文

多屬性住宅室內省能設計策略之決策評
估模型

指導教授：薛淞林 副教授
研究生：吳文君

中華民國一〇二年六月

東方設計學院文化創意設計研究所
碩士學位論文
Graduate Institute of Cultural and Creative Design
Tung Fang Design University
Master's Thesis

多屬性住宅室內省能設計策略之決策評
估模型

A Multi-Criteria Decision-Making Model for Evaluating
the Energy-Saving Design Strategies of Residential
Buildings

指導教授：薛淞林 副教授
Advisor: Dr. Hsueh, Sung-Lin

研究生：吳文君
Graduate: Wu, Wen-Chen

中華民國 102 年 06 月
June, 2013

東方設計學院機構典藏
學位論文同意授權書

本同意書所授權之論文為授權人於東方設計學院 文化創意設計研究所

101 學年度第 二 學期取得之 碩士 學位論文。

本人同意下列著作以數位方式，提供東方設計學院自我典藏 (self-archiving) 之用，於著作權合理範圍內，在東方設計學院機構典藏系統中保存及公開取用。本人保證此項著作係個人創作，且就本人所知，此項著作並未侵犯任何人之智慧財產權。

論文名稱：多屬性住宅室內省能設計策略之
決策評估模型

指導教授：薛淞林 副教授

同意授權校內立即公開

同意授權校外立即公開

同意授權校內於 ____ 年 ____ 月 ____ 日後公開

同意授權校外於 ____ 年 ____ 月 ____ 日後公開

其他：_____

指導教授：薛淞林 (請親筆正楷簽名)

授權人

姓名：吳文君 (請親筆正楷簽名)

學號：003251003

日期：中華民國 102 年 6 月 11 日

東方設計學院碩士學位考試

考試委員審定書

文化創意設計研究所

研究生 吳文君 所提論文

多屬性住宅室內省能設計策略之決策評估模型

經本委員會審議，合於碩士資格標準。

學位考試委員會

召集人

柯三岳

委員

黃忠泰

委員

劉火成

委員

薛淞林

指導教授

薛淞林

文化創意設計研究所所長

薛淞林

中華民國 102 年 6 月 3 日

誌謝

- 承蒙 恩師薛淞林教授在論文寫作及研究過程中，給予悉心與不厭其煩的指導，使學生學習到研究的方法與寬闊的研究視野。恩師時常諄諄提醒與教誨，讓學生得以順利完成論文，在此獻上由衷的敬意與謝意。
- 感謝 論文口試委員彭雲宏教授、黃忠發教授、劉光盛教授撥冗寶貴的時間，細心給予精闢之見議與指正，使本論文更臻完備，在此由衷感謝。
- 感謝 本研究德菲法專家、學者在研究過程中所提供之專業協助，你們貢獻寶貴的智慧並配合研究多次的修改，在此由衷感謝。
- 感謝 研究所期間吳章瑤教授、吳淑明教授、陳啟中教授、徐建明教授、洪明宏教授及施邦興教授給予學生專業知識之指導，讓學生獲益匪淺。
- 感謝 本系所助教秋米小姐、小梅小姐給予行政事務相關協助並適時提供指導，在此致上由衷的謝意。
- 感謝 研究所陳余隆學長無私提供寶貴經驗及與本論文相關之研究資料分享，感謝李朝城學長撥冗細心指導模糊邏輯系統方法及操作，感謝李燕堂學長、游裕芳學長、蘇福龍學長與黃家宏學長於學業上和生活中的指導與照顧。
- 感謝 這些日子以來陳裕佶同學、駱漢隆同學、陳俐婷同學、劉瓊英同學處處的相挺與扶持，感謝陳一帆同學辛苦接送上下課，感謝呂駿滕同學、呂溫婕薰同學、蔡琇岳同學幫忙把學會活動辦得有聲有色。大家一起歡笑一起商量事情，由於你們的支持與幫忙，才能順利完成兩年的學業，謝謝你們陪我共渡研究所生涯。另外，也感謝很多曾經幫助我及關心我的朋友。
- 最後 謹以此論文獻給親愛的丈夫，感謝您在這段時間，在事業及家庭上的無盡包容與付出，讓我能無後顧之憂的完成學業。因為有眾多人的協助，我才能有今天的成果，謝謝你們。

吳文君謹識于 2013.06

多屬性住宅室內省能設計策略之決策評估模型

研究生：吳文君

指導教授：薛淞林

東方設計學院文化創意設計研究所

中文摘要

管制溫室氣體排放的京都議定書(Kyoto Protocol)的對象是工業化國家，但是新興工業國以及家庭與個人也都是製造溫室氣體源頭，都應該付出相對的責任。溫室氣體減量行動是全世界共同的責任，家庭與個人而應該列入考量。

室內設計隨著國民生活品質的提升，不斷的演化出複雜豪華的裝飾手法，以及應用精緻多重加工的高耗能裝飾材，助長營建產業對高 CO₂ 排放總量的貢獻，由於住宅省能設計必須設計師與業主雙方面認同政府的省能政策才能發揮功效。本研究應用德菲法的群體決策技巧，層級分析法的多屬性決策功能及模糊邏輯等三套理論，建立一套多屬性的室內省能設計成效評估模型，讓室內設計階段先經由量化的評估取得較佳的省能設計決策，將有助營建低碳生活的住宅環境，本模型可作為室內設計師的省能設計輔助參考，及提供政府獎勵推動低碳住宅補貼金額的計算參考依據。

關鍵字：省能設計、德菲法、模糊邏輯理論、決策分析

A Multi-Criteria Decision-Making Model for Evaluating the Energy-Saving Design Strategies of Residential Buildings

Graduate: Wu , Wen-Chen

Adviser: Hsueh, Sung-Lin

Graduate Institute of Cultural and Creative Design
Tung Fang Design University

Abstract

The Kyoto Protocol, which aims to control the emission of greenhouse gas, is established for industrialized countries. However, emerging industrial countries, households, and individuals are also sources of greenhouse gas emission, and should share the responsibility of reducing greenhouse gas emission.

As the living quality in Taiwan advances, the interior design industry has continuously developed complicated and luxurious decoration techniques, and applied delicate, multi-manufactured and high energy consumption materials, thus increasing the total CO₂ emission in construction industry. In energy-saving design for houses, the energy-saving policy of government is only effective when recognized by both designers and house owners. This study adopted group decision technique of Delphi Method, multiple attribution decision of Analytic Hierarchy Process (AHP) and fuzzy logic, to construct an evaluation model to achieve effectiveness of multiple attribute interior energy-saving design. In the phase of interior design, better energy-saving design decision can be made by quantified evaluation, thus helping to construct low carbon residential environment. The model can serve as references for interior designers' energy-saving design and government's calculation to reward and implement subsidies of low carbon houses.

Keywords: Energy-saving design, Delphi Method, Fuzzy logic theory, Decision-making analysis

目 錄

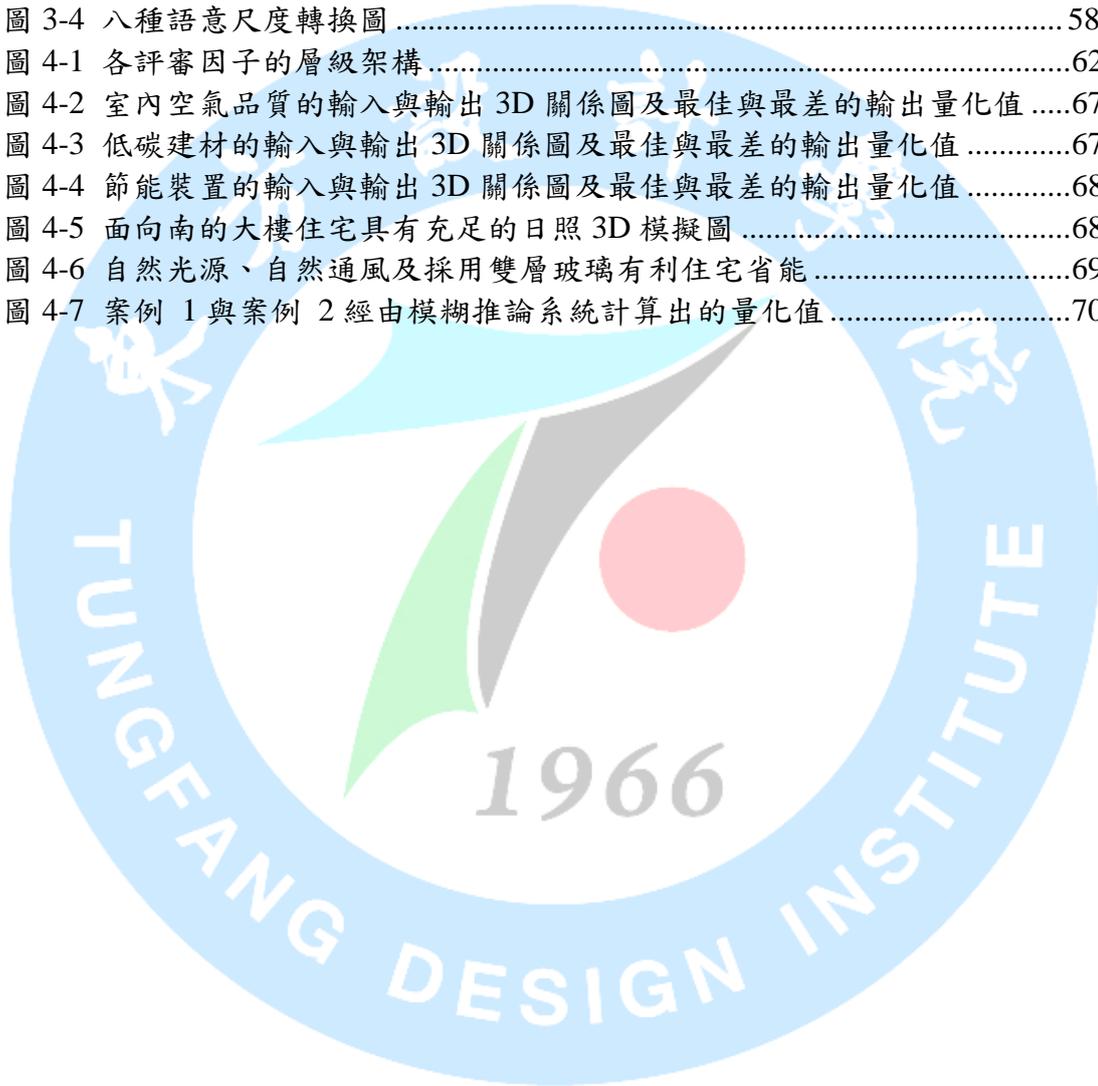
誌謝.....	iv
中文摘要.....	v
英文摘要.....	vi
一、緒論.....	1
1.1 研究動機與目的.....	1
1.1.1 研究動機.....	1
1.1.2 研究目的.....	2
1.2 研究限制與範圍.....	2
1.2.1 研究限制.....	2
1.2.2 研究範圍.....	2
1.3 研究流程.....	3
1.3.1 論文流程綱要分述.....	3
1.3.2 研究流程圖.....	4
二、文獻探討.....	5
2.1 探討國內施行節能減碳政策.....	5
2.1.1 綠建築.....	5
2.1.2 智慧建築.....	15
2.1.3 綠建材.....	20
2.1.4 環保標章.....	33
2.2 蒐集國內外相關節能減碳研究報告文獻.....	37
三、研究方法.....	47
3.1 德菲法.....	49
3.1.1 德菲法執行步驟.....	49
3.1.2 德菲法操作流程.....	50
3.2 層級分析法.....	50
3.2.1 層級分析法執行步驟.....	52
3.2.2 層級分析法操作流程.....	53
3.3 模糊邏輯理論.....	54
3.3.1 模糊理論的隸屬函數.....	55
3.3.2 語意變數.....	57
四、模型建構與應用.....	59
4.1 初步評估因子探討.....	59
4.2 各評審因子的相對權重計算.....	62
4.3 定義輸入評審因子與輸出值之模糊集合.....	64
4.4 輸入狀態與輸出量化值間轉換關係.....	67
4.5 案例分析.....	68
五、結論與建議.....	71
參考文獻.....	72
附錄一 德菲法問卷執行內容.....	81
附錄二 AHP 問卷執行內容.....	85

表目錄

表 2-1 綠建築的定義或內涵解說彙整	5
表 2-2 綠建築標章	7
表 2-3 我國 EEWH 評估指標系統	8
表 2-4 日常節能指標評估表	10
表 2-5 室內環境指標評估表	10
表 2-6 綠建築和室內省能設計相關因子	14
表 2-7 智慧綠建築標章	16
表 2-8 健康舒適指標評估	17
表 2-9 節能管理指標評估	18
表 2-10 智慧建築和室內省能設計相關因子	19
表 2-11 國際間對於綠建材的概念歸納	21
表 2-12 綠建材標章	22
表 2-13 生態綠建材評定項目	25
表 2-14 低逸散健康綠建材評定基準表	26
表 2-15 再生綠建材	28
表 2-16 再生綠建材評定基準表	28
表 2-17 高性能綠建材評定要項	32
表 2-18 環保標章	34
表 2-19 環保標章產品規格	34
表 2-20 國內外相關室內省能設計研究文獻彙整	37
表 3-1 使用德菲法、層級分析法、模糊邏輯理論的相關文獻	47
表 3-2 AHP 評估尺度意義與說明	53
表 3-3 傳統集合與模糊集合差別比較	55
表 4-1 德菲法問卷專家學者名單	59
表 4-2 文獻彙整之相關評審因子	60
表 4-3 具專家知識之評審因子	61
表 4-4 主評審因子的相對權重值	62
表 4-5 室內空氣品質次評審因子的相對權重值	63
表 4-6 低碳建材次評審因子的相對權重值	63
表 4-7 節能裝置次評審因子的相對權重值	63
表 4-8 各評審因子的相對權重值	64
表 4-9 室內空氣品質的次評審因子的模糊集合、量化區間及輸出值定義	65
表 4-10 低碳建材的次評審因子的模糊集合、量化區間及輸出值定義	65
表 4-11 節能裝置的次評審因子的模糊集合、量化區間及輸出值定義	66
表 4-12 整體評估系統的輸入評估狀態	66
表 4-13 住宅室內省能設計案例的成效評估計算表	70

圖目錄

圖 1-1 室內設計業務執行範圍	3
圖 1-2 研究流程圖	4
圖 2-1 綠建材認證分類	23
圖 2-2 生態綠建材評定要項	24
圖 3-1 德菲法操作流程圖	50
圖 3-2 層級分析操作流程	53
圖 3-3 模糊邏輯之模型示意圖	55
圖 3-4 八種語意尺度轉換圖	58
圖 4-1 各評審因子的層級架構	62
圖 4-2 室內空氣品質的輸入與輸出 3D 關係圖及最佳與最差的輸出量化值	67
圖 4-3 低碳建材的輸入與輸出 3D 關係圖及最佳與最差的輸出量化值	67
圖 4-4 節能裝置的輸入與輸出 3D 關係圖及最佳與最差的輸出量化值	68
圖 4-5 面向南的大樓住宅具有充足的日照 3D 模擬圖	68
圖 4-6 自然光源、自然通風及採用雙層玻璃有利住宅省能	69
圖 4-7 案例 1 與案例 2 經由模糊推論系統計算出的量化值	70



第一章 緒論

1.1 研究動機與目的

本研究探討住宅的省能設計對環境保護的重要性，發現相關問題引發研究動機及期望達成研究目的分述如下：

1.1.1 研究動機

工業和經濟的開發，爲了滿足人類的物質慾望與需求(Hsueh, 2012)，人類不斷嚴重破壞環境與地球的生物多樣化，且大氣中的 CO₂ 是來自於人爲的排放(Grimmond, 2002)，全球高 CO₂ 排放不但造成嚴重之溫室效應，同時亦導致全球之天候變化(Lehner, 2005)，也造成人類生存環境條件惡化(廖怡雅, 2009)，依據 IPCC(2011)的研究，認爲 21 世紀全球將面臨氣候變化的重大挑戰。人類未來可能面臨嚴重的氣候災難問題，降低 CO₂ 排放是全球共同的責任，首先在個人的行爲必須改變在食衣住行、育樂上的奢侈浪費習慣，才能避免產生多元能源耗損的製造源頭。

台灣二氧化碳總排放量占世界 1%，排第 21 名，但人均排放量則高居第 18 名。2004 年我們平均每個人消耗的能量是全世界平均值的 2.5 倍，已超過瑞士、丹麥、英國、德國、法國、日本與韓國，並直逼澳洲 3.2 倍、美國 4.5 倍與加拿大 4.8 倍(中央研究院, 2008)，台灣居高不下的 CO₂ 排放量如不及時提出有效的處理政策，未來京都議定書進一步的要求新興工業國的溫室氣體排放管制及碳交易時，到時台灣必需繳付高額的 CO₂ 排放費用，將嚴重影響台灣的經濟發展(Hsueh, 2012)。

雖然營建產業是經濟發展的重要指標，但是營建產業卻是耗損能源重要源頭，依據聯合國環境計劃署估計建築行業約占全球能源使用量的 30% 至 40%，營建產業不但對環境造成嚴重的污染(D.A. Sakr, 2010)，同時營建產業也屬於高消耗能源的產業(B. Poel, 2007；Ding, 2011)，還有 Airaksinen(2011)指出建築材料在全球二氧化碳排放總量中占有高的影響可是卻被忽視。雖然如此，我國在建築產業的發展政策上與世界先進國家一樣關心環境保護及全球減碳的問題，所以在營建產業的發展策略上日漸重視永續建築(江哲銘, 2004；張桂鳳, 2005；Hsueh, 2012)、生態建築(陳姜貝, 2002)、綠色建築(張達人, 2010；李鐸翰、卓雯雯、孫振義、陳振宇、陳瑞鈴, 2010)及健康建築(劉光盛、江哲銘、陳念祖、林紋君, 2010)，同時在公共建築上，綠採購逐漸被政策重視及被規範限制。但是在私有建築領域尚處於政策獎勵階段，依據邱騰誼(2004)研究提出綠建築風潮的全面展開，仍然有很大的提昇空間。就現階段台灣在營建產業節能尚無法達到理想的控管成效，尤其在私有建築部份。

依據內政部營建署(2012)營建統計資訊，可知我國 2010 年核發建照總樓地板面積爲 31,164,017 m²，2011 年爲 34,148,423 m²，推估 2012 年亦會超過三千萬 m² 以上，如此大的營建量體不但會消耗大量的能源外，同時亦會造成環境的污染，如果全部的營建量體能夠完全使用綠標誌建材，將可有效的減緩污染對環境所造成的衝擊。列舉水泥爲例，產生 1 噸傳統 1:3 水泥砂漿，需排放 237.13 kgw 的二氧化碳；而 1 噸的 1:3 水泥乾拌砂之二氧化碳排放量爲 130.33kgw，二氧化碳排放量僅約傳統水泥砂漿之 54.96%(Cembureau, 2006；經濟部工業局產業節能

減碳資訊網，2013)，可知綠標誌建材的重要影響性，在營建量體上除了建築本體節能議題外，室內設計亦是營建產業中重要影響省能的因素。

室內設計是營建產業中不可或缺的重要環節，但是室內省能設計必須設計師與業主都認同節能的重要性，同時願意捨棄重裝潢的念頭，如此才能配合政府推動的各項節能政策。依據 Dallas (2011)及 Ding(2011)的研究提出，對 CO₂ 排放的補助問題應該回歸家庭，此對室內設計節能具有正面的效果。雖然近年來台灣推動多項的節能補助政策中除了對家庭外，還包含電器用品、住宅設備等多項的補貼政策，但是相關的補貼政策對那些低收入戶而言，他們並沒有享受到任何的 policy 利益以及對任何的 policy 具有參與的感覺，他們不但消費不起，加上他們原本就是屬於低碳生活的族群。此種補貼政策反而成爲經常性消費者的額外購物折扣，政策必須建構在社會公平與合理性的基礎上才能彰顯成效，此外政策不容易改變一個長久性的社會習慣問題，尤其是改變人的思想與行爲。目前全球面臨嚴重的環境風險與社會風險(Joffe, 2003；Gattig, 2007)，如何提高家庭與個人重視社會道德(Böhm, 2005；Caillaud, 2012)與社會責任，或許是一個有利的解決之道，依據 Frank (2011)的研究認爲，個人與社會的責任可以透過教育達成，同時汪靜明(2000)提出學校環境教育的實施與落實，將可提昇國民的環境素養，對於環保生活化的落實。

家庭是經常性及長期消耗能源的集合體，室內省能設計有助處理根源的耗能問題，本研究運用專家評價法的德菲法與層級分析法(潘智謙，2006)結合模糊邏輯理論的推理運算機制(薛淞林，2013)，發展出一套客觀高適應性的多屬性室內省能設計成效評估模型，讓住宅室內設計前取得推理所得的最佳量化評估值，提供減碳節能設計的輔助參考價值。

1.1.2 研究目的

本研究目的在於建構一套具有客觀性以及具有量化特性的評估模型，除了可做爲評審住宅節能設計成效的優劣依據，以及做爲省能設計前的輔助決策參考，本研究試圖達成三項目的：

- (1) 藉由專家的隱性協同研究瞭解影響室內省能設計之關鍵影響因子，同時瞭解各影響因子的相對重要性，提供減碳節能設計的參考價值。
- (2) 應用模型的量化推理運算機制，探討住宅室內省能設計的最佳方案，提高節能設計的有效性。
- (3) 提供專業設計師參考及提供政策推動住宅節能補貼金額的計算參考依據，提高補貼政策的公平性及有效性。

1.2 研究限制與範圍

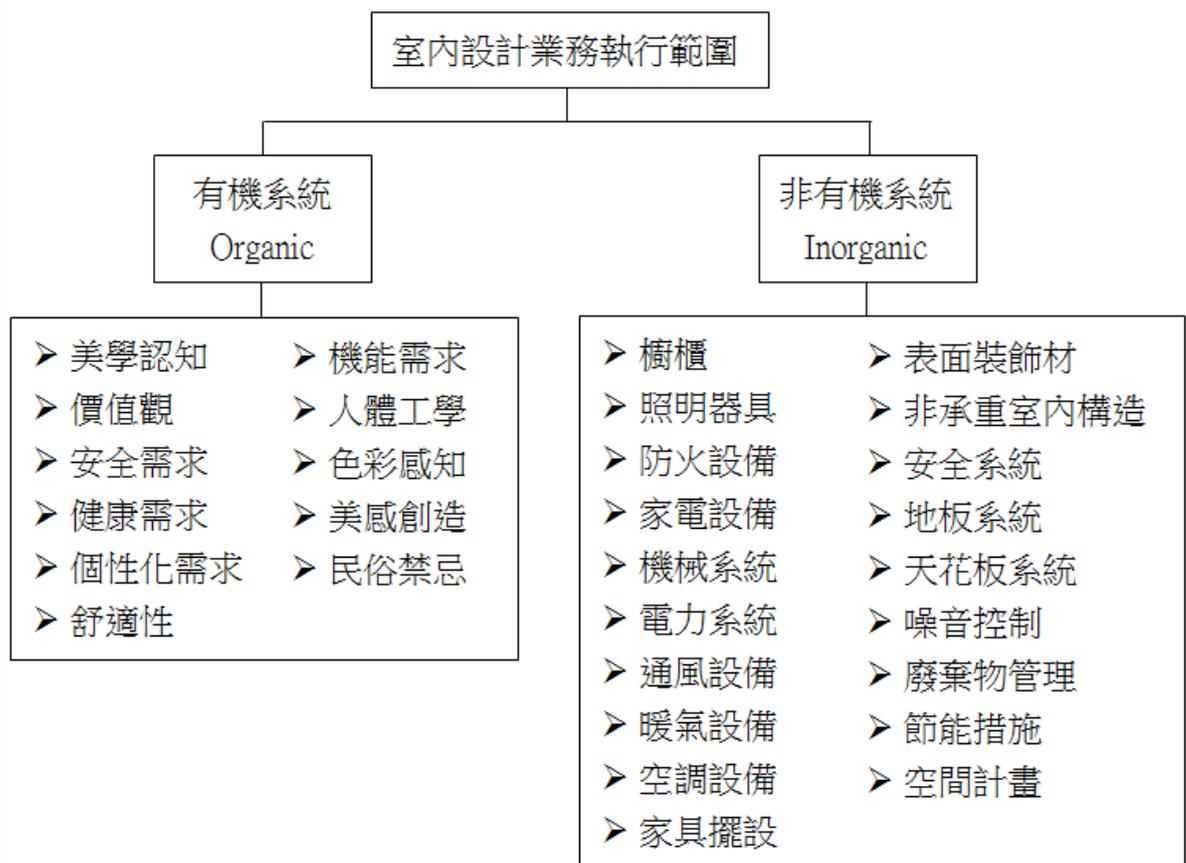
1.2.1 研究限制

由於住宅省能設計相關的議題有綠色消費、綠色採購、綠色供應鏈、綠色施工與管理、綠建築、綠建材、綠色標章等，都是重要的研究議題。本研究受限於時間因素，僅就建築物室內設計業務執行面相關的議題提出研究結果。

1.2.2 研究範圍

國內探討建築物省能的相關研究相當多，本研究從室內設計業務執行的角度出發來探討室內設計省能成效。建築物室內設計是以室內空間為範圍，以不影響原建築物之機械或結構系統為條件，運用自然元素及人造素材，為調和與人的活動有關的有機系統以及與物的功能有關的非有機系統而進行的創意構思過程(莊修田，2000)。故本研究範圍界定在建築物室內設計業務執行的範圍中並以探討非有機系統相關議題為主。

圖 1-1
室內設計業務執行範圍



資料來源：莊修田(2000)。

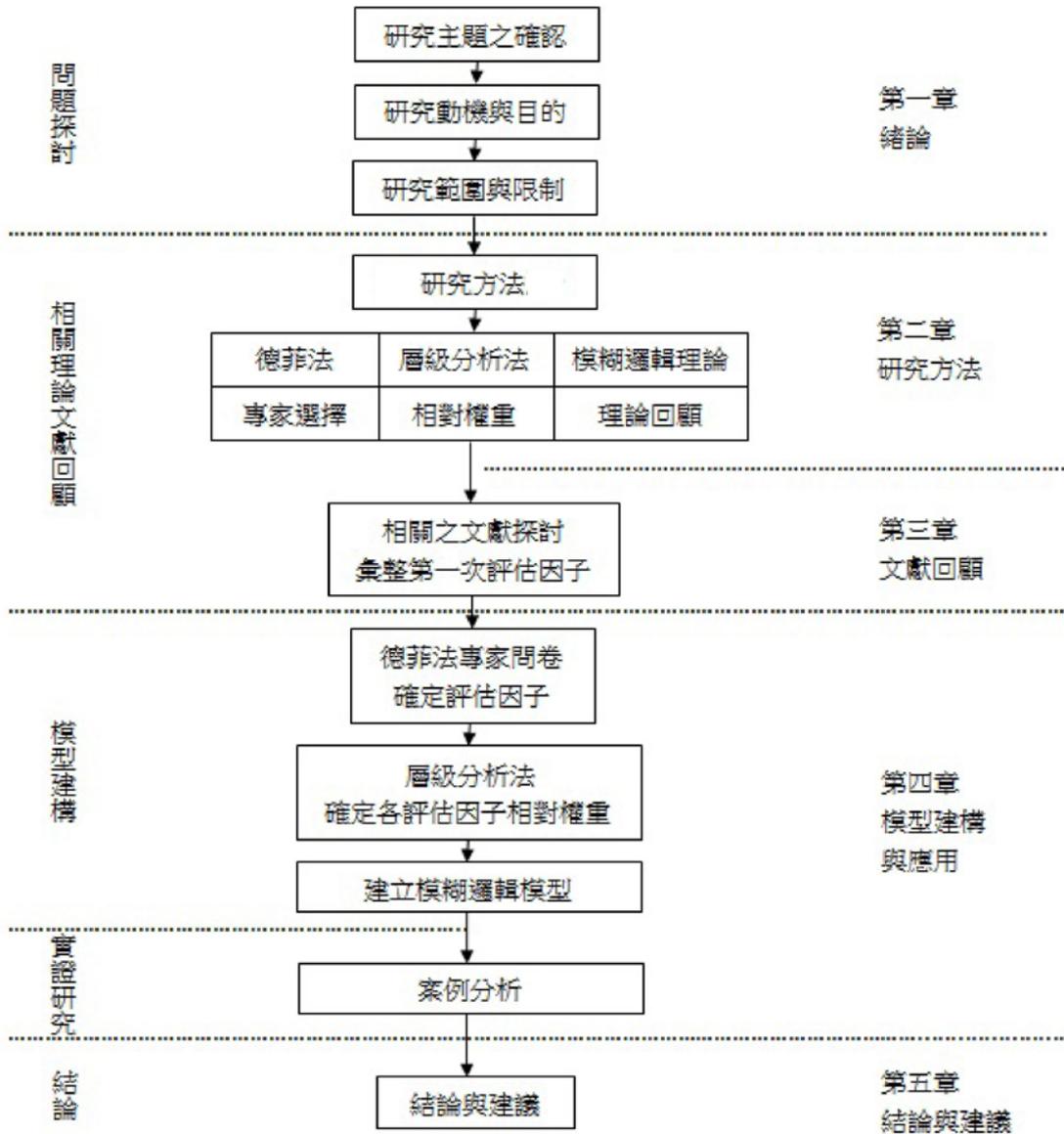
1.3 研究流程

1.3.1 論文流程綱要分述：

- (1) 問題探討。
- (2) 相關理論文獻回顧。
- (3) 模型建構。
- (4) 實證研究。
- (5) 結論。

1.3.2 研究流程圖

圖 1-2
研究流程圖



第二章文獻探討

2.1 探討國內施行節能減碳政策

1996 年行政院成立了「永續發展委員會」為配合這項政策經建會特別把綠建築列為城鄉永續發展政策的執行重點，營建署也透過「營建白皮書」宣示將全面推動綠建築政策(林憲德，2011)，內政部建築研究所近年來建立綠建築評估制度、智慧建築評估制度與綠建材評估制度方面，獲得相當的成就。另外環境保護署將環保標章的推行落實在生活的各個面向，掀起了國內環保的熱潮，以下針對國內各標章制度做一說明與介紹：

2.1.1 綠建築

近年來由於全球溫室氣體排放，已經造成嚴重全球暖化、溫室效應、天候異常及嚴重的北極融冰等問題，還有住在低窪地區的居民將因為海平面上升而成為氣候難民。

同時全球亦不斷造成複合式的災難，不但危及人類的生命與財產，亦危及生物多樣化的自然現象，全球環境已經遭到嚴重的破壞，保護環境是世界各國共同的責任。由於建築產業離不開人類日常生活以及食衣住行育樂工商等各行各業，不但是國家經濟的前導指標，同時也是高營業額、高產值及高污染的產業。

綠建築與綠供應鏈能有效降低建築產業對環境造成污染，歐美國家已經嚴格執行綠採購及相關綠建築規範與措施，如近年來德國對沒有綠屋頂的建築課徵暴雨稅；雖然我國亦明訂相關的綠建築法規，但是僅侷限於公共工程部份，對私有建築並沒有任何的嚴格法規限制，如果未來全世界課徵碳交易稅時，將造成整體國家經濟的損失，且將波及全體的納稅人。就納稅義務人而言，家庭用電、用水、用油設備或是交通工具以及居住空間等消耗能源問題，應該更嚴謹的面對，因為這些問題將影響家庭的固定開支，尤其是居住空間的長期耗能問題。

一、何謂綠建築

綠建築是在建築範疇內取得自然界最大之協調，除了在建築環境上植栽綠化，更以全面化、系統化的環保設計為訴求的永續建築設計。

表 2-1
綠建築的定義或內涵解說彙整

區分	機構/學術研究	綠建築定義或內涵解說
1	建築資訊網	花費最少的資源建造，產生最少的廢棄物，也就是環保的建築工程。

(續下頁)

區分	機構/學術研究	綠建築定義或內涵解說
2	內政部營建署，財團法人國土規劃及不動產	綠建築係指在建築生命週期（指由建材生產到建築物規劃設計、施工、使用、管理、及拆除之一系列過程）中，消耗最少地球資源，使用最少能源及製造最少廢棄物之建築物。
3	內政部建築研究所	「綠建築」在各國有不同的名稱，定義及內涵也略有差異。以鄰近的日本為例，其綠建築最早之發展稱環境共生住宅 (Environmental Symbiotic Housing)，其內涵包括「地球環境的保全」、「周邊環境的親和」、及「健康快適的居住環境」等三個層次，而綠建築在歐洲國家稱為「生態建築」(Ecological Building)或「永續建築」(Sustainable Building)，主要強調生態平衡、保育、物種多樣化、資源回收再利用、再生能源及節能等永續發展課題。而在美國、加拿大等國，即稱綠建築(Green Building)，主要講求能源效率的提升與節能、資源與材料妥善利用、室內環境品質及符合環境容受力等。
4	林憲德	1999 年之「綠建築解說與評估手冊」中，為了綠色建築政策簡化、量化的目的，提出綠化、基地保水、日常節能、CO ₂ 減量、廢棄物減量、水資源、污水垃圾改善等七大指標，並以「消耗最少地球資源，排放最少廢棄物的建築物」作綠色建築草創時期之定義。
5	林憲德	九大指標，2003 年版「綠建築解說與評估手冊」中，將上述七大指標系統之外，加入「生物多樣性指標」與「室內環境指標」。
6	沛渥綠思	「綠建築」是將永續環保概念融入建築設計，使建築物在整體生命週期中，從規劃設計、施工、使用、維護到廢棄拆除的過程，均達到省能源、省資源、低汙染及低廢棄物之目標。根據我國綠建築評估系統顯示，「綠建築」亦即具生態、節能、減廢、健康之建築物。
7	Frank Lloyd Wright	知名自然建築大師萊特（Frank Lloyd Wright）對「綠建築」所下的定義是：「把建築物當成一個有機體來看，讓建築物跟自然環境完全融合協調的境界。」簡單說，就是讓建築物變得具有生命力，能夠跟著大自然一起呼吸。當建築與環境形成一個和諧狀態，居住與活動在其中的人們，自然會變得更加健康。

(續下頁)

區分	機構/學術研究	綠建築定義或內涵解說
8	綠色東吳報報	綠建築起源 1972 年，聯合國在瑞典斯德哥爾摩召開會議，各國代表對地球汙染及資源浪費的情況特別關心，各國學者相繼提出「綠建築」的環保概念；1996 年 6 月，伊斯坦堡召開的「居所會議（Habitat II Agenda）」中，針對當今都市危機研商因應對策。；1998 年，在加拿大召開與地球環保相關的國際建築學術會議中，使用「綠建築的挑戰(GreenBuildingChallenge)」作為會議議題。標示「綠建築」，已成為國際學術界廣泛使用的名詞。

資料來源:本研究整理

二、綠建築標章

內政部建築研究所為鼓勵興建省能源、省資源、低污染之綠建築建立舒適、健康、環保之居住環境，發展以舒適性、自然調和健康、環保等三大設計理念，委請財團法人台灣建築中心於八十八年九月一日正式公告受理綠建築標章申請，標章之核給須進行綠建築七大指標評估系統之評估，包括綠化量指標、基地保水指標、水資源指標、日常節能指標、二氧化碳減量指標、廢棄物減量指標、污水垃圾改善指標，經綠建築標章審查委員會審查通過始可發給標章，評定為綠建築。然而，隨著綠建築解說與評估手冊 2003 的檢討更新，決定於七大指標系統外，加入生物多樣性指標與室內環境指標，成為九大指標。藉此將使綠建築由過去消耗最少地球資源，製造最少廢棄物的建築物的消極定義，擴大為生態、節能、減廢、健康的建築物簡稱 EEWB 指標的積極定義(財團法人台灣建築中心，2013)。

表 2-2
綠建築標章

標章形式	內涵
	<p>綠建築標章上的七個顏色原本代表著七大指標系統：基地綠化指標；基地保水指標；水資源指標；日常節能指標；二氧化碳減量指標；廢棄物減量指標；污水垃圾改善指標；但是隨著「綠建築解說與評估手冊」(2003)的檢討更新，決定於七大指標系統外，加入生物多樣性指標與室內環境指標，成為九大指標。</p>

資料來源:內政部建築研究所-標章制度介紹

<http://www.abri.gov.tw/utcPageBox/CHIMAIN.aspx?ddsPageID=CHIMPX#2>

我國綠建築(EEWH)九大指標系統介紹如下：

表 2-3

我國 EEWH 評估指標系統

縮寫	四大指標	指標名稱	定義
E	生物指標 Ecology	(一) 生物多樣性指標	所謂「生物多樣性」係在於顧全「生態金字塔」最基層的生物生存環境，亦即在於保全蚯蚓、蟻類、細菌、菌類之分解者、花草樹木之綠色植物生產者以及甲蟲、蝴蝶、蜻蜓、螳螂、青蛙之較初級生物消費者的生存空間。
		(二) 綠化量指標	所謂「綠化量指標」就是利用建築基地內自然土層以及屋頂、陽台、外牆、人工地盤上之覆土層來栽種各類植物的方式。
		(三) 基地保水指標	基地的保水性能係指建築基地內自然土層及人工土層涵養水分及貯留雨水的功能。基地的保水性能愈佳，基地涵養雨水的能力愈好，有益於土壤內微生物的活動，進而改善土壤之有機品質並滋養植物，維護建築基地內之自然生態環境平衡。
E	節能指標 Energy Saving	(四) 日常節能指標	建築物的生命週期長達五、六十年之久，從建材生產、營建運輸、日常使用、維修、拆除等各階段，皆消耗不少的能源，其中尤以長期使用的空調、照明、電梯等日常耗能量佔最大部分。綠建築之「日常節能指標」即以空調及照明耗電為主要評估對象，同時，將「日常節能指標」定義為夏季尖峰時期空調系統與照明系統的綜合耗電效率。

(續下頁)

縮寫	四大指標	指標名稱	定義
W	減廢指標 Waste Reduction	(五) CO ₂ 減量 指標	指所有建築物軀體構造的建材(暫不包括水電、機電設備、室內裝潢以及室外工程的資材)，在生產過程中所使用的能源而換算出來的 CO ₂ 排放量。
		(六) 廢棄物減 量指標	所謂廢棄物係指建築施工及日後拆除過程所產生的工程不平衡土方、棄土、廢棄建材、逸散揚塵等足以破壞周遭環境衛生及人體健康者。
H	健康指標 Health	(七) 室內環境 指標	所謂「室內環境指標」主要在評估室內環境中，隔音、採光、通風換氣、室內裝修、室內空氣品質…等，影響居住健康與舒適之環境因素，希望藉此喚起國人重視室內環境品質，並減少室內污染傷害以增進生活健康。
		(八) 水資源指 標	所謂「水資源指標」，係指建築物實際使用自來水的用水量與一般平均用水量的比率，又名「節水率」。其用水量評估，包括廚房、浴室、水龍頭的用水效率評估以及雨水、中水再利用之評估。
		(九) 汗水垃圾 改善指標	本指標著重於建築空間設施及使用管理相關的具體評估項目，是一種可讓業主與使用者在環境衛生上具體控制及改善的評估指標。

資料來源:TBAC 台灣建築中-綠建築標章-指標說明

<http://www.tabc.org.tw/GB/target.html>

三、綠建築評估指標和室內省能設計因子探討

綠建築評估指標中生物多樣性指標、綠化量指標、基地保水指標、CO₂減量指標、廢棄物減量指標、水資源指標、汗水垃圾改善指標和本研究範圍室內省能設計關聯性較小，故本章節只介紹日常節能指標及室內環境指標評估的內容。

表 2-4

日常節能指標評估表

A、建築外殼節能評估	1. 玻璃可見光反射率 $G_{ri} = \square < 0.25$ 2. 水平透光開窗日射遮蔽 $HW_s = \square < \square$ 3. 屋頂平均傳透率 $U_r = \square < \square (w/m^2 \cdot k)$ 4. 外牆平均傳透率 $U_w = \square < 3.5 (w/m^2 \cdot k)$ 5. 外殼透光部位平均傳透率 $U_g = \square < U_{gmax} = \square (w/m^2 \cdot k)$ 6. 建築外殼節能效率 EEV
B、空調系統節能 EAC	
C、照明系統 EL	燈具效率係數 IER

資料來源：綠建築標章評定申請書製作格式(2009 年版)

<http://www.tabc.org.tw/tw/modules/wfdownloads/singlefile.php?cid=10&lid=142>

表 2-5

室內環境指標評估表

大項	小項	對象	評分判斷
音環境		外牆、分界(*1)	下列三項，擇一計分： <ul style="list-style-type: none"> • 單層牆：RC、磚造單層牆厚度 $dw \geq 15cm$ 或空心磚、輕質混凝土造單層牆厚度 $dw \geq 20cm$ • 雙層板牆：雙層牆板間距 $da1 \geq 10cm$，內填玻璃棉厚度 $dw \geq 5cm$，且雙層實心面板總厚度 $db \geq 4.8cm$ • 檢附牆板隔音性能證明 $R_w \geq 55dB$ (*2)
			下列三項，擇一計分： <ul style="list-style-type: none"> • 單層牆：RC、磚造單層牆厚度 $dw \geq 12cm$ 或空心磚、輕質混凝土造單層牆厚度 $dw \geq 15cm$ • 雙層板牆：雙層牆板間距 $da1 \geq 10cm$，內填玻璃棉厚度 $(dw) \geq 5cm$，且雙層實心面板總厚度 $db \geq 2.4cm$ • 檢附牆板隔音性能證明 $R_w \geq 50dB$ (*2)
			<ul style="list-style-type: none"> • 牆板構造條件未達 A1、A2 標準者

(續下頁)

大項	小項	對象	評分判斷
音環境	窗		下列三項，擇一計分： • 符合氣密性 2 等級($2m^3/hm^2$, *3)且玻璃厚度 $\geq 8mm$ • 符合氣密性 2 等級($2m^3/hm^2$, *3)之雙層窗，窗間距 $\geq 20cm$ 且玻璃厚度 $\geq 5mm$ • 檢附窗戶隔音等級曲線 ≥ 35 或 $R_w \geq 40dB$ (*2)
			下列三項，擇一計分： • 符合氣密性 2 等級($2m^3/hm^2$, *3)且玻璃厚度 $\geq 5mm$ • 符合氣密性 8 等級($8m^3/hm^2$, *3)之雙層窗，窗間距 $\geq 20cm$ 且玻璃厚度 $\geq 5mm$ • 檢附窗戶隔音等級曲線 ≥ 30 或 $R_w \geq 35dB$ (*2)
			下列三項，擇一計分： • 符合氣密性 8 等級($8m^3/hm^2$, *3)且玻璃厚度 $\geq 8mm$ • 符合氣密性 8 等級($2m^3/hm^2$, *3)之雙層窗，窗間距 $\geq 10cm$ 且玻璃厚度 $\geq 5mm$ • 檢附窗戶隔音等級曲線 ≥ 25 或 $R_w \geq 30dB$ (*2)
			窗構造條件未達 B1、B2、B3 標準者
		樓版	下列三項，擇一計分： • RC、鋼構複合樓版厚度(df) $\geq 18cm$ • $15cm \leq RC$ 、鋼構複合樓版厚度(df) $< 18cm$ 且加設緩衝材(dc)、 $\Delta L_w \geq 10dB$ 或樓板空氣層厚度(da) $\geq 30cm$ (*4) • 檢附樓板衝擊音之隔音等級 $L_{n,w} \leq 45dB$ (*4)
		下列三項，擇一計分： • $15cm \leq RC$ 、鋼構複合樓版厚度(df) $< 18cm$ • $12cm \leq RC$ 、鋼構複合樓版厚度(df) $< 15cm$ 且加設緩衝材(dc)、 $\Delta L_w \geq 10dB$ 或樓版空氣層厚度(da) $\geq 30cm$ (*4) • 檢附樓板衝擊音之隔音等級 $L_{n,w} \leq 55dB$ (*4)	
		下列三項，擇一計分： • $12cm \leq RC$ 、鋼構複合樓版厚度(df) $< 15cm$ • RC 、鋼構複合樓版厚度(df) $< 12cm$ 或木構造樓版且加設緩衝材(dc)、 $\Delta L_w \geq 10dB$ 或樓版空氣層厚度(da) $\geq 30cm$ (*4) • 檢附樓板衝擊音之隔音等級 $L_{n,w} \leq 65dB$ (*4)	
		• RC 、鋼構複合樓版厚度(df) $< 12cm$ 或木構造樓版	

(續下頁)

大項	小項	對象	評分判斷
光環境	自然採光	所有建築類型之玻璃透光性	• 清玻璃或淺色 low-E 玻璃等（可見光透光率 0.6 以上）
			• 色版玻璃等（可見光透光率 0.3~0.6）
			• 低反射玻璃等（可見光透光率 0.15~0.3）
			• 高反射玻璃等（可見光透光率 0.15 以下）
	自然採光	辦公廳舍、住宿類建築、幼稚園及學校教室、飯店客房、醫院病房、兒童福利設施（含保健館、托兒所、育幼院、育嬰中心）、養老院等一般居室空間	• 地面層以上所有空間(包含居室與非居室) (*5) 皆有採光深度 3 倍(*6)以內之自然採光開窗
			• 地面層以上所有居室皆有採光深度 3 倍以內之自然採光開窗
			• 地面層以上居室面積 10%以內空間無採光深度 3 倍以內之自然採光開窗
	自然採光	上述以外空間	• 地面層以上居室面積 30%以內空間無採光深度 3 倍以內之自然採光開窗
			• 自然採光狀況未達 E1~E4 之標準者
			• 不予評估
人工照明	公共空間(如門廳、會議室…等)或辦公空間、幼稚園及學校教室之照明	• 所有空間照明光源均有防眩光隔柵、燈罩或類似設施	
		• 所有居室空間照明光源均有防眩光隔柵、燈罩或類似設施	
		• 面積一半以上居室空間照明光源均有防眩光隔柵、燈罩或類似設施	
	• 照明狀況未達 F1、F2、F3 之標準者		
人工照明	商業或住宿類及以外空間之照明	• 不予評估	
		• 所有居室空間均為可自然通風空間 (*8)	
		• 90%以上居室樓地板面積為可自然通風空間	
		• 80%以上居室樓地板面積為可自然通風空間	
通風換氣環境	自然通風型	可自然通風型建築（住宿類、學校類與無中央空調之辦公類建築物）	• 60%以上居室樓地板面積為可自然通風空間
			• 低於 60%居室樓地板面積為可自然通風空間

(續下頁)

大項	小項	對象	評分判斷
通風換氣環境	外氣引入型	中央空調型辦公類建築物或上述以外之建築物 (*7)	• 所有居室空間具中央空調新鮮外氣引入風管系統 (需提出外氣引入風管系統圖說)
			• 所有居室空間具新鮮外氣引入 (*9)
			• 50% 以上居室樓地板面積之空間具中央空調新鮮外氣引入風管系統或新鮮外氣引入 (*10)
			• 50% 以下居室樓地板面積之空間具中央空調新鮮外氣引入風管系統或新鮮外氣引入 (*10)
			• 所有居室空間皆無新鮮外氣引入
室內建材裝修	整體裝修建材	一般建築主要居室空間	• 基本構造裝修量 (全面以簡單粉刷裝修, 或簡單照明系統天花板裝修者)
			• 少量裝修量 (七成以上天花或牆面未被板材裝潢裝修者)
			• 中等裝修量 (五成以上天花或牆面未被板材裝潢裝修者)
	展示、商場、劇院、演藝廳等特殊裝修需求空間	• 大量裝修量 (七成以上天花及牆面被板材裝潢者)	
		• 不予評估	
綠建材	綠建材使用率 (附計算或說明)	• $R_g (*11) \geq 60\%$	
		• $60\% > R_g \geq 50\%$	
		• $50\% > R_g \geq 40\%$	
		• $40\% > R_g \geq 30\%$	
		• 裝修毫無採用綠建材或 $R_g < 30\%$	

(續下頁)

大項	小項	對象	評分判斷
室內生態建材裝修	其他生態建材(優惠得分) (附計算或說明)	接著劑	<ul style="list-style-type: none"> • 50% 以上接著劑數量採用綠建材 • 不符以上條件者
		填縫劑	<ul style="list-style-type: none"> • 50% 以上填縫劑數量採用天然材料 • 不符以上條件者
		木材表面塗料或染色劑	<ul style="list-style-type: none"> • 50% 以上木材表面採用天然保護塗料 • 不符以上條件者
		電纜線、電線、水電管、瓦斯管線等管材	<ul style="list-style-type: none"> • 50% 以上管線以非 PVC 材料製品替代(如金屬管、陶管)或具有綠建材標章、或環保標章認可之管線 • 不符以上條件者
		建築外殼及冰水、熱水管之隔熱材	<ul style="list-style-type: none"> • 50% 以上隔熱材數量採用天然或再生材料 • 不符以上條件者
		其他	<ul style="list-style-type: none"> • 使用其他足以證明有益於地球環保之天然建材

資料來源：綠建築標章評定申請書製作格式(2009 年版)

<http://www.tabc.org.tw/tw/modules/wfdownloads/singlefile.php?cid=10&lid=142>

彙整綠建築評估指標中的日常節能指標和室內環境指標評估項目中和室內省能設計因子整理如下表：

表 2-6

綠建築和室內省能設計相關因子

指標	評估項目	相關因子及說明
日常節能指標	建築外殼節能評估	玻璃、屋頂、外牆、開口率、外殼節能
	空調系統節能 EAC	空調設備
	照明系統 EL	照明設備
室內環境指標	外牆、分界	牆厚、真空絕熱板材
	窗	氣密性
	樓板	版厚

(續下頁)

指標	評估項目		相關因子及說明
室內環境指標	光環境	自然採光	透明玻璃、色版玻璃、低反射玻璃、高反射玻璃
			自然採光開窗
		人工照明	照明設備
	通風換氣環境	自然通風型	通風
		外氣引入型	空調設備
	室內建材裝修	整體裝修建材	裝修量
		綠建材	綠建材
	室內生態建材裝修	其他生態建材	綠建材

資料來源：本研究整理

2.1.2 智慧建築

高科技資訊化時代的來臨，政府積極推動要將台灣建構為亞太營運中心，以吸引各國企業集團到台灣設立亞太總部或分支機構，加上台灣加入世界貿易組織(WTO)後，國際商業行為更為頻繁，對高品質辦公大樓之需求將更形殷切，國際企業集團也紛紛指定要承租智慧型辦公大樓以作為台灣企業總部之據點，建築物智慧化之需求與迫切性已不容忽視。配合數位化、網路化之時代潮流，政府也大力推動全面實施電子商務，而智慧建築之建設乃是國家推動資訊化的基礎建設，近年來各國也紛紛將各都市的智慧建築數量作為都市資訊化之指標。面對現今高資訊科技化的社會，人們的生活型態已逐漸改變，居家利用網路從事辦公工作、資料收集、預約各種票券乃至交友購物等，已儼然成為現代人生活的一部份。辦公型態與企業組織也順應著社會的潮流而不斷的變革，高資訊科技化與人性化的生活空間與環境，成為智慧建築提高生產力與經濟效益外的另一項重要的規劃設計議題。除此之外，目前全世界正面臨建築產業對自然環境破壞的問題，建築產業的碳排放量約佔總排放量的三分之一，如何善用台灣資通訊(Information and communications technology)產業的技術優勢，以低環境負荷的手法，改善建築產業的碳排放，研發更安全、健康與節能的智慧建築，乃成為現代建築科技的重要發展方向。行政院吳敦義院長也於 2009 年第 38 屆建築師節大會上宣佈「加強研發智慧綠建築產業以促進產業革新及改善人民生活」，清楚指出建築科技的發展方向，乃應藉由具擴充性與整合性之智慧建築使用管理功能，使綠建築之各項系統技術能發揮其最大的效益。創造安全、健康、便利、舒適與節能環保的人性化居住空間，也可以說建築物智慧化是達成綠建築永續發展的重要關鍵(財團法人台灣建築中心，2013)。

一、智慧建築標章

內政部建築研究所為推廣智慧化居住空間概念，推動國內智慧建築之發展，累積了近十年的相關研究成果，於 2002 年度進行智慧建築標章評估系統之架構研究，以作為推動智慧建築標章之評估審查依據（溫琇玲等，2002），針對其中部分已可量化之指標作基準性之研究，而 2003 年上半年度依循 2002 年度已完成之智慧建築標章作業要點暨評估系統，落實各指標之量化評估準則與指標操作之解說，以作為執行智慧建築標章申請之評估手冊，並於 2004 年起，正式受理智慧建築標章之申請，並希望透過此一認證制度，彰顯建築物之差異化價值，進而加速國內智慧建築之發展，提高我國之建築物品質。

綜觀各國與我國智慧建築之評估系統，可以了解因各國建築產業、資訊科技產業之國情差異，其對智慧建築之評估系統與評估方法也各異其趣。我國智慧建築標章於 2003 年初步實施階段，為求評估體系之執行容易，應盡量以簡化及可量化之指標作為評估之依據，為達上述之目的，以智慧建築之建築物環境、成本效益、智慧化系統與使用管理來作為智慧建築定義的範疇。依此研訂資訊通信、安全防災、健康舒適、設備節能、綜合佈線、系統整合及設施管理七大項指標作為智慧建築標章之評估體系(財團法人台灣建築中心，2013)。

為因應行政院現階段發展智慧化居住空間產業發展計畫之目標，智慧建築乃是智慧化居住空間的重要載體，因此檢討現行評估架構以及評估指標之內容，以符合行政院發展智慧化居住空間政策方向之所需。緣此，新版智慧建築標章解說與評估手冊，將原始之七項評估指標擴充為八項，增設「貼心便利指標」，並將原設備節能指標更名為節能管理指標，以使智慧建築之評估得以更加完備，且更加符合科技之發展趨勢與使用者需求(財團法人台灣建築中心，2013)。

表 2-7
智慧綠建築標章

標章形式	內涵
	<ul style="list-style-type: none">● 綠色代表智慧建築所帶來的美好環境表現出人性化的一面● 橘色代表源源不絕的能源● 橢圓形代表資源的有效利用象徵資源回收再生● 箭頭代表快速傳遞的通訊網路，任何訊息都能最有效利用。● i 字代表 intelligent● 藍色代表現代生活科技的進步，具有時尚感。又像是個人，也代表著人類在建築物的保護下安全且健康

資料來源:內政部建築研究所-標章制度介紹

<http://www.abri.gov.tw/utcPageBox/CHIMAIN.aspx?ddsPageID=CHIMPX#2>

二、智慧建築評估指標和室內省能設計因子探討

智慧建築評估指標中綜合佈線指標、資訊通訊指標、系統整合指標、設施管理指標、安全防災指標、貼心便利指標和本研究範圍室內省能設計關聯性較小，故本章節只介紹健康舒適指標和節能管理指標評估的內容。

(一) 健康舒適指標

健康舒適指標區分成「空間環境」、「視環境」、「溫熱環境」、「空氣環境」、「水環境」與「健康照護管理系統」等六大項目。所謂「空間環境」指標乃是指建築物室內空間具有開放性與彈性，可提供高效率與便利的工作環境，以保持室內空間的便利性與舒適性。「視環境」指標乃是指建築物室內採光環境與照明環境間所形成之室內綜合視覺環境舒適性的指標。「溫熱環境」指標乃是指建築物室內溫濕環境與空調環境間之舒適性處理對策的指標。「空氣環境」指標乃是指建築物室內空氣清淨與空氣品質控制之處理對策與健康性的指標。「水環境」指標乃是指建築物室內生飲水系統水質處理對策的指標。「健康照護管理系統」指標乃指藉由醫療支援服務提供共用空間與專用空間中醫療資訊服務與醫療服務之健康環境(財團法人台灣建築中心，2013)。本指標中健康照護管理系統和室內省能設計關聯較小，故本研究不列入評估。

表 2-8

健康舒適指標評估

項次	指標項目	評估項目	評估基準	
			分項	子項
一	空間環境指標	室內空間計畫	樓層高度計畫	天花板高度是否大於 2.5 公尺
				是否整合空調、照明、消防及廣播等採用系統天花板設計
			彈性與共享的空間規劃	水平佈線空間是否可配合隔間做彈性調整
是否有會議、休憩等共享空間的規劃與設計，並具有網路的預約系統				
二	視環境指標	日照計畫	日照調節裝置	室外日照偵測裝置
三	溫熱環境指標	舒適環境偵測系統	室外氣候感測裝置	溫度偵測裝置
				雨量偵測裝置
			室內溫度偵測	溫度偵測裝置
			室內濕度偵測	濕度偵測裝置
		室內氣流與氣壓偵測	氣流或氣壓偵測裝置	

(續下頁)

項次	指標項目	評估項目	評估基準	
			分項	子項
四	空氣環境 指標	空氣品質偵測 系統	排換氣計畫	CO ₂ 濃度偵測系統裝置
				CO 濃度偵測系統裝置
				TVOC 濃度偵測系統裝置
				HCHO 濃度偵測系統裝置
				其他污染源之排換氣對策 (如浮游粉塵、抽煙、廁所臭 氣等之排換氣計畫)
五	水環境 指標	用水管理	自動補水	液面水位計監視
		水質管理	水質查核	一般用水水質查核

資料來源：2011 年版候選智慧建築證書申請書(住宿類)

<http://www.tabc.org.tw/tw/modules/wfdownloads/singlefile.php?cid=10&lid=142>

(二) 節能管理指標

本指標以「節能效益」與「能源管理」等面向為評估內容，主要評估智慧型建築物設備系統之節能效益，以各類建築物用電之空調、照明、動力設備等為主，評估空調、照明、動力設備等設備系統是否採用高效率設備，是否具有空調、照明、動力設備之節能技術，是否具有再生能源設備等，再配合評估是否具有能源監控管理功能(財團法人台灣建築中心，2013)。

表 2-9

節能管理指標評估

項次	指標項目	評估項目	評估基準
一	能源監視系統	能源監視之功能	具有空調或動力或照明等設備之能源監視功能
二	能源管理系統	能源管理之功能	具有空調或動力或照明等設備之能源監控或需量用電管理功能
三	設備效率	採用高效率設備	冰水主機或冷氣機等空調設備符合能源局之標準或具有各國節能標章認證
			螢光燈管或燈具等照明設備符合能源局之標準或具有各國節能標章認證
			泵、電梯等動力設備具有高效率設備的說明資料

(續下頁)

項次	指標項目	評估項目	評估基準
四	節能技術	智慧外層節能措施	具有可適應環境、降低室內耗能而可以自動調整之遮陽或窗戶等(各項節能措施最高得 4 分)
		空調設備節能措施	設置主機運轉台數控制、全熱交換器、變冷媒量、熱回收等(各項節能措施最高得 4 分)
		照明設備節能措施	採用晝光利用、初期照度調整、作業面照明等(各項節能措施最高得 4 分)
		動力設備節能措施	採用有諧波管理之變頻功能、最適契約容量等(各項節能措施最高得 4 分)
五	再生能源設備	再生能源設備之功能	產生電力或熱能等替代能源(各項功能最高得 4 分)

資料來源: 2011 年版候選智慧建築證書申請書(住宿類)

<http://www.tabc.org.tw/tw/modules/wfdownloads/singlefile.php?cid=10&lid=142>

彙整智慧建築評估指標中的健康舒適指標和節能管理指標評估項目中和室內省能設計因子整理如下表：

表 2-10
智慧建築和室內省能設計相關因子

指標	評估項目	相關因子及說明
健康舒適	空間環境指標	樓高、隔間
	視環境指標	日照
	溫熱環境指標	溫度、濕度、通風
	空氣環境指標	通風
	水環境指標	省水
節能管理	能源監視系統	空調設備、照明設備
	能管理系統	空調設備、照明設備
	設備效率	空調設備、照明設備
	節能技術	遮陽、空調設備、照明設備
	再生能源設備	再生能源設備

資料來源：本研究整理

2.1.3 綠建材

綠建築是建構綠色空間的根本，有了綠建築物的本體與綠建築環境後，如果沒有綠色室內空間的規劃構想與配合，就無法達整體 100%的綠建築居住環境，又因家庭屬於長期固定消耗能源的最基本單元與改善的單元，有效的選用室內綠色建材，將可降低整體居住空間的能源消耗。

一、何謂綠建材

依據內政部建築研究所(2013)的研究指出，我國地狹人稠，大多數室內空間均有使用人口密度過高的困擾，與裝修建材的使用有過量的情形，造成許多材料的浪費與產生新的室內污染源。為有效控制室內污染源、延長建築物的生命週期與材料的再利用，進而研擬適用於國內本土化之綠建材評估要項與標準，並提出具體可行之管制措施以保護國民健康及環境資源(財團法人台灣建築中心, 2013)。加上我們室內裝修過程經常性的拆除原來建築規劃設計的室內隔間，並做了室內空間過荷的設計與使用規劃，不但製造大量的拆除廢棄物，及造成環境的污染外，又常因使用高級精美及多樣化的裝飾建材，這些建材往往需要多重加工，不但耗費能源及造成高 CO2 排放，同時亦影響室內空氣品質與人體的健康，所以綠建材的使用問題應該被更加積極的面對與重視。

綠建材是指低碳、低耗能、可回收與再利用的建築建材，第一屆國際材料科學研究會於 1988 年提出綠色建材的概念，其中綠色乃指其對永續環境發展的貢獻程度。而到了 1992 年國際學術界才為綠建材下定義：「在原料採取、產品製造、應用過程和使用以後的再生利用循環中，對地球環境負荷最小、對人類身體健康無害的材料，稱為『綠建材』」(財團法人台灣建築中心, 2013)。

我們瞭解室內裝飾建材對環境會造成嚴重的污染，及對人體健康會造成嚴重的影響，因此評估及分別綠建材的規範與標誌，對不同之使用者具有實質的辨識效果，同時有助管理上的方便性。有鑒於此重要性我國亦於101年1月1日實施相關的綠建材評估方式，依據姚志廷，蕭良豪(2012)的研究指出，「綠建材解說與評估手冊」所定的基準，是綠建材標章性能規格評定書評定之依據，為使手冊相關規定與時俱進，切合產業發展現況及國際趨勢，100年度由成大江哲銘教授召集編輯團隊協助完成「綠建材解說與評估手冊-2011年更新版」編修，自101年1月1日實施(姚志廷等, 2012)。且「綠建材解說與評估手冊-2011年更新版」內容深入淺出，對於綠建材標章之發展現況與評定基準有詳盡介紹，值得相關建材業者、室內設計業者、建築師及一般民眾參考閱讀(姚志廷等, 2012)。

另外依據行政院環境保護署(2000)的研究指出，廿一世紀為綠建材的時代，綜合各國之綠產品標章或建材標章可了解目前國際間對於綠建材的概念可歸納為表3-12。

表2-11

國際間對於綠建材的概念歸納

特性	Reuse——再使用 Recycle——再循環 Reduce——減量 Low emission materials——低污染
使用優點	生態材料——減少化學合成材之生態負荷與能源消耗。 回收再用——減少材料生產耗能與資源消耗。 健康安全——使用天然材料與低揮發性有機物質的建材，可減免化學合成材所帶給人體的危害。 材料性能——材料基本性能及特殊性能評估與管制，可確保建材使用階段時之品質。
評估項目	性能確保 環保確保性 健康性確保

資料來源：財團法人台灣建築中心-綠建材標章-認識綠建材
<http://www.cabc.org.tw/gbm/HTML/website/about.asp>

二、綠建材標章

內政部建築研究所推動綠建材標章制度，自民國 88 年起即進行相關建材逸散分析研究及相關建材檢測試驗設備建置，歷經周密之規劃研究與研擬，於民國 92 年開始籌畫台灣綠建材標章制度，歷經草創時期的努力，綠建材標章制度於民國 93 年 7 月正式上路，率先針對健康綠建材、再生綠建材兩類進行審查與標章核發，而技術部份則有綠建材通則以及健康、生態、再生、高性能等四類綠建材評定基準，民國 94 年起台灣綠建材標章全面開放受理申請，陸續推行多項鼓勵綠建材標章申請的措施與多方進行綠建材觀念之推廣宣導。

而綠建材標章自民國 99 年 1 月 1 日起，其評定方式改採指定評定專業機構辦理，標章核發層級提升至內政部，並將技術許可作業與核發標章之行政作業分階段處理，依據綠建材標章相關要點：綠建材標章申請審核認可及使用作業要點、綠建材標章評定專業機構申請指定作業要點及綠建材性能試驗機構申請指定作業要點執行(TABC 台灣建築中心，2013)。

表 2-12

綠建材標章

標章形式	內涵解說
	<p>以「綠環保，美家園」的理念為出發點，運用簡單大方的造型變化，表現出綠建材的概念，以葉子及中文「人」字的造型為屋頂，表現出綠建材“以人為本”的精神。底下以房子的圖案巧妙結合 Green “G” 字的造型，運用圓形的文字編排整合健康、生態、再生及高性能等主題，勾繪出以優質綠建材建構美麗家園的意象，以及「人本健康、地球永續」的想法，並搭配仲夏樹葉的明綠色及沉穩的墨綠色，完整呈現綠建材的意涵。</p>

資料來源：內政部建築研究-標章制度介紹

<http://www.abri.gov.tw/utcPageBox/CHIMAIN.aspx?ddsPageID=CHIMPX#2>

綠材料的概念於 1988 年第一屆國際材料科學研究會上首次提出。直到 1992 年國際學術界才為綠建材下定義：在原料採取、產品製造、應用過程和使用以後的再生利用循環中，對地球環境負荷最小、對人類身體健康無害的材料，稱為綠建材。目前國際間對於綠建材的概念，可大致歸納為以下幾種特性：再使用（Reuse）、再循環（Recycle）、廢棄物減量（Reduce）、低污染（Low emission materials）。

基本上綠建材之優點如下：

1. 生態材料：減少化學合成材之生態負荷與能源消耗。
2. 可回收性：減少材料生產耗能與資源消耗。
3. 健康安全：使用自然材料與低揮發性有機物質建材，可減免化學合成材之危害。

自 1977 年德國提出藍天使標章，二十五年來世界各國之建材與環保標章認證日臻完善。除藍天使標章外，目前世界上尚有許多綠建材相關標章如：芬蘭建材分級、丹麥與挪威的室內氣候標章、歐盟生態標章、美國綠防護計畫、中國大陸的中國環境標誌、加拿大環保標章、日本環保標章與 JIS、JAS 對建材甲醛濃度之逸散量規定，以及最近推行之住宅品質確保促進法與住宅性能表示制度等。針對上述標章制度本所進行綠建材認證類別分析，其認證類別可歸納為健康、生態、再生、高性能等四大方向：

1. 健康綠建材：(1)低逸散；(2)低污染；(3)低臭氣。
2. 生態綠建材：(1)抑制溫室效應；(2)抑制臭氧層破壞；(3)使用本土建築材料；(4)省資源、省能源。
3. 再生綠建材：(1) 再循環；(2) 再利用；(3) 廢棄物減量。
4. 高性能綠建材：(1)耐久性佳；(2)不需維護；(3)高隔熱、高防音。

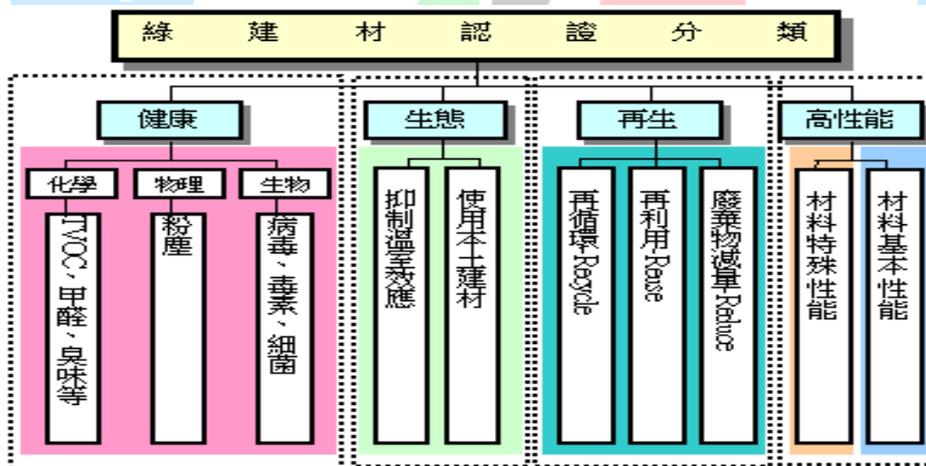
目前國內現行認證制度對於性能管制及環保認證制度部分，由標準檢驗局「中華民國國家標準」、「商品檢驗法」、政府「綠色採購制度」及環保署「環保標章制度」進行規範，然建築空間之建築材料及室內裝修材料健康方面之管制則顯得相對薄弱。

我國地狹人稠，大多數室內空間之使用均有人口密度極高之困擾。加上國人在建材使用上，不論生產、施工或使用皆有過量趨勢，造成許多新的室內污染源。為有效控制室內污染源，有必要研擬適用於國內本土化之綠建材認定要項與標準，並提出具體可行之管制措施以保護國民健康。國際間有關綠建材之研究，已將建材製造階段及室內環境品質等因子訂定基準評估值。因應我國加入WTO，為防止不良建材進口，加強建材健康管制，並積極協助國內相關建材產業轉型，推動綠建材標章制度有其必要性與迫切性（內政部建築研究所-標章制度介紹，2013）。

三、綠建材分類

我國對綠建材的劃分歸納為四大類：高性能建材、健康綠建材、生態綠建材及再生綠建材等，如下圖：

圖 2-1
綠建材認證分類



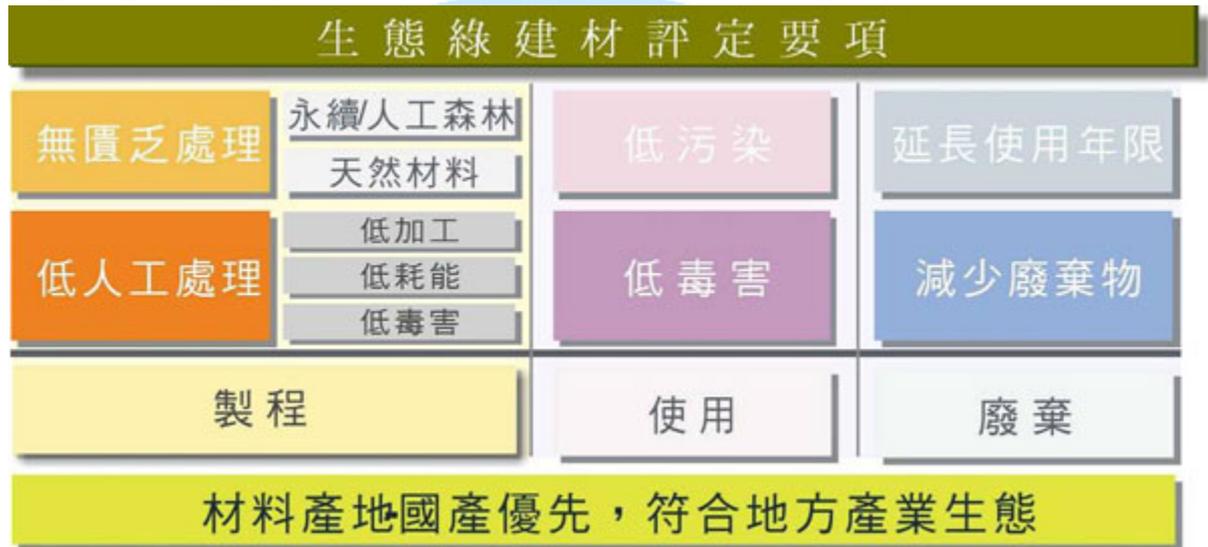
資料來源：內政部建築研究所-標章制度介紹

<http://www.tabc.org.tw/GBM/target.html>

(一) 生態綠建材

其定義為採用生生不息、無匱乏危機之天然材料，具易於天然分解、符合地方產業生態特性，且以低加工、低耗能等低人工處理方式製成之建材，稱為生態綠建材。為達此目的最簡單的方法就是選用天然材料製成之建材，服膺「取之於自然，用之於自然」的原則，創造出與自然循環息息相關的建築新思維，這才是地球永續發展的治本之道(TABC 台灣建築中心，2013)。

圖 2-2
生態綠建材評定要項



資料來源:台灣建築中心-綠建材標章-標章說明
<http://www.tabc.org.tw/GBM/target.html>



表 2-13

生態綠建材評定項目

評定項目\ 評定指標		說明	無匱乏危機	低人工處理
			要求水準	要求水準
1. 木製建材	結構材	結構用集成材、結構用合板、針葉樹結構用製材、框組壁工法結構用製材、框組壁工法結構用縱接材、結構用單板層積材、結構用木質板等。	木材部分應100%產自永續經營或人工森林。	低加工、低耗能、低毒害處理。
	壁板材	法結構用縱接材、結構用單板層積材、結構用木質板等。		
	地板材	板條地板、複合木質地板等。		
	門窗材及其他	木製門窗材。		
2.天然植物建材		竹、麻纖維、草類纖維、籐及其他天然植物製建材。	天然材料至少80%以上(體積比或重量比)。	低加工、低耗能、低毒害處理。
3.天然隔熱建材		礦纖隔熱材、木質纖維隔熱材、廢紙隔熱材、動物毛髮隔熱材及其他天然隔熱建材。		
4.非化學合成管線材		陶製雨水管、金屬類水管及其他。		
5.非化學合成衛浴		木製浴缸、搪磁浴缸、木製馬桶蓋及其他。		
6.木材染色劑		天然植物染料、天然礦石染料及其他天然木材染色劑。		
7.外殼粉刷材		瓊麻石灰粉刷、貝殼類及其他天然外殼粉刷材。		

(續下頁)

評定項目\評定指標	說明	無匱乏危機	低人工處理
		要求水準	要求水準
8.塗料	亞麻仁油漆、蜂蠟漆、牛奶漆、水性環保漆及其他天然塗料。		
9.窗簾	麻、棉、絲、竹、籐及其他等天然纖維製窗簾。		
10.壁紙	木質、麻、棉、絲及其他等天然纖維製壁紙。		
11.填縫劑	天然橡膠、天然矽土纖維及其他等天然材製填縫劑。		
12.其他天然建材	以天然材料製成之建材並經審查委員會評定核可者。		

資料來源:TABC 台灣建築中心-綠建材標章-標章說明
<http://www.tabc.org.tw/GBM/target.html>

(二) 低逸散健康綠建材

定義該建材之特性為低逸散量、低毒性、低危害健康風險之建築材料。本類建材標章之推廣目的為提高室內空氣環境品質，降低建材對於人體健康的危害程度，未來亦將朝向促進健康因素並具有多功能化之使用價值為目標。根據上述定義，本類標章不受理無甲醛逸散及無 TVOC 逸散之虞產品，例如，無機類石材、玻璃等產品，目前針對室內建材與室內裝修材料進行「人體危害程度」的評估，以「低甲醛」及「低總揮發性有機化合物(TVOC)」逸散速率為評估指標，未來將陸續對建材之「化學過敏症」、「病態大樓症候群(SBS)」及「病態住宅症候群(SHS)」等影響及相關健康促進因子進行評估，以確保國人使用健康的建材及維護健康的室內環境(TABC 台灣建築中心，2013)。

表 2-14

低逸散健康綠建材評定基準表

一、甲醛 (HCHO) 逸散速率		
評定項目	性能水準(逸散速率)	說明
地板類、牆壁類、天花板、填縫劑與油灰類、塗料類、接著(合)劑、門窗類(單一材料)	<0.08 mg / m ² • hr	建材樣本置於環控箱中試驗其逸散量，量測甲醛濃度達穩定狀態時之逸散速率。

(續下頁)

二、總揮發性有機物質 (TVOC) 逸散速率		
評定項目	性能水準(逸散速率)	說明
地板類、牆壁類、天花板、填縫劑與油灰類、塗料類、接著(合)劑、門窗類(單一材料)	$< 0.19 \text{ mg} / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$	建材樣本置於環控箱中試驗其逸散量，量測總揮發性有機物質(TVOC)濃度達穩定狀態時之逸散速率。
試驗機構：經內政部指定之「綠建材性能試驗機構」		
<p>試驗規定：</p> <p>測試方法依據內政部建研所標準測試法(計劃編號 MOIS 901014)及參考 ISO 16000 系列 (CNS 14024) 標準方法，甲醛及 TVOC 試驗報告之數值判定，應以測試時間達 48 小時即停止測試之時間點，所測得之實驗數據做為判定數值；或未達 48 小時但實驗數據已穩定低於評估基準值之實驗數據做為判定數值。</p> <p>總揮發性有機物質化合物評定以苯、甲苯、對二甲苯、間二甲苯、鄰二甲苯、乙苯為指標污染物。</p>		
「低逸散健康綠建材標章」分級制度說明 (©新增說明)		
逸散分級	TVOC(BTEX)及甲醛逸散速率	
E1 逸散	TVOC 及甲醛均 $\leq 0.005 \text{ (mg/m}^2 \cdot \text{hr)}$	
E2 逸散	$0.005 < \text{TVOC} \leq 0.1 \text{ (mg/m}^2 \cdot \text{hr)}$ 或 $0.005 < \text{甲醛} \leq 0.02 \text{ (mg/m}^2 \cdot \text{hr)}$	
E3 逸散	$0.1 < \text{TVOC} \leq 0.19 \text{ (mg/m}^2 \cdot \text{hr)}$ 且 $0.02 < \text{甲醛} \leq 0.08 \text{ (mg/m}^2 \cdot \text{hr)}$	
【文件審查】申請廠商須檢附相關施工流程、圖說、文件說明，確保日後施做時，工法亦能符合健康性設計及要求。		

資料來源:TABC 台灣建築中心-綠建材標章-標章說明
<http://www.tabc.org.tw/GBM/target.html>

(三) 再生綠建材

定義是利用回收材料，經過再製程序，所製造之建材產品，並符合廢棄物減量(Reduce)、再利用(Reuse)及再循環(Recycle)等 3R 原則製成之建材。推動再生綠建材之目的，除了在有效使用再生材料外，尚有兩項基本要求，其一是必須確保建材之基本材料性能;其二是不得因為使用再生材料之而造成二次污染或對人體健康有不良之影響。目前再生綠建材區分為三大類(TABC 台灣建築中心，2013)，如下表:

表 2-15

再生綠建材

項目	說明
木質再生綠建材	建築物內部裝潢、地板、天花板、踢腳板、隔間板、門及各種木質傢俱等，以使用廢棄木材或製程木質邊料為主要製造材料。
石質再生綠建材	建築物外牆、隔間牆、地磚、面板等，以使用廢棄混凝土材料、各種無害性之無機廢料如廢陶瓷、廢玻璃、石質下腳料等原料，所生產製造之石質建材，如(圖 1)。此外回收混凝土磚石塊、廢玻璃、陶瓷廢料等，經適當篩分亦可製成建築用骨材粒料
混合材質再生綠建材	利用各種產業或民生一般性廢棄物，如廢塑膠、廢橡膠、廢玻璃、鋼鐵礦渣、無機污泥等，經適當之調製，摻配木質、石質等營建廢棄物中，以製造特定功能之建材或促進建材機能者，如仿木建材、輕質粒料、透水磚、輕質隔間磚等。

資料來源:TABC 台灣建築中心-綠建材標章-標章說明

<http://www.tabc.org.tw/GBM/target.html>

表 2-16

再生綠建材評定基準表

建材項目	可使用之再生材料	再生材料使用比率 (重量百分比)	特殊要求或分級規定
1.粒片板 particle boards	廢棄木材或製程廢木料等	90%以上	膠合劑等化學添加劑含量應低於 15%
2.中密度纖維板 medium density fiber boards	廢棄木材或製程廢木料等	90 %以上	膠合劑等化學添加劑含量應低於 15%
3.木製傢具及課桌椅 wooden furniture	再生粒片板、再生中密度纖維板等，或自廢棄家具或課桌椅等所拆解回收之材料	回收材料佔木質部份組成之 60%以上	產品及零組件不得含有 PVC 成份

(續下頁)

建材項目	可使用之再生材料	再生材料使用比率 (重量百分比)	特殊要求或分級規定
4.再生纖維水泥板 Regenerated fiber cement boards	廢棄混凝土材料、無 害性之無機性廢料 如廢陶瓷、廢玻璃、 石質下腳料等。	回收材料除水泥外 之比率佔 50 %以上	水泥使用量不得高於 50 %
5.高壓混凝土 地磚 compressed concrete paving units	營建剩餘土石方、污 泥、水庫淤泥、無害 性之無機性廢料如 廢陶瓷、廢玻璃、石 質下腳料等。	回收材料除水泥外 之比率如下： A 級：20 %以上 B 級：30 %以上 C 級：50 %以上	依抗壓強度分級： A 級：65Mpa 以上，不 得有任一測試值低於 59MPa B 級：50Mpa 以上， 不得有任一測試值低 於 45MPa C 級：45Mpa 以上， 不得有任一測試值低 於 40MPa
6.混凝土空心 磚 hollow concrete blocks	營建剩餘土石方、污 泥、水庫淤泥、無害 性之無機性廢料如 廢陶瓷、廢玻璃、石 質下腳料等。	回收材料除水泥外 之比率如下： A 級 磚：20%以上 B 級磚：30%以上 C 級磚：50%以上	依全斷面抗壓強度分 級： A 級磚：8N/mm ² 以上。 B 級磚：6N/mm ² 以 上。 C 級磚：4N/mm ² 以 上。
7.混凝土粒料 Concrete aggregates	營建剩餘土石方、污 泥、水庫淤泥、無害 性之無機性廢料如 廢陶瓷、廢玻璃、石 質下腳料等。	回收材料之比率如 下： 細粒料應佔 80 %以上。 粗粒料應佔 50 %以 上。	粗、細粒料依 CNS14891 之定義，粗 粒料為停留於標稱孔 寬 4.5mm 之試驗篩 者；細粒料為通過標 稱孔寬 4.75mm 試驗 篩，而主要部份停留 於標稱孔寬 75μm 試 驗篩者。

(續下頁)

建材項目	可使用之再生材料	再生材料使用比率 (重量百分比)	特殊要求或分級 規定
8.陶瓷面磚 ceramic tile	廢棄混凝土材料、無 害性之無機性廢料如 廢陶瓷、廢玻璃、石 質下腳料等。	種類依吸水率區 I 類之再生材料使用 比率應 15%以上； II 類之再生材料使 用比率應 15%以 上； III 類之再生材料使 用比率應 25%以上	依 CNS9737 之分類 規定，I 類為吸水率 3.0%以下者； II 類為吸水率 10.0% 以下者； III 類為吸水率 50%以 下者。
9.石膏板 gypsum boards	使用後回收之石膏、 工廠製程中無害性之 石膏副產品	再生材料乾重應佔 產品中石膏重量之 比率 50 %以上	包括石膏板、防潮石 膏板、強化石膏板、 粉刷基層石膏板、裝 飾石膏板等種類。
10.普通磚 common bricks	營建剩餘土石方、污 泥、水庫淤泥、無害 性之無機性廢料如廢 陶瓷、廢玻璃、石質 下腳料等。	再生材料乾重比率 40%以上(1 種磚、 2 種磚、3 種磚皆 同)	1 種磚為吸水率 10 % 以下，抗壓強度 30.0MPa 以上者。 2 種磚為吸水率 13 % ，抗壓強度 20.0MPa 以上者。 3 種磚為吸水率 15 % 以下，抗壓強度 15.0MPa 以上者。
11.輕質混凝 土嵌板 lightweight concrete panels	營建剩餘土方、水庫 淤泥、污泥、無害性 之無機性廢料如廢陶 瓷、廢玻璃、石質下 腳料等。	再生材料除水泥外 之比率佔 50%以上	水泥使用不得高於 8%。
12.水硬性混 合水泥 blended hydraulic cement	廢棄高爐爐渣、高爐 爐石粉、飛灰等	再生材料佔總重量 40%以上	包括卜特蘭高爐爐 渣水泥(IS 型)及卜特 蘭卜作嵐水泥(IP 型)。各指定型別之混 合水泥，其物理性質 應符合 CNS15286 第 6 節中對該型水泥適 用性之規定。

(續下頁)

建材項目	可使用之再生材料	再生材料使用比率 (重量百分比)	特殊要求或分級規定
13.裝飾用珠狀粒料 granulated aggregate for decoration	回收廢玻璃、陶瓷廢料等。	再生材料佔總重量 70%以上	表面平滑無銳角。
14.透水性混凝土磚 permeable concrete paving blocks	廢棄混凝土材料、無害性之無機性廢料如廢陶瓷、廢玻璃、石質下腳料等。	再生材料除水泥外之比率佔 50%以上	不得以燒結方式製造，水泥用量不得高於 30%。
15.橡膠地磚 rubber paving blocks	回收橡膠及各種高分子材料等。	再生材料佔總重量 80%以上	膠合劑等化學添加劑含量應低於 10%，硬度應大於 45Hs、抗拉強度應大於 25kg/cm ² 、撕裂強度 10kgf/cm ² 壓縮永久變形 35%以下、彈性率 30 %以上
16.合成石 synthetic stone	營建剩餘土石方、污泥、水庫淤泥、無害性之無機性廢料如廢陶瓷、廢玻璃、石質等。	再生材料佔總重量 60%以上	膠合劑等化學添物含量應低於 8%
17.水泥瓦 concrete tile	煤灰、爐石粉、再生粒料等	再生材料佔總重量 25%以上	無
18.綠混凝土 green concrete	回收高爐爐渣粉、飛灰、再生粒料等。	再生材料佔總重量 50%以上	抗壓強度大於 350 kgf/cm ² 、氯離子滲透電量小於 2000庫倫。

資料來源:TABC 台灣建築中心-綠建材標章-標章說明
<http://www.tabc.org.tw/GBM/target.html>

(四) 高性能綠建材

定義是性能有高度表現之建材、材料組件，能克服傳統建材、建材組件性能缺陷，以提升品質效能。生活中常見如噪音防制、基地保水能力不佳、玻璃帷幕外殼耗能、炫光害等問題，可藉由採用性能較佳建材產品，獲得相當程度的改善。目前綠建材標章評定的性能包含防音、透水及高性能節能玻璃進行規範。對高性能綠建材的評定首重為該建材性能及建材使用階段的價值，但建議施工階段與日後維護等表現也應該考量，亦即施工性必須良好、使用性達日常要求的高標準，並且易於維護及更新，才能更增添使用效率。高性能綠建材目前供受理三類，分別是「高性能防音綠建材」、「高性能透水綠建材」及「高性能節能玻璃」(TABC 台灣建築中心，2013)。

表 2-17
高性能綠建材評定要項

分類		評定項目	性能指標
高性能防音綠建材	隔音性能建材	1. 牆壁及屋頂構件：外牆、分戶牆、分間牆。	空氣音隔音性能 R_w 值 值越高隔音性能越佳
		2. 窗戶、門扇等建築開口部元件。 3. 樓板緩衝材。	ΔL_w 值愈高表示該材料對樓板之隔音性能愈有幫助。
	吸音性能建材	天花板材料或構造組件的吸音材	吸音性能以加權吸音係數 α_w 表示， α_w 值愈高吸音性能愈佳。
地板面材料或構造組件的吸音材			
牆面材料或構造組件的吸音材			
高性能透水綠建材	鋪面透水性與保水性	透水性-滲透係數(k)	透水鋪面之滲透係數 k 值應大於 10-2 cm /s
		鋪面本身之保水性-孔隙率(n)	鋪面之孔隙率 $\geq 15\%$
		鋪面系統之保水性-鋪面積水性	採 5 年重現期距延時為 60 分鐘的降雨強度下不產生積水之鋪面系統（暫不施作）
	鋪面材料耐久性	吸水率	吸水率 $\leq 10\%$
		耐磨性能-洛杉磯磨耗率	洛杉磯磨耗率 $\leq 50\%$
		率離子含量	氬離子含量需 $\leq 0.4\%$

(續下頁)

分類		評定項目	性能指標
高性能透水綠建材	鋪面安全性	抗壓強度	A 級為 280 kg f/cm ² 以上(適用於重型車道用) B 級為 245 kg f/cm ² 以上(適用於中小型車道用) C 級為 175 kg f/cm ² 以上(適用於自行車及人行道)
		抗彎強度	A 級為 70 kg f/cm ² 以上(適用於重型車道用) B 級為 60 kg f/cm ² 以上(適用於中小型車道用) C 級為 45 kg f/cm ² 以上(適用於自行車及人行道)
高性能節能玻璃綠建材	單層玻璃	遮蔽係數 Sc 值	≤0.35
	LOW-E 玻璃		
	膠合玻璃	可見光反射率	≤0.25
	複層玻璃	可見光穿透率	≥0.5

資料來源:TABC 台灣建築中心-綠建材標章-標章說明

<http://www.tabc.org.tw/GBM/target.html>

2.1.4 環保標章

一、環保標章的內涵

為了配合綠色消費導向，讓消費者能清楚地選擇有利環境的產品，同時也促使販賣及製造之產商，能因市場之供需，自動地發展有利於環境的產品，環保署特別設計了環保標章的制度，並在 1992 年 3 月 19 日評選出我國的「環保標章」，它是一種商標，頒發給經過嚴格審查，在各類產品項目中，環保表現最優良的前 20~30% 的產品。全世界目前共有 50 餘國推動『環保標章』，環保標章的環境效益以再生紙製造辦公室自動化(OA)用紙為例，已經頒發接近 800 萬枚標章，產品重量接近 20 萬公噸。亦即是因為使用這些再生紙，可減少使用 20 萬公噸之原生紙漿，並減少製造這些原生紙漿時使用的能源與相關的污染排放。省水效益方面，目前國內約有 9 萬餘枚環保標章二段式省水馬桶，每年可節約超過 460 萬噸之用水量。省電效益方面，國內目前約有 50 萬台環保標章電冰箱，若與使用傳統電冰箱情況比較，每年共計約可節省 1 億度電之使用量，折合每年減少支出約 3 億元電費，減少因為發電所排放之二氧化碳 7 萬公噸。

在冷氣機項目方面，國內現有 30 餘萬台環保標章冷氣機，若與傳統冷氣機之平均用電量比較，每年約可節省用電量 3,500 萬度，約相當於每年減少支出約 1 億元電費，減少排放二氧化碳 2 萬公噸。透過環保標章的頒發追蹤及評估，可確定其推動在節能減碳的成效卓著(行政院環境保護署，2013)。

表 2-18
環保標章

標章形式	內涵解說
	「一片綠色樹葉包裹著純淨、不受污染的地球」象徵「可回收、低污染、省資源」的環保理念。

資料來源:環境保護署-環保標章制度-保標章觀念
<http://greenliving.epa.gov.tw/GreenLife/info/mark/mark-1.aspx#L2>

二、環保標章產品分類

環保標章規格標準共有 118 項，相關產品目前有 4273 筆有效產品，經研究整理其中和室內省能設計相關之項目如下表：

表 2-19
環保標章產品規格

規格編號	環保標章規格標準	產品相關標示
1	塑橡膠再生品	100%塑橡膠再生
6	卜特蘭高爐水泥	「△△%重之高爐爐石熟料粉資源再生
7	建築用隔熱材料	節省能源
9	使用太陽能電池之產品	利用太陽能
11	水性塗料	低污染塗料
12	回收木材再生品	△△% 回收木材及節省森林資源
13	使用氟氯碳化合物替代品CFCs之產品(停用)	保護臭氧層
22	省能源精緻型螢光燈(CFL)	節省能源

(續下頁)

規格編號	環保標章規格標準	產品相關標示
27	二段式省水馬桶	節省水資源
28	電冰箱	省能源及減少臭氧層破壞
29	冷氣機	省能源、低噪音、低污染
32	使用可分解塑膠之衛生器材(已停用，變更於「生物可分解塑膠」之規格標準中)	使用可分解之塑膠
36	資源化磚類建材	資源再利用
38	螢光燈啟動器	延長燈管壽命,減少廢棄物
40	省水龍頭及其器材配件	節省水資源
41	馬桶水箱用二段式省水器	節省水資源
42	螢光燈管	節省能源及減少汞污染
43	回收玻璃容器再生品	△△%玻璃再生品
44	回收再生紡織品及其製品	△△%再生紡織品
48	除濕機	省能源
51	屋外即熱式燃氣熱水器	節省能源
52	家用微波爐	省能源
54	自然循環式太陽能熱水器	節省能源
55	木製傢俱	省資源、低污染
60	電視機	低污染及省能源
61	使用農業資源之產品	資源再利用
64	充電電池	低污染及減少廢棄物
70	電熱式衣物烘乾機	低污染及省能源

(續下頁)

規格編號	環保標章規格標準	產品相關標示
72	電磁爐	低污染及省能源
77	資源回收再利用建材	資源再利用
80	油性塗料	低污染塗料
81	電風扇	節省能源
83	空調系統冰水主機	省能源及低污染
84	生物可分解塑膠	生物可分解塑膠
87	開飲機	節省能源
91	飲水供應機	節省能源
97	床墊	低污染
101	貯備型電熱水器	省能源、低污染
102	電鍋	省能源、低污染
103	用戶電話機	低污染、省能源
104	數位攝影機	低污染、省能源
107	出口標示燈及避難方向指示燈	節省能源
108	瓦斯台爐	省能源、低污染
111	貯備型電開水器	省能源、低污染
116	活動隔牆	低污染
117	電熱水瓶	省能源、低污染

資料來源：行政院環境保護署-綠色生活資訊網-環境保護產品分類
<http://greenliving.epa.gov.tw/GreenLife/info/mark/mark-4.aspx>

2.2 蒐集國內外相關節能減碳研究報告文獻

住宅省能設計評估考量的層面問題深廣，如整體經濟環境、產業結構、個人節能認知、節能教育、生產製造技術等各層面，本研究僅針對室內設計業於設計規劃階段所需考量之層面做研究探討。

表 2-20

國內外相關室內省能設計研究文獻彙整

作者 (年代)	文獻	內涵
宋文發 (1996)	開孔型硬質 PU 發泡隔熱材料之隔熱性能分析	1. 真空絕熱板材
楊振華 (1996)	抽真空超微顆粒隔熱材料之隔熱性能研究	1. 真空絕熱板材
吳志文 (1999)	高性能隔熱材料之熱傳特性研究	1. 真空絕熱板材
歐文生 (2000)	建築物室內裝修環境負荷評估之研究—以耗能量與二氧化碳排放量解析	1. 綠建材 2. 彈性隔間 3. 減少裝修材
陳曉芬 (2000)	南部地區節約用水之經濟效益模擬分析	1. 省水器材
李俊宏 (2001)	台北市垃圾費隨袋徵收政策評估	1. 資源回收 2. 廢棄物管理與回收
崔正鋼 (2001)	從都會區生活型態探討家庭資源回收設備設計之研究	1. 資源回收設備
林達志 (2002)	國民中小學生態環境基礎研究—綠化、基地保水、用水、用電之解析	1. 照明設備 2. 省水器材
周釗淞 (2002)	建築與室內裝修階段照明系統節能方式之差異性研究-以台北市辦公空間為例	1. 照明系統 2. 照明設備
辜建彰 (2003)	住宿類建築節能設計多目標規劃模式之研究	1. 建築物氣候條件 2. 建築物外殼玻璃、採光 3. 建築物方位、日照射量 4. 建築物外殼開口率、通風 5. 建築物外殼材質、隔音
莊育德 (2003)	建築物能源管理實務分析	1. 建築物座向方位、外形 2. 資源回收 3. 建築物通風、遮陽 4. 窗戶氣密度、採光 5. 屋頂隔熱材 6. 空調設備、省水器材

(續下頁)

作者 (年代)	文獻	內涵
顧孝偉 (2003)	住宅用電量監測與解析之研究	1. 照明設備 2. 空調設備 3. 家電器具
陳炳宏 (2003)	從綠建築之綠化量指標改善溫室效應之分析-以國立交通大學新行政大樓為例	1. 植栽 2. 綠化量
王健毓 (2004)	綠建築規範用於老舊建築之探討—以逢甲大學校史館及立德教堂為例	1. 植栽遮陰效果 2. 開窗室內通風 3. 室內採光良 4. 建築物外牆厚度
趙又嬋 (2004)	百貨公司室內裝修生命週期二氧化碳排放量評估	1. 採用綠建材 2. 採用環保產品 3. 降低建材覆蓋率 4. 明管設計
林政賢 (2004)	綠建築評估指標適用性之研究	1. 通風換氣環境 2. 綠建材使用比例 3. 空調設計、照明採光 4. 省水措施 5. 垃圾分類、資源回收 6. 植栽比例與密度
張聖懿 (2004)	太陽能光電系統結合發光二極體之規劃設置研究—以立德管理學院景觀照明設施為例	1. 太陽能設備 2. 照明設備
楊謙柔 (2004)	辦公建築耗能診斷與節能改善作業之研究	1. 建築外殼性能 2. 建築地點、方位 3. 空調系統 4. 室內溫度、外氣量 5. 室內人員密度 6. 照明密度 7. 設備密度 8. 運轉時間
陳振誠 (2004)	台灣本土氣候下換氣率影響建材有機物質逸散特性之研究—以合板及清漆為例	1. 通風換氣

(續下頁)

作者 (年代)	文獻	內涵
唐晨欣 (2004)	地區差異對垃圾量與垃圾政策之影響探討	1. 資源回收 2. 廢棄物管理與回收
高揚清 (2004)	運用品質設計方法於新型省水龍頭之研究	1. 省水器材
李霖文 2004	以綠建築評估指標探討農舍住宅建築技術及設備應用個案研究	1. 照明設備 2. 空調設備 3. 省水器材 4. 通風 5. 廢棄物減量
陳駿祥 (2005)	一般家庭廢棄物政策成效之研究	1. 資源回收
陳惠玲 (2005)	住宅內部健康評估指標體系之研究	1. 植栽綠化設計 2. 照明 3. 自然採光 4. 溫度濕度通風 5. 綠建材
張巧鈴 (2005)	家庭用戶購買省電燈泡影響因素之研究	1. 照明設備 2. 採光
黃子健 (2005)	台灣地區垃圾清除處理費收費模式最適化評估	1. 廢棄物管理與回收

(續下頁)

作者 (年代)	文獻	內涵
蔡政男 (2006)	省水器材在空軍營舍應用之研究	1. 省水器材
葉武宗 (2006)	大專院校舊有建築物耗能之研究—以綠建築日常節能指標評估改善照明系統節能效率	1. 空調設備 2. 照明設備 3. 動力設備
黃國倉 (2006)	辦公建築生命週期節能與二氧化碳減量評估之研究	1. 空調設備 2. 照明設備 3. 給水系統 4. 電梯 5. 通風換氣系統 6. 設備用電 7. 建築外殼因子
邵文政 (2006)	建材揮發性有機化合物管制策略之研究	1. 溫度 2. 濕度 3. 換氣率
莊璨年 (2006)	從室內裝修設計觀點探討健康綠建材使用率適宜性之研究	1. 綠建材
陳立武 (2006)	建築物增設屋頂隔熱設施改善空調用電之研究	1. 空調設備 2. 隔熱設施
張智鴻 (2006)	人工智慧應用於室內照明最佳化設計之研究	1. 照明設計

(續下頁)

作者 (年代)	文獻	內涵
陳太欣 (2007)	從健康效益觀點探討既存建築室內環境品質診斷與改善成效之研究-以室內靶場建築為例	<ol style="list-style-type: none"> 1. 平均溫度 2. 相對溼度 3. 平均照度 4. 通風
王育忠 (2007)	建築空調設備生命週期二氧化碳排放量評估	<ol style="list-style-type: none"> 1. 空調設備
陳漢庸 (2007)	環保設計與消費者環保認知研究—以陶瓷坐式馬桶為例	<ol style="list-style-type: none"> 1. 省水器材
蘇敬琇 (2008)	建築物附加物對室內溫熱環境之影響評估—以高雄市商業建築物為例	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建築物氣候、溫度、濕度、風速 2. 充分光線 3. 足夠通風 4. 開口適當遮陽
黃政達 (2008)	建築物單面通風之換氣效能研究	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通風
謝志昌 (2008)	混合通風系統對辦公空間通風效益影響之研究-以水平導風板搭配排風扇為例	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通風效益 2. 室內溫度 3. 窗戶形式
林學淵 (2008)	住屋節能改善實作之歷程研究	<ol style="list-style-type: none"> 1. 空調設備、省水設備 2. 照明設備 3. 外牆遮陽、採光 4. 屋頂隔熱

(續下頁)

作者 (年代)	文獻	內涵
林岳頡 (2008)	高科技廠房綠建築節能關鍵成功因素之研究	1. 密林綠化量 2. 外殼節能 3. 節水設計 4. 廢棄物減量
姚志廷 蕭良豪 (2008)	綠建材產業分析及管理機制之研究	1. 綠建材
賴靈焜 (2008)	氣候異變下控制室內環境中臭氧與建材二次污染物關鍵因子之研究	1. 通風換氣
杜瑞澤 林耕宇 徐傳瑛 (2008)	智慧型住宅之綠色節能照明設備分析研究	1. 照明設備
林嘉駿 (2008)	綠色科技廠房節能省水議題對策與評估模式之研究	1. 照明採光 2. 空調節能 3. 省水設備
王信福 (2009)	建築用太陽能光電板饋電價格策略之研究	1. 太陽能設備
張世杰 (2009)	太陽能技術在建築物應用之研究	1. 太陽能設備

(續下頁)

作者 (年代)	文獻	內涵
鐘欽廊 (2009)	T5 照明系統應用於辦公室之照明品質與節能效益之評估-以某企業為例	1. 照明系統 2. 照明品質
王宇文 (2009)	室內隔間對建築物貫流通風影響之實驗研究	1. 室內開口的大小 2. 內外牆厚度 3. 通風量
許台佑 (2009)	建築物雙重窗採光與隔熱綜合效能之研究	1. 玻璃
廖怡雅 (2009)	台灣地區應用 SBTOOL 評估之適用性 -以 EEWB 合格級以上住宅為例	1. 室內恆常氣候穩定 2. 空調設備 3. 自然通風 4. 室內溫溼度變動幅度
施建成 (2009)	裝潢修繕廢棄物總量概估與管理機制之研究	1. 裝修規模 2. 建材使用 3. 建物形式
鍾永盛 (2009)	節能與健康好宅的當代室內設計策略	1. 植栽設計 2. 太陽能設備 3. 綠建材 4. 空調設備 5. 熱回收設備 6. 隔熱材料 7. 通風開口材料形式 8. 建築環境 9. 環保標章 10. 省水省電設備 11. 照明設備
蘇梓靖 (2009)	住宅耗能標示制度之研究	1. 家電 2. 照明 3. 空調 4. 瓦斯熱水器

(續下頁)

作者 (年代)	文獻	內涵
余俞儀 (2010)	台灣輕型鋼構建築隔熱性能與能源消費效率之探討	1. 室內外溫度 2. 室內外濕度 3. 牆體隔熱性能
張昇 吳翌禎 許家瑛 潘煌鐸 (2010)	建築節能分析與視覺化模擬之研究	1. 建築環境：溫度、濕度、日照、方位 2. 建築外殼：構造材質選用、遮陽結構與材質、開口率、屋頂形式與材質 3. 空調設備 4. 照明設備：日照、照明
劉光盛 江哲銘 陳念祖 林紋君 (2010)	以生命週期成本探討台灣既有建築物環境效率模型—室內健康因子為例	1. 採光 2. 通風 3. 噪音
劉曜 (2011)	台灣建築減廢設計原則與手法之初探	1. 室內裝修減量 2. 使用綠建材 3. 減少施工耗材 4. 採用預製元件 5. 明管設計 6. 易拆解設計
林清裕 (2011)	以電腦模擬公寓住宅空調負荷與外牆隔熱效益研究	1. 建築物地理位置 2. 建築物方位 3. 建築物外牆隔熱值 4. 樓層 5. 外牆開口
吳芝淳 (2011)	「環境永續概念」融入室內設計之研究	1. 業者對室內設計的要求 2. 施工時使用的材料 3. 環境與材料關係的了解 4. 環境永續與室內設計關係
何建明 (2011)	綠建築節能牆體複合保溫組成設計及其熱損失評估	1. 真空隔熱板材

(續下頁)

作者 (年代)	文獻	內涵
鄭柔佑 林立昌 趙嘉雍 陳世偉 (2011)	桃園縣住商節能減碳輔導成效分析	1. 照明系統 2. 空調系統
呂佳蓓 (2011)	運用 E-QUEST 進行日常節能減碳改善模擬-以雲林縣勞工育樂中心為例	1. 屋頂材質 2. 外牆材質 3. 遮陽板 4. 窗戶玻璃
林玉貴 (2011)	智慧化室內綠牆感知系統設計之探討	1. 室內綠牆
陳憲夫 (2011)	雙層玻璃窗是已建建築的一種節能改造方法	1. 節能玻璃
陳余隆 (2012)	DFUZZY 之綠住宅建築設計成效評估模式	1. 綠建材 2. 省水、省電設備 3. 綠屋頂、陽台植栽 4. 建築物通風、日照 5. 太陽能設備 6. 裝修減量 7. 裝修廢棄物
戴偉傑 (2012)	國軍營舍綠建築設計氣象資料之研究	1. 地區氣候 2. 氣溫、濕度 3. 日照、風速
徐淨慧 (2012)	便利商店節能評估調查研究-彰化、南投、雲林地區為例	1. 照明設備 2. 空調設備
白凱倫 (2012)	既存建築物節約能源之研究-以美國加州比佛利山莊之商業住宅為個案	1. 外氣滲透率 2. 窗戶玻璃 3. 牆壁材質 4. 屋頂材質 5. 遮陽設備 6. 室內空調溫度設定

(續下頁)

作者 (年代)	文獻	內涵
徐憶如 (2012)	綠色裝修評估指標之建構	1. 設計規劃 2. 使用綠建材 3. 裝設節能照明 4. 提高傢俱及設備耐用度 5. 選用可分解材料 6. 應用舊材料、舊家具、舊設備
黃雅閔 (2012)	以多評準決策法探討建設公司採用再生綠建材之評估指標	1. 綠建材
Deru Michael Pless Shanti D. Torcellini Paul A. (2006)	大喇叭家居裝修中心能耗性能	1. 通風設計
Jalalzadeh-Azar Ali A. (2007)	一個小型化的住宅式空調系統舒適度和通風效率的實驗評價	1. 通風設計 2. 空調系統
Akbari Hashem (2008)	節約能源，改善空氣質量，城市熱島	1. 太陽能
Jacob, B. (2009)	提高能源效率的國內照明燈具	1. LED 燈飾
Villar, José R. De la Cal Enrique Sedano Javier (2009)	集成計算機輔助工程	1. 熱水器

(資料來源：本研究整理)

由上述之研究可知省能設計之研究受到非常廣泛的重視與探討，亦是日後不容忽視之重要問題，同時由各不同之研究中瞭解綠材料之實務應用亦被政府相關管理單位的積極推廣、推動與執行，且奠定營建產業綠轉型的未來趨勢與產業永續經營之競爭力。

第三章研究方法

德菲法(Delphi method)是一種具有客觀及隱性專家協同研究的實用性方法論(Hsueh, 2012)，層級分析法(Analytic Hierarchy Process)具有多屬性的決策功能，另外模糊邏輯理論(Fuzzy logic theory)具有計算人類語意的功能，屬於人工智慧的範疇，且被廣泛的應用於各領域，結合德菲法與模糊邏輯理論的研究，如維修策略選擇(A. Jafari, 2008)及大型規劃專案的有效做法(Seong Chang, 1995)；另外結合德菲法、層級分析法及模糊邏輯理論的研究，如永續社區節能發展(Hsueh, 2011)。

為建構住宅室內省能設計評估模型，本研究透過文獻探討建立第一階段的初步參考評估因子，第二階段利用德菲法(Delphi)專家問卷以取得住宅省能設計的一致性因子，第三階段則採用層級分析法取得各評審因子的相對權重計算，最後以模糊邏輯的推論方式建立多屬性住宅省能設計評估模型。

有關研究方法概要分述如下：

- 一、文獻探討與回顧
 - (一) 探討國內施行節能減碳政策所施行的綠建築、智慧建築、綠建材及環保標章等政策內容。
 - (二) 蒐集國內外相關節能減碳研究報告文獻，萃取室內省能評估內涵資料。
 - (三) 建立初次參考評估因子。
- 二、採用德菲法之群體決策選出適合之評審因子。
- 三、應用層級分析法建立各評審因子間之因果關係及層級架構，並完成各評審因子的層級分析問卷調查後計算各評審因子的相對權重值(以 w_i 表示)，作為發展決策模式的重要計算參數。
- 四、經德菲法專家協助決定模糊邏輯推論系統之模糊集合、模糊量化區間值以及選擇適當之隸屬函數來描述推論人類語意的量化值。
- 五、建立模糊邏輯的推論法則庫。

國內使用德菲法、層級分析法、模糊邏輯理論等研究方法的相關文獻整理如下表：

表 3-1
使用德菲法、層級分析法、模糊邏輯理論的相關文獻

作者 (年代)	題目	採用方法
薛淞林 (2003)	住宅專案選址評估模型	AHP 層級分析法 德菲法
張桂鳳 (2005)	永續環境評估系統運用於台灣地區建築物性能評價之研究	層級程序分析法
陳惠玲 (2005)	住宅內部健康評估指標體系之研究	模糊層級分析法 模糊德菲法

(續下頁)

作者 (年代)	題目	採用方法
潘智謙 (2006)	國民小學校園實質環境永續性評估之研究	層級分析法 德爾菲法
吳啓忻 (2006)	綠建築物廢棄物減量研究	德菲法
周貞貝 (2006)	永續社區環境績效評估指標建立之研究	層級分析程序法
黃子健 (2006)	台灣地區垃圾清除處理費收費模式最適化評估	分析層級程序法 (AHP)
薛淞林 (2006)	以模糊邏輯建構住宅建設投資決策模型—以中國沿海城市住宅建設為例	模糊邏輯理論 德菲法
林志憲 陳偉全 林勝傑 (2006)	模糊德菲理論應用於鋪面評估層級分析法	模糊德菲理論 層級分析法
林佩瑩 廖學誠 (2008)	應用模糊德爾菲法分析高雄愛河綠廊功能之研究	模糊德爾菲法
施建成 (2009)	裝潢修繕廢棄物總量概估與管理機制之研究	模糊德菲法
李有信 (2009)	結合層級分析程序法與模糊邏輯探討學生偏好認知及其學業表現之相關性	模糊邏輯 層級分析程序法
陳文亮 謝劭威 (2009)	運用地方文化特色於農特產品包裝設計	分析層級程序法
黃家宏 (2012)	多屬性廟宇石雕工程專案選商評估模型	德菲法 模糊邏輯理論
蘇福龍 (2012)	應用 DFAZZY 建構社區總體營造永續發展之評估模型—以大湖社區為例	德菲法 模糊邏輯理論
陳余隆 (2012)	DFUZZY 之綠住宅建築設計成效評估模式	德菲法 模糊邏輯理論
李朝誠 (2012)	以模糊邏輯理論建構社區大學發展成效評估模型	模糊邏輯理論 德菲法
徐憶如 (2012)	綠色裝修評估指導之建構	模糊德爾菲法
薛淞林 (2013)	結合環保訴求之多屬性文化商品設計成效評估模型—以美濃客家為例	德菲爾法 層級分析法 模糊邏輯理論

資料來源：本研究整理

3.1 德菲法

德菲法是由美國蘭德公司於1950年代所發展出，是一種協助管理的方法，也是一種預測未來的工具，尤其在收集個別成員的意見和判斷，以形成高品質的決策上，已廣泛的被使用在現今複雜的社會。德菲法是一種專家間溫和的意見互動方式，用來求得當下最新最專業的知識，且其應用範疇並不只侷限於對未來事件的預測 (Ziglio, 1996)，其中所謂專家，根據Ziglio(1996)的定義，必須具備理論與實務、能反應不同觀點、具備溝通與研究之能力、具有持續參與的熱忱等四個條件。德菲法理論的運作過程中，全部的參與者都必需匿名，其目的除了確保參與者不受成員間的影響外，同時確保參與者在提議解決方案的過程中亦不會受到外界各種不同壓力的影響。德菲法是在匿名且在不外界干擾的情境下，經由多次產官學專家的充分問卷調查討論後，所取得的一致性認同知識。德菲法兼具客觀性與專業性，有助提高研究可靠性之最佳基礎方法論之一。用此方法時需注意下列幾點特色與原則(唐研理，1999)：

- 一、多元化之遴選參與者，以包容不同專業、觀點或利益分歧之代表人士，以達到群體決策之整體性與客觀性。
- 二、參與者之匿名性。在使用問卷或其他溝通管道時，可以避免少數人具有支配權力的參與而影響到他人的決定。
- 三、有系統之統計分析，可以減少參與者爲了達到一致性所形成的群體壓力。
- 四、分析結果爲一種保證在最後回答中，群內成員的意見皆能被表達出來的方法。
- 五、德菲法技巧可應用於決策過程中之預測、分析、評估與高階層決策之目標建立，尤可適用於下列諸情況：
 - (一) 缺乏足夠之資料與數據等。
 - (二) 當理論或模式定量方法有所欠缺，難以分析或解釋現象等。
 - (三) 疑難之問題，訴諸專家群之腦力激盪以求解決之道。
 - (四) 當意見分歧，爲避免權威人士影響其他參與者心理或論點爭論不休等，可藉此法以匿名方式舉行，反應不同觀點，以達多元化整合思考結果。
 - (五) 非計量之效益分析，以評估或選擇不同方案。

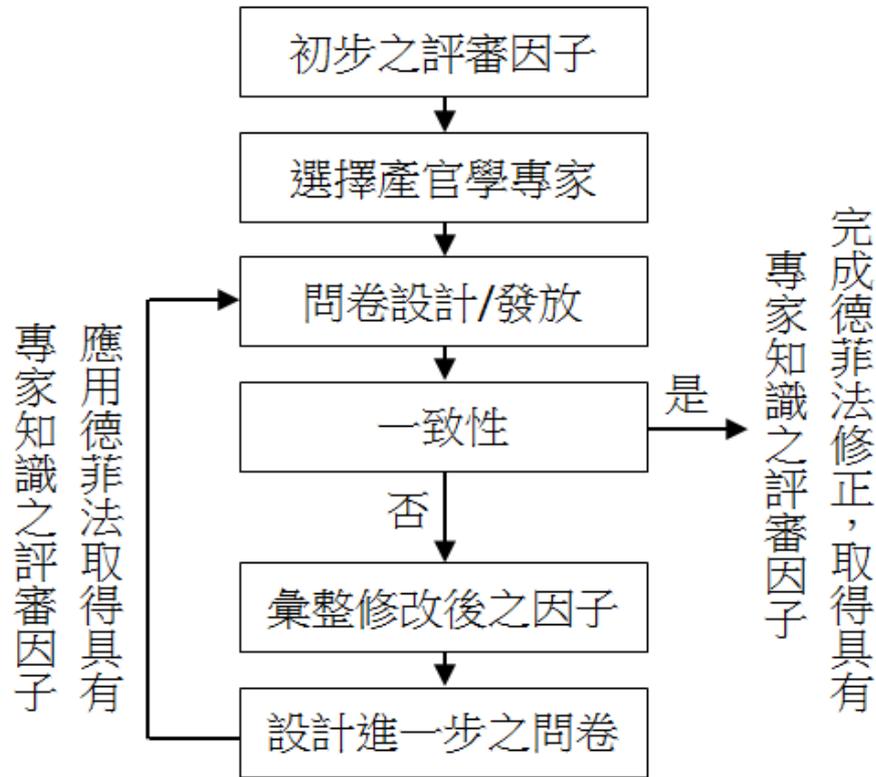
3.1.1 德菲法執行步驟

德菲法通常有如下六個實施步驟(林俊光，1998)：

- 一、就相關文獻探討出問題。
- 二、針對所定義的問題，決定參與成員。
- 三、針對問題設計問卷並將問卷送至參與人員，以不具名方式獨自成第一次的問卷調查。
- 四、將第一次問卷調查的結果加以分析。
- 五、判斷群體作答的結果是否一致。若不一致，重覆步驟三，直到一致爲止。
- 六、將結果呈現給適當的決策者。

3.1.2 德菲法操作流程

圖 3-1
德菲法操作流程圖



資料來源：李朝誠(2012)。

3.2 層級分析法

層級分析法(Alytic Hierarchy Process, AHP) 為 1971 年的匹茲堡大學教授 Thomas L. Saaty 所發展出來，主要應用在不確定情況下及具有多數個評估準則之決策問題上，接著在 1972 年為美國國家科學基金會(NSF)進行規劃按各產業對國家福利的貢獻程度以決定應得電力配額之研究中，使 AHP 之理論獲得更進一步之發展；1973 年為蘇丹主持運輸系統之專案研究中，使此一方法更臻於成熟。從 1974 年至 1978 年間陸續為美國各大公、私、國際機構從事有關依優先順序分配資源時所產生衝突之研究，使此法廣為流行。Satty(1980)將此理論整理成專書問世，AHP 的理論解決了非結構化的經濟、社會及管理科學問題，相關研究如：建築投資的估計和選擇(Dziados, 2008)，維護方案的選擇(Bertolini, 2006)，專案管理(A1-Subhi, 2001)，評估進階營造工程(Skibniewski, 1992)，層級分析法提供多準則的決策分析技巧，且很多的研究應用層級分析法與其他方法論結合建立決策分析，如層級分析法與效用理論結合(Hsueh, 2007)，層級分析法和模糊邏輯理論結合(Wang, 2007；Fatemeh, 2010)。

在方法上，利用 AHP 法將複雜的系統簡化為簡明的因素層級系統，彙集學者專家的意見，以名目尺度(Nominal Scale)建立成對比較矩陣(pairwise comparison

matrix)並求出層級系統中個準則間的相對權重。此外，AHP 法可求算各個層級之一致性指標(Consistency Index)與一致性比率(Consistency Ratio)，來評估整個層級之一致性高低程度。其作法在建立方案與屬性的層級關係，利用此層級結構了解一個複雜問題的過程，使得決策者處理多屬性決策問題時，在層次架構中釐清問題，從而解決多方案不易評比的問題。其主要步驟可為六部分(鄧振源，曾國雄，1989)，分別為：

- (1)問題分析與羅列評估因素
- (2)構建層級架構
- (3)建立對偶矩陣
- (4)求解特徵值與特徵向量
- (5)檢定對偶矩陣的一致性
- (6)求解各因素之優勢比重值

其中在建立對偶比較矩陣、特徵值計算及一致性檢定方面，說明如下。

某一層級的要素，應以上層級某一要素為評估基準下，進行要素間重要性的成對比較(Pairwise Comparison)，比較每兩個要素間相對重要程度。若某一層級中有 n 個要素時，則決策者必須進行 $n(n-1) / 2$ 次的成對比較，其採用名目尺度，設定其相對重要性的比值(Ratio)，所使用之數值分別是 $1/9, 1/8, \dots, 1/2, 1, 2, 3, \dots, 8, 9$ 。而比較的結果，即成對比較矩陣 A ，如下圖所示。

$$A = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1m} \\ a_{21} & 1 & \cdots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

其中 a_{ij} 表示決策者對於決策因素 i 與 j 兩兩相比後所得之交叉比較值，其表示決策者對決策因素 i 與 j 的重視程度。成對比較矩陣求得後，即可求取各層級要素的權重。使用數值分析中常用的特徵值解法，找出成對比較矩陣之特徵向量或稱優勢向量(Priority Vector)與最大特徵值。其中計算最大特徵值與特徵向量，其計算式如下式，就特徵向量 W_i 而言

$$W_i = \left(\prod_{j=1}^m a_{ij} \right)^{1/m} / \sum_{i=1}^m \left(\prod_{j=1}^m a_{ij} \right)^{1/m}$$

$i, j = 1, 2, 3, \dots, m$

其中 m 表示決策因素個數。而在最大特徵值 λ_{\max} 方面，首先將成對比較矩陣 A 乘以所求得特徵向量 W_i ，可得到一新向量 W'_i ，在求算兩者之間的平均倍數即為 λ_{\max} 。

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1m} \\ a_{21} & 1 & \cdots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W'_1 \\ W'_2 \\ \vdots \\ W'_m \end{bmatrix}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{m} \left(\frac{W'_1}{W_1} + \frac{W'_2}{W_2} + \cdots + \frac{W'_m}{W_m} \right)$$

至於一致性檢定，由於決策者在層級分析法中進行成對比較時，很難達到前後完全一致，故必須進行一致性檢定(Consistency test)，此即利用一致性指標(Consistency Index, C.I.)及一致性比率(Consistency ratio, C.R.)來瞭解決策過程中是否有不一致的現象發生，即應否進行修正；而檢定所採用的公式為：

A. 一致性指標(Consistency Index, C.I.)：

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

當 C.I.=0，表示前後判斷完全一致；若 C.I.=1，表示判斷不一致；而 C.I.≤1，則可容許偏誤。

B. 隨機指標(Random Index, R.I.)：此值可藉由查表獲得(Saaty,1980)。

一致性指標(C.I.)的大小又受矩陣 A 階數及評估尺度數的影響，矩陣 A 在階數及評估尺度數皆已知情況下，所產生的 C.I.值稱為隨機指標(Random Index,R.I.)。一致性指標值，不論在決策者判斷的評量或是整個層級結構的測試，Saaty(1980)建議宜在 0.1 左右，評估的結果要能通過一致性檢定，才可顯示填答問卷者的判斷前後一致，且具合理性。

C. 一致性比率(Consistency ratio, C.R.)：

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}$$

在相同階數的矩陣下，若 C.R.≤0.1 表示矩陣的一致性程度令人滿意。

3.2.1 層級分析法執行步驟

根據 Saaty 在 1980 年所提出 AHP 方法論，計算步驟如下：

- 一、 建立層級結構
- 二、 問卷設計
- 三、 各層級要素間權重的計算
- 四、 整體層級權重計算

表 3-2

AHP 評估尺度意義與說明

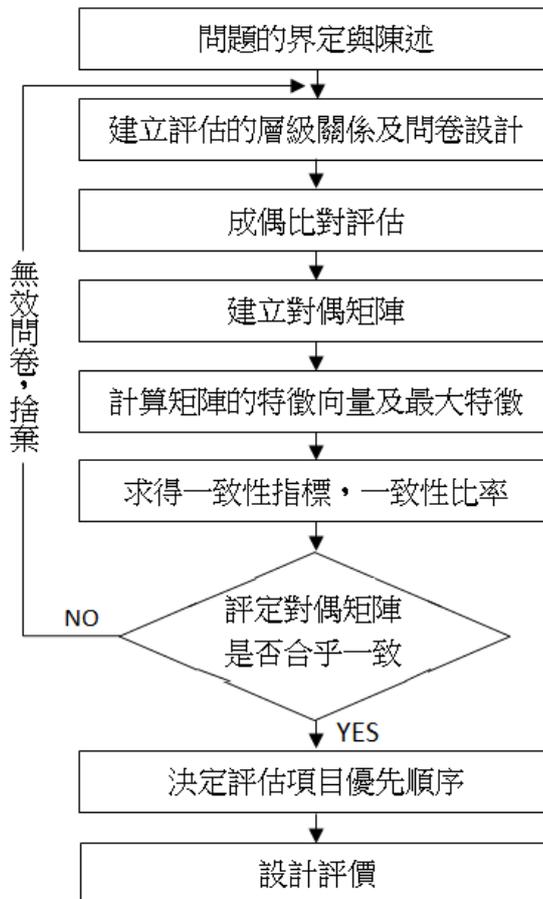
評估尺度	定義	說明
1	同等重要	兩比較方案之貢獻程度具同等重要性
3	稍重要	經驗與判斷稍微傾向喜好否一方案
5	頗重要	經驗與判斷強烈傾向喜好否一方案
7	極重要	實際顯示非常強烈傾向喜好某一方案
9	絕對重要	有足夠證據肯定絕對喜好某一方案
2、4、6、8	相鄰尺度之中間值	需要折衷值時

資料來源：Saaty(1980)。

3.2.2 層級分析法操作流程

圖 3-2

層級分析法操作流程



資料來源：陳文亮，謝劭威(2009)。

3.3 模糊邏輯理論

模糊數學最早是由美國加利佛尼亞大學柏克萊分校控制論學家扎德教授 (L.A.Zadeh) 於 1965 年提出的概念，用於研究模糊領域中事物數學化一門邊緣科學，此操作方法系透過嚴謹數學方法加以運算，常用於解決現實環境中不明確性 (ambiguity) 及模糊性 (vagueness) 資料，透過此理論解決模糊環境下之決策問題。而模糊理論是以人類解決問題思考模式為出發點，是處理人類模糊語意量化的最佳工具，亦是人工智慧(AI)技術領域開發重要工具之一，模糊邏輯已經成功的應用在許多不同的領域上如：自動控制、機器人、家電用品、無人駕駛飛機、指紋辨識系統、醫學、農業、工業、氣象等各領域。由於模糊邏輯能夠接受不確定性、不精確性及人類語意含糊的資訊，如：好/不好、喜歡/不喜歡(討厭)等非 0 與 1 的邏輯關係，所以模糊邏輯理論最適合用來處理不易被量化以及複雜性高之評估決策議題(薛淞林，2006)。本研究先經由文獻回顧彙整出相關之初級評審因子後，進一步的應用德菲法理論刪除或增修，求得具有專家知識內涵的評審因子做為評估依據，最後結合模糊邏輯理論完成量化評估模型。

模糊邏輯的推論方式可分為 mamdani 與 sugeno 兩種系統，通常而言 mamdani 之輸出值為連續性的，而 sugeno 則為離散性的，我們為了瞭解連續性的輸出變化，所以採用 mamdani 系統。FLIS 的建立過程我們區分為：輸入評估因子的模糊集合及隸屬函數的定義，IF-THEN 法則的建構、解模糊化及輸出評估因子的模糊集合及隸屬函數的定義等四部份，模型之應用區分為下列之三個計算步驟：

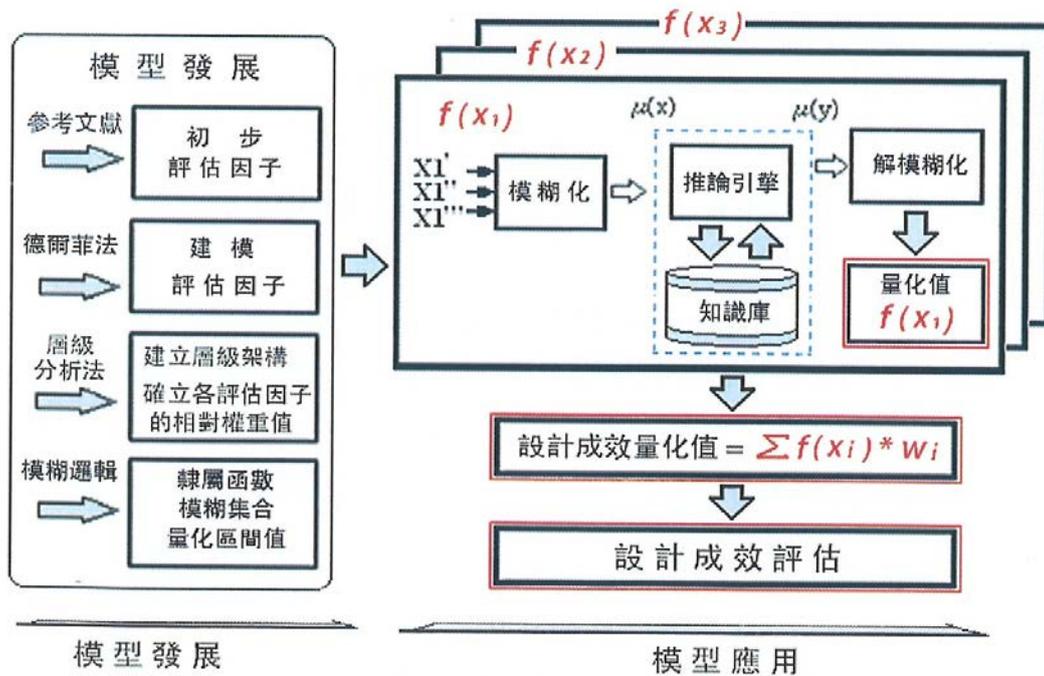
步驟 1：受評估的設計方案，可能是一個或多個方案。

步驟 2：各評估因子組合的任一評估狀態(以 y_i 表示)經模糊邏輯推論系統後，先將評估狀態模糊化後經推論法則庫轉換並對應出語意的推論值，最後經模糊邏輯推論系統解模糊化後，轉為量化的輸出值以 $f(y_i)$ 表示，模糊邏輯推論系統提供科學的計算方式，讓我們能夠容易求得設計決策的量化參考值。

步驟 3：計算(個模糊推論的輸出量化值)*(各評審因子的相對權重值)，由計算整體的量化總和 $\sum f(y_i)$ ，可求得設計方案的量化大小值，提供決策的判斷參考。 $\sum f(y_i)$ 的方程式如下列：

設計成效量化質 $f(y_i)$ =各評審因子的相對權重值(w_i)*輸出量化值 $[f(x_i)]$
模型示意圖如圖 2-3。

圖 3-3
模糊邏輯之模型示意圖



資料來源：薛淞林(2013)。

表 3-3
傳統集合與模糊集合差別比較

傳統集合 (Crisp set)	模糊集合 (Fuzzy set)
使用 0 或 1 的特徵函數	使用 0 到 1 的隸屬函數
強調非此即彼的關係	接受亦此亦彼的模糊關係
只接受精確的資訊	可接受模糊不精確的資訊
硬性的二分類法(非 0 即 1)	軟性的分類法(0~1 之間)

資料來源：鄭雅馨(2001)。

3.3.1 模糊理論的隸屬函數

隸屬函數(Membership function)是模糊理論的基礎，它是從特徵函數(Characteristic function)衍生而來，用以表達元素對集合的隸屬度(Membership grade)，其範圍介於 0 與 1 之間(陳弘庭，2002)。在模糊集合理論中，若一個元素屬於某一個集合的程度越大，則其隸屬度越接近 1，否則越接近 0。因此可以擴展一般集合中特徵函數的觀念，成為模糊理論集合的隸屬函數觀念。

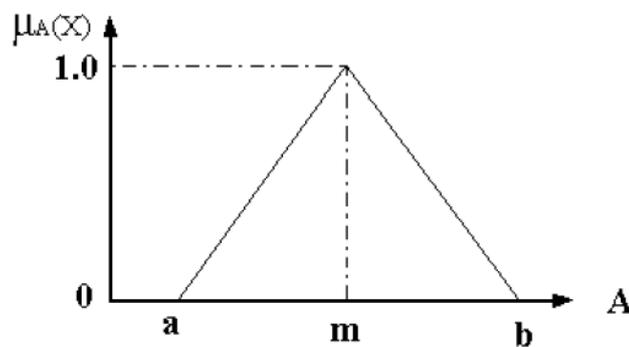
隸屬函數大致上分為兩類—離散型與連續型，如果所探討的模糊集合 A 為連

續，那麼集合 A 的隸屬函數便是連續型的，反之亦然。常用的連續型隸屬函數可分為以下三種：

一、三角形(triangular)隸屬函數：

$$\mu_A(X) = \begin{cases} \frac{x-a}{m-a}, & \text{if } a \leq x \leq m \\ \frac{b-x}{b-m}, & \text{if } m \leq x \leq b \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

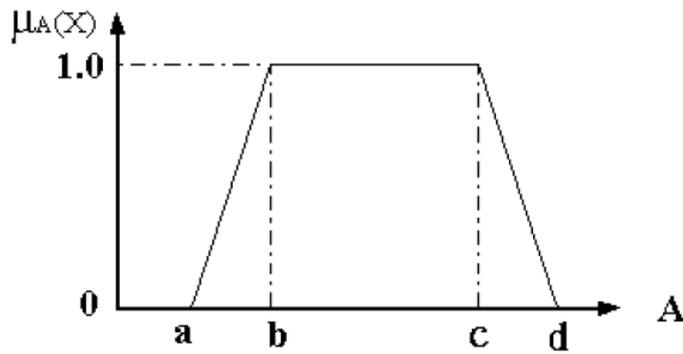
對於三角形隸屬函數而言，可發現當 x 值介於 a 到 b 之間時，x 屬於集合 A 的隸屬度均不為 0。當 x 越靠近 m 時，其隸屬度越大；當 x 值為 m 時，其隸屬度為 1，也是唯一隸屬度最大且值為 1 的地方，如下圖所示。



二、梯形(trapezoidal)隸屬函數：

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & \text{if } a \leq x \leq b \\ 1, & \text{if } b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & \text{if } c \leq x \leq d \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

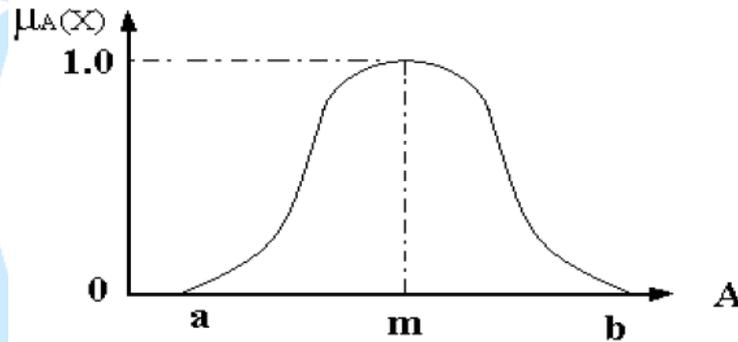
對於梯形隸屬函數而言，可發現當 x 值介於 a 到 b 之間時，x 屬於集合 A 的隸屬度均不為 0。當 x 越靠近 [b,c] 區間時，其隸屬度越大；當 x 值在 [b,c] 時，其隸屬度為 1，是隸屬度最大且值為 1 的地方，如下圖所示。



三、高斯型(Gaussian)或鐘型(bell-shape)隸屬函數：

$$\mu_A(X) = \exp \left[- \left(\frac{x - m}{\sigma} \right)^2 \right]$$

先前所介紹的兩種隸屬函數皆屬於線性隸屬函數，對於高斯型隸屬函數而言，因其為一非線性隸屬函數，x 隸屬度分佈形狀類似高斯分配，決定於平均值 m 與標準差 σ ，越靠近平均值 m 其隸屬度越大，如下圖所示。



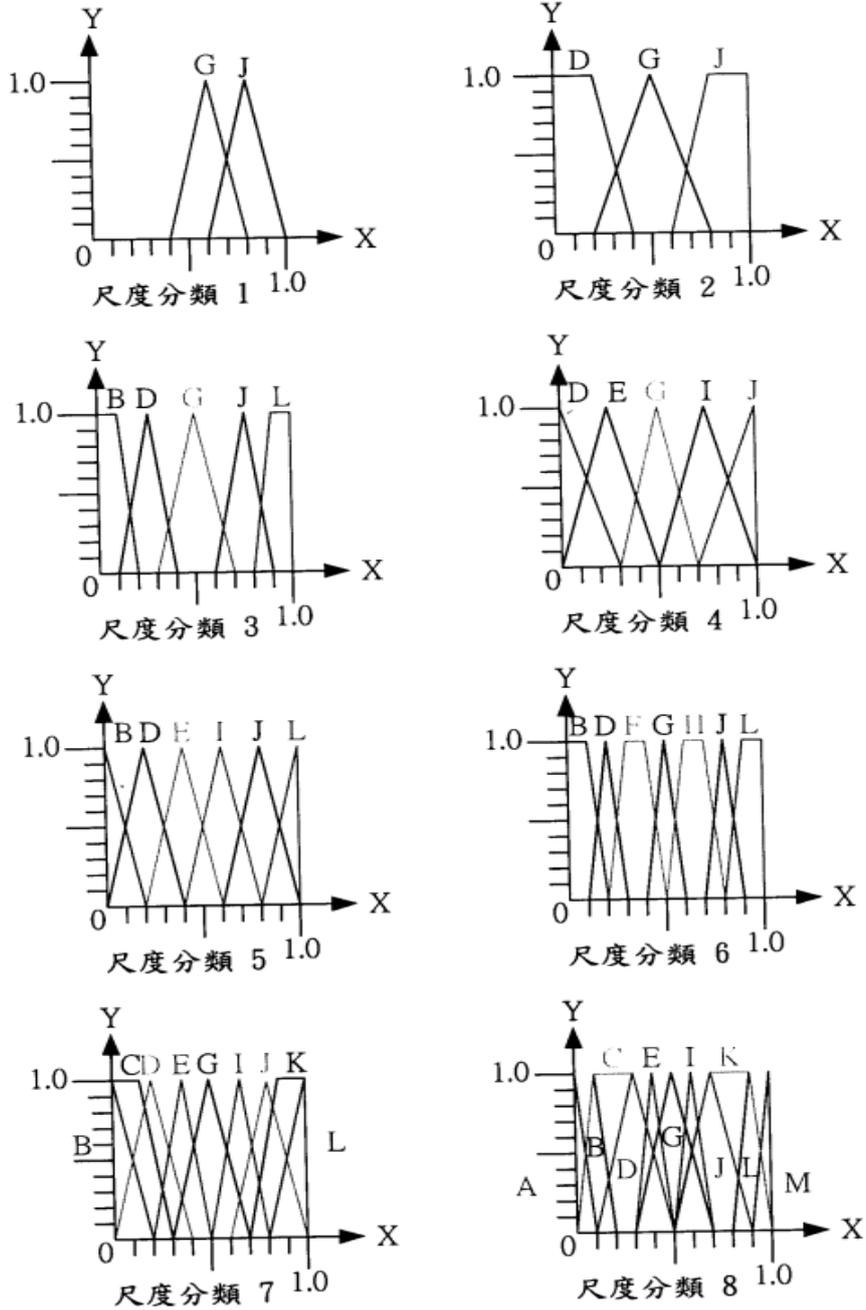
其中 m 為平均值，用來表示模糊函數的中心點； σ 為標準差，描述隸屬函數延展(spread)的程度(薛淞林，2006)。

3.3.2 語意變數

語意變數(Linguistic variable)是將人類自然語言中對某種程度描述的話句、片語或單字視為變數，並利用隸屬函數表示隸屬度，一般語意變數包括四項資料：名稱、種類、範圍、程度。如利用模糊理論衡量主觀判斷過程可概分兩個步驟：1.先將語意變數使用之語意項轉換成模糊數。2.再將模糊數透過運算轉換成明確值。鑒於以往使用之語意變數並無較方便可供參考的模式，Chen 及 Hwang(1992)發表了一個較簡單方法，將模糊資料以語意項或模糊數來表示，有系統地將評審所給予的語意變數值轉換成相關的模糊數，分別以三角形及梯形模糊樹表示語意項；提供模糊術與語意項目配對的圖形，如圖 2-10 所示八種語意尺度轉換圖。

圖 3-4

八種語意尺度轉換圖



資料來源：彭雲宏、薛淞林(2006)。

第四章 模型建構與應用

4.1 初步評估因子探討

協助本研究之德菲法專家具有相關領域工作 15 年以上的實務工作經驗，在公部門服務的有 3 人、學者有 3 人、建築師領域 3 人及室內設計師領域 3 人，共計 13 位之 Delphi 專家協助本研究探討符合建模需求的評估因子。協助本研究之 3 位學者都是相關領域之資深學者(副校長、研究所所長、主任)，其餘 9 位德菲法專家均具有碩士以上之學歷，同時每位德菲法專家都是關心溫室氣體排放的問題，協助本研究取得關鍵的研究資訊。研請協助研究之專家學者詳表 4-1。

表 4-1
德菲法問卷專家學者名單

區分	服務單位	職稱	備註
公部門及學者	高雄第一科大	教授	15 年以上相關領域實務工作經驗及具有碩士以上之學歷
	高雄大學土環系	教授 主任秘書	
	正修建築系	副教授	
	高苑科大建築系	副教授	
	高科大營建系	助理教授	
	軍備局工程營產處	上校副處長	
室內設計	榮彬家具裝潢有限公司	負責人	
	藝堂室內設計工程有限公司	設計總監	
	崇洲室內裝修工程有限公司	執行長	
建築師	承喬國際建築師事務所	建築師	
	黃英哲結構技師事務所	結構技師	
	謝其安建築師事務所	建築師	
	王福君建築師事務所	主持建築師	

資料來源：本研究整理

由文獻彙整適合本研究所需之相關評審因子如表 4-2，此表做為德菲法第一次問卷調查之初步參考的評審因子，德菲法第一次問卷調查表詳附錄一。歷經 1 年的德菲法專家協同研究取得專家一致性認同的評審因子如表 4-3。專家認為符合室內減碳節能設計必須具備良好的室內空氣品質、使用綠標章建材及節能裝置，才能長期有效的降低住宅的 CO₂ 排放。在室內空氣品質評估因子必須考量，通風、採光、隔熱與音；在低碳建材必須考量符合生態性、再生性、環保性、健康性之高性能建材，依據行政院公報(2009) 內政篇之綠建材設計技術規範修正規定詳細載明綠建材使用率 (R_g) 為評估指標及詳細之計算方式。協助

本研究之專家將室內空間之綠建材使用率區分為天花板、牆面及樓地板三大區塊作為評估的考量。另外在節能裝置則考量住宅日後經常性之耗水耗電為主，由於台灣整年陽光充足，所以評估因子除了考量省電裝置及省水裝置外，還增加太陽能裝置評估因子。表 4-3 中主評審因子共有三個「室內空氣品質」、「低碳建材」及「節能裝置」，且每一個主評審因子都有三個次評審因子。在「室內空氣品質」的三個次評審因子為「通風設計」、「採光設計」及「隔熱與隔音」，在「低碳建材」的三個次評審因子為「天花板綠建材使用率」、「牆面綠建材使用率」及「樓地板綠建材使用率」，在「節能裝置」的三個次評審因子為「省電裝置」、「省水裝置」及「太陽能裝置」，且經德菲法程序完成各評審因子的層級架構如圖 4-1。

表 4-2
文獻彙整之相關評審因子

評審因子	內涵
室內空氣品質設計	通風設計(19, 20, 25, 26, 31, 32, 34, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 44, 45, 46, 69, 70, 71) 採光 (1, 2, 3, 4, 9, 12, 14, 17, 25, 31, 36, 38, 39, 44, 45) 氣候、地理(31, 32, 36, 38, 39, 45) 音光熱氣(22, 34, 37) 溫度、濕度(26, 30, 34, 36, 46, 52, 56, 70, 71)
裝飾材料	低碳裝飾板材(綠標章)、回收建材、低逸散速率甲醛的建材(18, 27, 28, 29, 33, 34, 35, 37, 44, 60, 65, 66, 68) 節能玻璃(43, 56, 58, 67) 照明：LED 燈飾(21, 34, 36, 37, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 59, 60, 76) 植栽(25, 34, 37, 40, 44, 57, 61) 真空隔熱板、隔熱(30, 31, 39, 47, 58, 62, 63, 64, 73)
節能設備	太陽能、熱水器(23, 24, 37, 44, 49, 74, 75) 空調節能 (2, 3, 4, 12, 14, 17, 20, 26, 36, 37, 39, 44, 48, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 72, 73) 省水設計、省水器材 (2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 14, 17, 37, 39, 44, 55, 57) 家電器具(4, 37, 72) 資源回收 (3, 10, 11, 13, 15, 17, 39, 60) 廢棄物管理與回收 (10, 11, 16, 57, 60) 省電設備(44, 48, 50, 55, 72)
參考文獻	01. (張巧鈴, 2004)、02. (林學淵, 2007)、03. (莊育德, 2003)、04. (蘇梓靖, 2008)、05. (陳漢庸, 2007)、06. (蔡政男, 2006)、07. (陳曉芬, 2000)、08. (高揚清, 2004)、09. (林達志, 2001)、

(續下頁)

評審因子	內涵
參考文獻	10.(唐晨欣, 2004)、11.(李俊宏, 2001)、12.(李霖文, 2004)、 13.(陳駿祥, 2005)、14.(林嘉駿, 2009)、15.(崔正鋼, 2002)、 16.(黃子健, 2006)、17.(林政賢, 2004)、18.(陳振誠, 2004)、 19.(Deru, Michael, 2006)、20.(Jalalzadeh-Azar, Ali A, 2007)、 21.(Jacob, B, 2009)、22.(劉光盛等, 2010)、23.(Akbari, 2008)、 24.(Villar, José R, 2009)、25.(王健毓, 2004)、26.(廖伶雅, 2009)、 27.(劉曜, 2011)、28.(趙又嬋, 2004)、29.(歐文生, 2000)、 30.(余俞儀, 2010)、31.(辜建彰, 2013)、32.(林清裕, 2011)、 33.(施建成, 2009)、34.(陳惠玲, 2005)、35.(吳芝淳, 2011)、 36.(張昇等, 2010)、37.(鐘永盛, 2009)、38.(蘇敬琇, 2008)、 39.(張智鴻, 2006)、40.(陳炳宏, 2003)、41.(王宇文, 2009)、 42.(黃政達, 2008)、43.(許台佑, 2009)、44.(陳余隆, 2012)、 45.(戴偉傑, 2012)、46.(謝志昌, 2008)、47.(何建明, 2011)、 48.(葉武宗, 2006)、49.(張聖懿, 2004)、50.(徐淨慧, 2012)、 51.(鄭柔佑等, 2011)、52.(楊謙柔, 2004)、53.(鐘欽廊, 2009)、 54.(王育忠, 2007)、55.(黃國倉, 2006)、56.(白凱倫, 2012)、 57.(林岳頡, 2008)、58.(呂佳蓓, 2011)、59.(周釗滂, 2002)、 60.(徐憶如, 2012)、61.(林玉貴, 2011)、62.(吳志文, 1999)、 63.(宋文發, 1996)、64.(楊振華, 1996)、65.(姚志廷等, 2008)、 66.(莊燦年, 2006)、67.(林憲夫, 2011)、68.(黃雅閔, 2012)、 69.(賴靈焜, 2008)、70.(邵文政, 2006)、71.(陳太欣, 2007)、 72.(顧孝偉, 2003)、73.(陳立武, 2006)、74.(王信福, 2009)、 75.(張世杰, 2009)、76.(杜瑞澤等, 2008)

資料來源：本研究整理

表 4-3

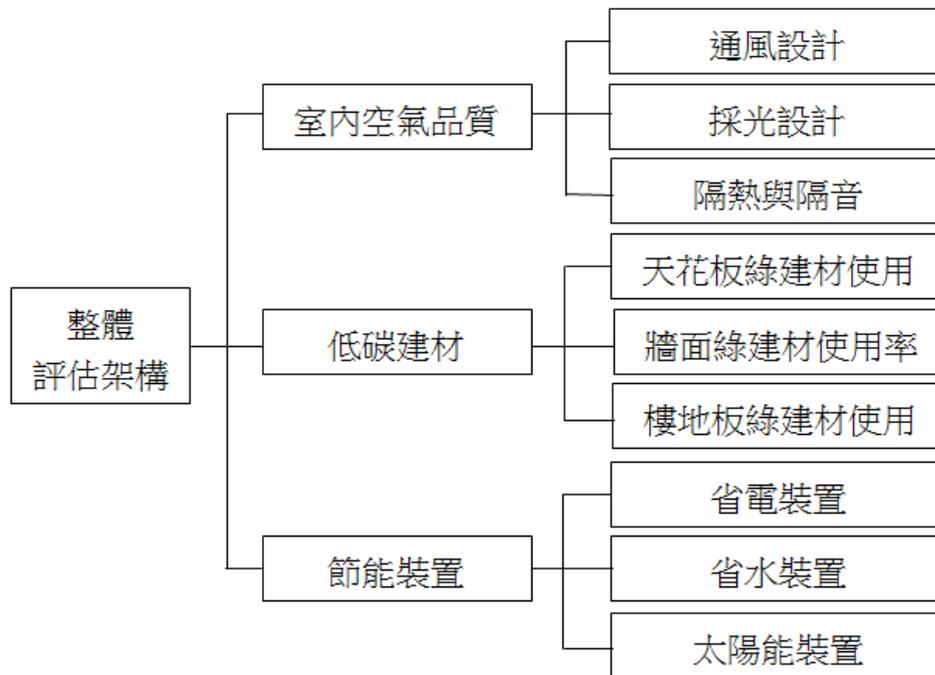
具專家知識之評審因子

主評審因子	次評審因子
室內空氣品質	通風設計、採光設計、隔熱與隔音(如雙層玻璃)
低碳建材 (綠標章建材)	天花板、牆面及樓地板之綠建材使用率
節能裝置	省電裝置、省水裝置、太陽能裝置(太陽能熱水氣、太陽能玻璃、太陽能遮陽板)

資料來源：本研究整理

圖4-1

各評審因子的層級架構



資料來源：本研究整理

4.2各評審因子的相對權重計算

由表 4-3 建立的層級架構如圖 4-1，本研究多屬性的 AHP 問卷調查表共計發出 65 份，有效回收問卷 46 份，各評審因子的相對關係計算經由 AHP 矩陣計算公式求得相對權重值 (w_i) 如表 4-4 到表 4-7，彙整各評審因子的相對權重值如表 4-8，AHP 問卷的執行內容詳附錄二。

表 4-4

主評審因子的相對權重值

比較「室內空氣品質」、「低碳建材」及「節能裝置」的相對權重值

評審因子	室內空氣品質	低碳建材	節能裝置
室內空氣品質	1	1	2
低碳建材	1	1	1
節能裝置	1/2	1	1
相對權重值	0.41	0.33	0.26

表 4-5

室內空氣品質次評審因子的相對權重值

比較室內空氣品質次評審因子「通風設計」、「採光設計」及「隔熱與隔音」的相對權重值

評審因子	通風設計	採光設計	隔熱與隔音
通風設計	1	1	5
採光設計	1	1	1
隔熱與隔音	1/5	1	1
相對權重值	0.5	0.31	0.19

表 4-6

低碳建材次評審因子的相對權重值

比較低碳建材次評審因子「天花板綠建材使用率」、「牆面綠建材使用率」及「樓地板綠建材使用率」的相對權重值

評審因子	天花板綠建材	牆面綠建材	樓地板綠建材
天花板綠建材	1	1/3	1
牆面綠建材	3	1	1
樓地板綠建材	1	1	1
相對權重值	0.23	0.45	0.32

表 4-7

節能裝置次評審因子的相對權重值

比較節能裝置次評審因子「省電裝置」、「省水裝置」及「太陽能裝置」的相對權重值

評審因子	省電裝置	省水裝置	太陽能裝置
省電裝置	1	1	1
省水裝置	1	1	1
太陽能裝置	1	1	1
相對權重值	0.33	0.33	0.33

表 4-8
各評審因子的相對權重值

主評審因子 (w_i)	次評審因子 (w_i)	w_i	W_i %
室內空氣品質(0.41)	通風設計(0.5)	0.205	20.5
	採光設計(0.31)	0.127	12.7
	隔熱與隔音(0.19)	0.078	7.8
低碳建材(0.33)	天花板綠建材(0.23)	0.076	7.6
	牆面綠建材(0.45)	0.149	14.9
	樓地板綠建材(0.32)	0.106	10.6
節能裝置(0.26)	省電裝置(0.33)	0.086	8.6
	省水裝置(0.33)	0.086	8.6
	太陽能裝置(0.33)	0.086	8.6
$W_i = w_i * 100\%$		0.999	99.9%

4.3 定義輸入評審因子與輸出值之模糊集合

模糊邏輯的推論方式可分為連續式與離散式兩種系統，通常而言，連續式之輸出值呈現連續性的狀況，而離散式的輸出值呈現非連續性的狀況，我們為了瞭解連續性的輸出變化，所以採用連續式系統。此外模糊邏輯模型必須完成推論法則的定義，如此「模糊邏輯推理系統」才具有推論與演算的功能。所以有效的模糊值定義及精確的資料屬性是有助提高模型的可靠性，表 4-9 到表 4-11 中的資料屬性及模糊定義，是我們經德非法協助所得，所以輸入與輸出的模糊集合與模糊尺度具有高度的可靠性。還有在模糊邏輯中所定義之量測尺度，為一種人為訂定的模糊尺度，例如「牆面綠建材使用率」的評審因子 90% 表示很好、綠建材使用率 60% 表示普通，但牆面綠建材使用率 75% 到底是好還是普通，在模糊邏輯的量測尺度是以隸屬函數來定義其隸屬於好或隸屬於普通之程度，最後再經由模糊邏輯推理系統來解模糊化，並呈現量化值輸出之結果，此乃傳統評估模式處理之問題。另外雖然隸屬函數具有多種的類型，但是常用的包括三角函數和鐘形函數。於此我們模糊組別的隸屬函數亦採用三角函數和鐘形函數。

三個主評審因子室內空氣品質、低碳建材及節能裝置的次評審因子模糊定義如表 4-9 到表 4-11，雖然各評審因子可能具有不同的單位或是模糊區間值，但是經由人工智慧的模糊邏輯推理系統運算後，即可轉換為一量化的輸出值。表 4-9 中通風設計的量化區間著重於室內空間的換氣率(陳振誠，2004)；採光設計以流明(明亮度)表示，依據張智鴻(2006)的研究中指出住宅及客廳的明亮度介於 50-150 流明，另外劉穎(2006)的研究指出以一般活動為例，老年人 100 流明為好，而青年人認為 75 流明為好；另外住宅之隔熱與隔音一般受建物的開口有顯著的影響，來自環境的噪音與住宅的區域及社會的生活水平亦有顯著的影響，欲用建材完成低分貝的居住環境雖然不難，但會增加高的成本，由於雙層玻璃具有隔熱(M.A. Shameri, M.A. Alghoul, K. Sopian, M. Fauzi M. Zain, Omkalthum Elayeb., 2011)與減噪(陳憲夫, 2011)，所以量化區間之定義以使用率來表示好或不好的程度值；表 4-10 中的評審因子天花板、牆面及樓地板綠建材的使用率，可

由「綠建材設計技術規範修正規定」計算公式求得比率值，因此以使用率的百分比為量化區間的定義值；表 4-11 中的省電裝置及省水裝置比原先傳統可節省的 30%表示高的目標值，另外定義加裝太陽能裝置可節省 10%的電能表示高的目標值，由於模糊邏輯可接受人類的模糊語意及不精確度的語意，同時模糊邏輯的推論系統具有推論及計算人類語意的功能。

表 4-9

室內空氣品質的次評審因子的模糊集合、量化區間及輸出值定義

次評審因子	量化區間	模糊集合	輸出狀況	模糊集合
通風設計	(ACH) 0-2(換氣率)	好 普通 不好	量化值	非常好(90%↑) 好(80%↑) 普通(70%↑) 不好(60%↑↓) 非常不好(50%↓) (0-100%)
採光設計	照度 0-150 流明	好 普通 不好		
隔熱與隔音	隔音材使用率 0-100%	好 普通 不好		

表 4-10

低碳建材的次評審因子的模糊集合、量化區間及輸出值定義

次評審因子	量化區間	模糊集合	輸出狀況	模糊集合
天花板綠建材	使用率 0-100%	高 一般 低	量化值	非常高(90%↑) 高(80%↑) 一般(70%↑) 低(60%↑↓) 非常低(50%↓) (0-100%)
牆面綠建材	使用率 0-100%	高 一般 低		
樓地板綠建材	使用率 0-100%	高 一般 低		

表 4-11

節能裝置的次評審因子的模糊集合、量化區間及輸出值定義

次評審因子	量化區間	模糊集合	輸出狀況	模糊集合
省電裝置	比傳統可節省 0 - 30%	高 一般 低	量化值	非常高 (90% ↑) 高(80% ↑) 一般(70% ↑) 低(60% ↑ ↓) 非常低(50% ↓) (0-100%)
省水裝置	比傳統可節省 0 - 30%	高 一般 低		
太陽能裝置	加裝可節省電 能 0 - 10%	高 一般 低		

在模糊邏輯的環境裡完成量化區間、模糊集合、隸屬函數的選擇及法則庫的建立後，即完成模糊邏輯推論系統。其中法則庫在模糊邏輯推論系統的功能猶如人類的大腦，所以當模糊邏輯完成法則庫的建立後，模糊邏輯推論系統即具備了推論運算之功能。

本研究中由 3 個主評審因子的次評審因子建構了 3 個模糊邏輯推論系統，且共計有 81 個輸入的組合評估狀態，統計如表 4-12，因為各模糊邏輯推論系統都有 3 個輸入評審因子，且各輸入評審因子都有 3 個狀態，如：好(高)、普通(一般)、不好(低)，所以各模糊邏輯推論系統的評估狀態都有 $3*3*3 = 27$ 的狀態，所以整體評估系統的輸入評估狀態共計: $3*27$ 的狀態=81 狀態。

表 4-12

整體評估系統的輸入評估狀態

評審因子	模糊集合	輸入狀態
通風設計、採光設計及隔熱與隔音	3 狀態	$3*3*3 = 27$
天花板綠建材使用率、牆面綠建材使用率及樓地板綠建材使用率	3 狀態	$3*3*3 = 27$
省電裝置、省水裝置及太陽能裝置	3 狀態	$3*3*3 = 27$
總計輸入狀態組合		81

4.4 輸入狀態與輸出量化值間轉換關係

由 AHP 計算所得的評審因子相對權重值及經由模糊推論系統轉換之模糊量化值是評估住宅室內省能設計的優劣依據，AHP 與模糊推論系統計算所得的分數越高表示越佳。圖 4-2 圖 4-3 圖 4-4 是經模糊推論系統計算所得的 3D 輸出量化圖，且圖中亦呈現出系統所計算的最佳及最差的輸出值，雖然由表 4-9 到表 4-11 知各評審因子的評估尺度與單位並不完全相同，但是經由模糊推論系統的模糊化-推論演算-解模糊化後，各輸入狀態與輸出量化值的 3D 關係圖中可解讀各評審因子的相互影響的複雜關係，及瞭解本模型具有量化推論的功能。

圖 4-2

室內空氣品質的輸入與輸出 3D 關係圖及最佳與最差的輸出量化值

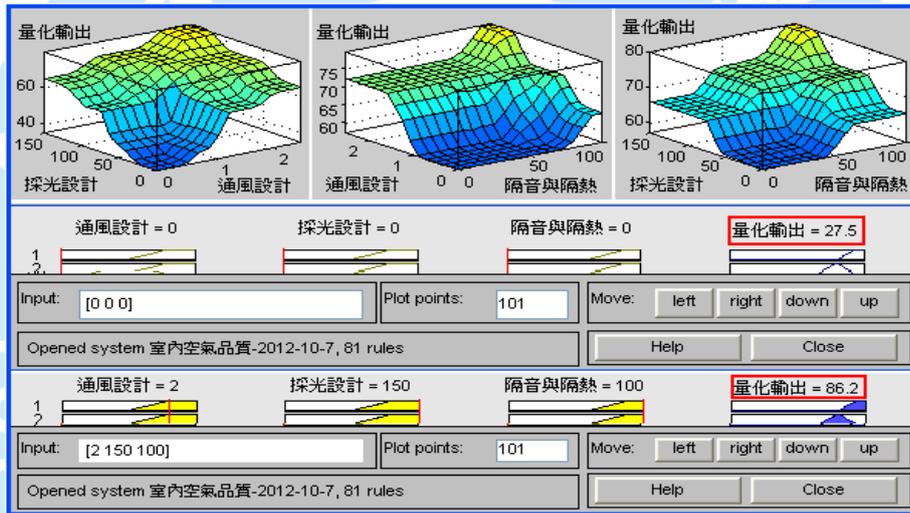


圖 4-3

低碳建材的輸入與輸出 3D 關係圖及最佳與最差的輸出量化值

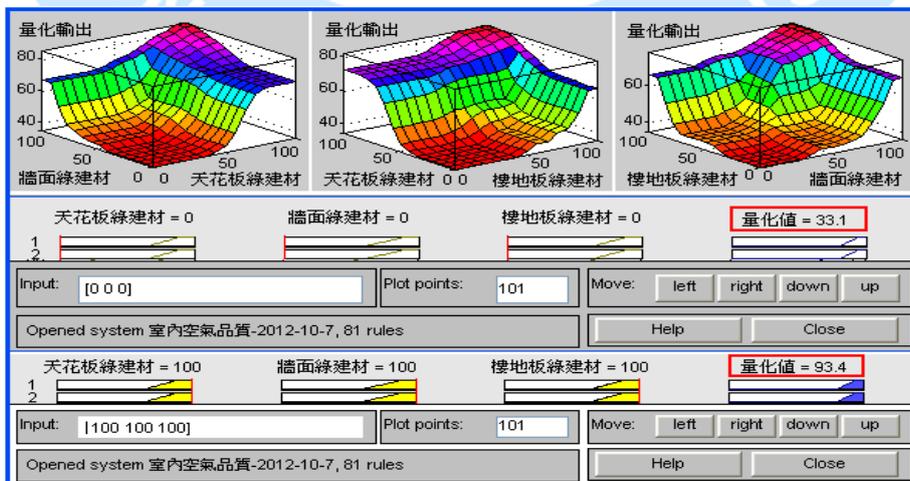
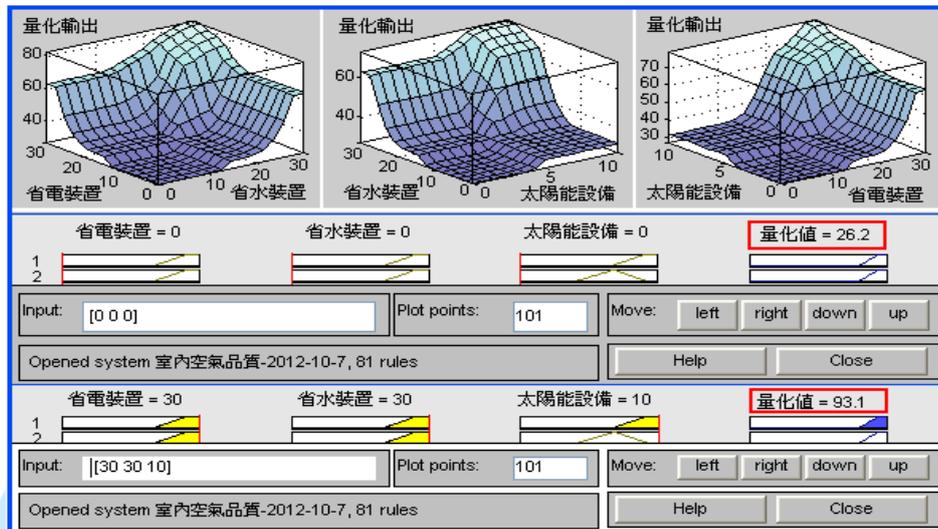


圖 4-4

節能裝置的輸入與輸出 3D 關係圖及最佳與最差的輸出量化值



4.5 案例分析

在台灣坐北朝南的大樓住宅，面向南且緊鄰馬路的住宅整年都會有充足的日照，案例 1 如圖 4-5 與圖 4-6 的 3D 模擬圖，在設計上保留白天充分的自然光源與自然通風的因素，且採用雙層玻璃有利住宅節省能源；初步室內設計構想在低碳建材部份約僅使用 50% 左右；另外在省電(LED 燈)及省水裝置都依據最高的設計標準，且於面向南方的陽台在設計上可考量裝設太陽能設備，如此設計狀態可先經本研究所建構的模型檢視節省能源的設計優劣，提供設計階段的參考。

圖 4-5

面向南的大樓住宅具有充足的日照 3D 模擬圖



圖 4-6

自然光源、自然通風及採用雙層玻璃有利住宅省能



表 4-13 為住宅室內省能設計案例的成效評估計算表，是「各評審因子的權重值(w_i)」*「模糊量化輸出值」，另外表中各評審因子的輸出值可以為人類的模糊語意或是量化值，如好(高)、普通(中)、不好(低)，或是 90、70、50 等量化值，同時輸入值亦有多種不同的量化區間值及多種的不同計算單位，這些相關數據定義來自於德爾菲法專家的協助，經模糊推論系統計算出之案例 1 的量化值如圖 4-7，接著由表 4-13 可計算出各案例的室內省能設計成效值，案例 1 的室內減碳省能設計成效值為 71.94，分數並不高表示省能設計成效值僅為一般的程度；如欲提高節能設計必須增加低碳建材的使用率，如案例 2 假設提高低碳建材至 100%，則案例 2 的評量分數如表 4-13 為 87.57，由模擬案例可知本模型可將多屬性評審因子間之複雜相互影響關係轉為可以比較大小的量化值，讓決策者可以客觀及方便的探討室內省能設計的優劣關係。

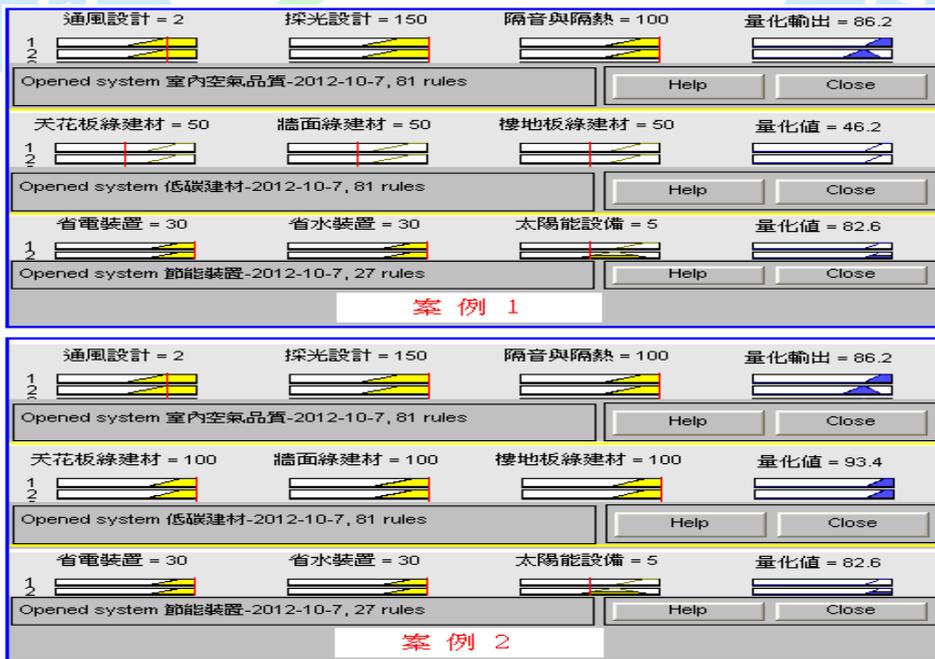
表 4-13

住宅室內省能設計案例的成效評估計算表

評審因子 (w_i)	案例 1 (圖 7-圖 9)			案例 2		
	輸入	輸出	$(w_i) * \text{模糊輸出值}$	輸入	輸出	$(w_i) * \text{模糊輸出值}$
通風設計 (0.205)	好	86.2	$86.2 * (0.205 + 0.127 + 0.078) = 35.34$	好	86.2	$86.2 * (0.205 + 0.127 + 0.078) = 35.34$
採光設計 (0.127)	好			好		
隔音與隔熱 (0.078)	好			好		
天花板綠建材(0.076)	一般	46.2	$46.2 * (0.076 + 0.149 + 0.106) = 15.29$	高	93.4	$93.4 * (0.076 + 0.149 + 0.106) = 30.92$
牆面綠建材(0.149)	一般			高		
樓地板綠建材(0.106)	一般			高		
省電裝置(0.086)	高	82.6	$82.6 * (0.086 + 0.086 + 0.086) = 21.31$	高	82.6	$82.6 * (0.086 + 0.086 + 0.086) = 21.31$
省水裝置(0.086)	高			高		
太陽能裝置(0.086)	一般			一般		
室內減碳省能設計案例之量化計算	$35.34 + 15.29 + 21.31 = 71.94$			$35.34 + 30.92 + 21.31 = 87.57$		

圖 4-7

案例 1 與案例 2 經由模糊推論系統計算出的量化值



第五章 結論與建議

人類大量使用能源，致使溫室氣體濃度不斷上升，同時帶來嚴重的溫室效應與氣候變遷，危及生物多樣化與人類的生命財產，這是全球共同面臨的危機問題，唯有世界各國共同遵守各項節能約定，以及訂定並落實各項有效的溫室氣體排放控制政策，才能徹底的解決地球過量溫室氣體的問題。由於營建產業不但是高耗能與高污染的產業，同時亦是製造高 CO₂ 排放的產業，歐盟對營建產業已經全面嚴格的執行綠採購規範與限制，同時「零碳社區開發」或是「碳中和社區開發」也已經成為歐美先進國家的社區開發重點，由於社區與家庭都是長期消耗能源的集合體，且住宅部門的 CO₂ 排放在總排放量中佔有高的比率，如何改善來自人為的 CO₂ 排放，從家庭住宅的省能設計探討與解決根源的問題，將有助整體節能政策推動的有效性。

我國近年來對降低營建產業的 CO₂ 排放，在相關法規的訂定、修法以及在獎勵政策上執行都不遺餘力的推陳出新，但是因為目前對私有營建部份僅處於宣導並沒強制的規範，因此對降低營建產業 CO₂ 排放的整體成效上並不容易彰顯。另外雖然政府每年都對省電及省水的家庭電器或設備進行多次的計畫性補助，但是我國整體的家庭用水與用電並沒有顯著的下降，此因歸咎於人與家庭長期的生活習性不容易改變所致。

本研究結合三套方法論所建構的「住宅省能設計成效評估模型」，除了可提供專業室內設計師於設計階段取得較佳的省能設計決策外，同時可提供國家相關管理階層決策者對推動獎勵低碳住宅的補貼參考，本模型有助營造家庭低碳生活的環境，是有利於解決根本的問題，另外本模型具有高度的客觀性與適應性，且方便日後的維護與應用。

參考文獻

一、中文部分

- 中央研究院 (2008)。因應地球暖化臺灣之能源政策。
取自 http://www.sinica.edu.tw/suggest_forgov.htm。
- 內政部營建署 (2012)。營建統計資訊。取自
http://www.cpami.gov.tw/chinese/index.php?option=com_content&view=article&id=7305&Itemid=102
- 內政部建築研究所(2013)。標章制度介紹。取自
<http://www.abri.gov.tw/utcPageBox/CHIMAIN.aspx?ddsPageID=CHIMPX#2>
- 內政部建築研究所(2013)。標章制度介紹。取自
http://www.cabc.org.tw/gbm/HTML/website/about01_107.asp
- 內政部建築研究所(2013)。標章制度介紹。取自
<http://www.tabc.org.tw/GBM/targt.html>
- 王健毓(2004)。綠建築規範用於老舊建築之探討以逢甲大學校史館及立德教堂為例。逢甲大學 土木工程學系 碩士論文。
- 王育忠(2007)。建築空調設備生命週期二氧化碳排放量評估。國立成功大學 建築研究所 碩士論文。
- 王宇文(2009)。室內隔間對建築物貫流通風影響之實驗研究。國立中央大學 土木工程學系 碩士論文。
- 王信福(2009)。建築用太陽能光電板饋電價格策略之研究。國立中央大學 營建管理研究所 碩士論文。
- 白凱倫(2012)。既存建築物節約能源之研究-以美國加州比佛利山莊之商業住宅為個案。國立中央大學 國際永續發展碩士在職專班 碩士論文。
- 江哲銘 (2004)。永續建築導論。建築情報。
- 行政院 (2009)。綠建材設計技術規範修正規定。公報內政篇，15 卷，124 期。
- 行政院環境保護署綠色生活資訊網(2013)。環境保護產品分類。取自
<http://greenliving.epa.gov.tw/GreenLife/info/mark/mark-4.aspx>
- 行政院環境保護署綠色生活資訊網(2013)。環境標章觀念。取自
<http://greenliving.epa.gov.tw/GreenLife/info/mark/mark-1.aspx#L1>
- 汪靜明 (2000 年 9 月)。學校環境教育的理念與原理。環境教育季刊，43，11-27。
- 李俊宏 (2001)。台北市垃圾費隨袋徵收政策評估。國立政治大學 公共行政學系 碩士論文。
- 李朝誠(2012)。以模糊邏輯理論建構社區大學發展成效評估模型。東方設計學院 文化創意設計研究所 碩士學位論文。
- 李霖文 (2004)。以綠建築評估指標探討農舍住宅建築技術及設備應用個案研究。中華大學 土木工程學系碩士班 碩士論文。
- 李鐸翰，卓雯雯，孫振義，陳振宇，陳瑞鈴 (2010)。綠建築設計之原生植物圖鑑與設計流程建構。建築學報，74，49-72。
- 呂佳蓓(2011)。運用 E-QUEST 進行日常節能減碳改善模擬-以雲林縣勞工育樂中心為例。國立雲林科技大學 環境與安全衛生工程系碩士班 碩士論文。
- 何建明(2011)。綠建築節能牆體複合保溫組成設計及其熱損失評估。逢甲大學 建築學系碩士班 碩士論文。

- 吳志文(1999)。高性能隔熱材料之熱傳特性研究。國立交通大學 機械工程系 博士論文。
- 吳芝淳(2011)。「環境永續概念」融入室內設計之研究。中華大學 科技管理學系碩士班 碩士論文。
- 吳啓忻(2006)。綠建築廢棄物減量指標之評估研究。中華大學 營建管理研究所 碩士論文。
- 余俞儀(2010)。台灣輕型鋼構建築隔熱性能與能源消費效率之探討。國立雲林科技大學 營建與物業管理碩士班 碩士論文。
- 宋文發(1996)。開孔型硬質 PU 發泡隔熱材料之隔熱性能分析。國立交通大學 機械工程研究所 碩士論文。
- 杜瑞澤，林耕宇，徐傳瑛(2008)。智慧型住宅之綠色節能照明設備分析研究。人文暨社會科學期刊。第四卷第二期。
- 邱騰誼(2004)。綠建築的核心價值與設計者養成訓練初探—以合竟教育的觀點來看。2004 台灣環境資源永續發展研討會論文集，台中：朝陽科技大學 環境工程與管理系，2-02。
- 林俊光(1998)。建構結合層級分析法與德非法之群體決策支援環境。國立成功大學 工業管理學系 碩士論文。
- 林達志 (2002)。國民中小學生態環境基礎研究—綠化、基地保水、用水、用電之解析。國立成功大學 建築研究所 碩士論文。
- 林政賢 (2004)。綠建築評估指標適用性之研究。國立成功大學 建築研究所 碩士論文。
- 林學淵 (2008)。住屋節能改善實作之歷程研究。國立臺灣師範大學 環境教育研究所 碩士論文。
- 林岳頡(2008)。高科技廠房綠建築節能關鍵成功因素之研究。立德管理學院 科技管理研究所 碩士論文
- 林嘉駿 (2008)。綠色科技廠房節能省水議題對策與評估模式之研究。國立中央大學 營建管理研究所碩士在職專班 碩士論文。
- 林憲德(2011)。台灣綠建築政策的成就。科學發展 2011 年 4 月，460 期 6-13 頁。
- 林清裕(2011)。以電腦模擬公寓住宅空調負荷與外牆隔熱效益研究。朝陽科技大學 建築及都市設計研究所 碩士論文。
- 林玉貴(2011)。智慧化室內綠牆感知系統設計之探討。中華科技大學 建築工程與環境設計研究所 碩士論文。
- 林志憲，陳偉全，林勝傑(2006)。模糊德菲理論應用於鋪面評估層級分析法。台灣公路工程第 32 卷第 8 期。
- 林佩瑩，廖學誠(2008)。應用模糊德爾菲法分析高雄愛河綠廊功能之研究。臺大實驗林研究報告。
- 周貞貝(2006)。永續社區環境績效評估指標建立之研究。國立東華大學 環境政策研究所 碩士論文。
- 周釗彬(2002)。建築與室內裝修階段照明系統節能方式之差異性研究-以台北公共空間為例。中原大學 室內設計學系 碩士論文。
- 施建成(2009)。裝潢修繕廢棄物總量概估與管理機制之研究。國立中央大學 營建管理研究所 碩士論文。

- 邵文政(2006)。建材揮發性有機化合物管制策略之研究。國立成功大學 建築研究所 博士論文。
- 姚志廷，蕭良豪(2008)。綠建材產業分析及管理機制之研究。中華民國建築學會「建築學報 66 期增刊(技術專刊)」，35~46 頁，2008 年 12 月。
- 財團法人台灣建築中心(2009)。綠建築標章評定申請書製作格式。取自 <http://www.tabc.org.tw/tw/modules/wfdownloads/singlefile.php?cid=10&lid=142>
- 財團法人台灣建築中心(2013)。綠建材標章。取自 <http://www.tabc.org.tw/GBM/>
- 財團法人台灣建築中心(2013)。綠建築標章。取自 <http://www.tabc.org.tw/GB/>
- 財團法人台灣建築中心(2013)。指標說明。取 <http://www.tabc.org.tw/GB/target.html>
- 徐憶如(2012)。綠色裝修評估指標之建構。國立臺灣師範大學 工業教育學系 碩士論文。
- 徐淨慧(2012)。便利商店節能評估調查研究-彰化、南投、雲林地區為例。逢甲大學 建築學系碩士在職專班 碩士論文。
- 高揚清(2004)。運用品質設計方法於新型省水龍頭之研究。樹德科技大學 應用設計研究所 碩士論文。
- 唐研理(1999)。德爾菲法應用於廠址評選之研究-以花蓮縣北區垃圾焚化廠為例。國立東華大學 自然資源管理研究所 碩士論文。
- 唐晨欣 (2004)。地區差異對垃圾量與垃圾政策之影響探討。國立政治大學 地政研究所 碩士論文。
- 莊修田(2000)。室內設計專業範圍與內容之研究。國家科學委員會研究彙刊：人文及社會科學，民 90 年七月，十一卷三期，271-281。
- 莊育德(2003)。建築物能源管理實務分析。中原大學 機械工程學系 碩士論文。
- 莊燦年(2006)。從室內裝修設計觀點探討健康綠建材使用率適宜性之研究。國立成功大學 建築研究所 碩士論文。
- 崔正鋼(2001)。從都會區生活型態探討家庭資源回收設備設計之研究。大葉大學 設計研究所 碩士論文。
- 陳太欣(2007)。從健康效益觀點探討既存建築室內環境品質診斷與改善成效之研究-以室內靶場建築為例。國立成功大學 建築學系研究所 碩士論文。
- 陳文亮，謝劭威(2009)。運用地方文化特色於農特產品包裝設計。設計與產業學報 2009 年 07 月 55-67 頁。
- 陳余隆(2012)。DFUZZY 之綠住宅建築設計成效評估模式。東方設計學院 文化創意設計研究所 碩士學位論文。
- 陳立武(2006)。建築物增設屋頂隔熱設施改善空調用電之研究。立德管理學院 資源環境學系碩士班 碩士論文。
- 陳炳宏(2003)。從綠建築之綠化量指標改善溫室效應之分析-以國立交通大學新行政大樓為例。國立交通大學 工學院產業安全與防災學程 碩士論文。
- 陳曉芬(2000)。南部地區節約用水之經濟效益模擬分析。國立成功大學 資源工程研究所 碩士論文。
- 陳姜貝(2002)。住宅社區生態基礎之研究--綠化、基地保水之解析。國立成功大學 建築研究所 碩士論文。
- 陳弘庭(2002)。模糊分群方法、語意變數、分群群數關係之研究—以市場區隔為

- 例。國立成功大學 工業管理科學系碩博士班 碩士論文。
- 陳振誠(2004)。台灣本土氣候下換氣率影響建材有機物質逸散特性之研究—以合板及清漆為例。國立成功大學 建築學系研究所 碩士論文。
- 陳惠玲(2005)。住宅內部健康評估指標體系之研究。朝陽科技大學 建築及都市設計研究所 碩士論文。
- 陳駿祥(2005)。一般家庭廢棄物政策成效之研究。國立中正大學 政治研究所 碩士論文。
- 陳漢庸(2007)。環保設計與消費者環保認知研究—以陶瓷坐式馬桶為例。銘傳大學 設計管理研究所碩士在職專班 碩士論文。
- 陳憲夫(2011)。雙層玻璃窗是已建建築的一種節能改造方法，城市建設理論研究，2011 年第 12 期。
- 張聖懿(2004)。太陽能光電系統結合發光二極體之規劃設置研究—以立德管理學院景觀照明設施為例。立德管理學院資源與環境管理研究所 碩士論文。
- 張巧鈴(2005)。家庭用戶購買省電燈泡影響因素之研究。國立中山大學 公共事務管理研究所 碩士論文。
- 張世杰(2009)。太陽能技術在建築物應用之研究。國立雲林科技大學 營建與物業管理研究所碩士班 碩士論文。
- 張桂鳳(2005)。永續環境評估系統運用於台灣地區建築物性能評價之研究。國立成功大學 建築研究所 博士論文。
- 張智鴻(2005)。人工智慧應用於室內照明最佳化設計之研究，國立臺灣科技大學 電機工程系 碩士論文。
- 張達人(2010)。綠色建築的社會意義。國立成功大學 高階管理碩士在職專班 碩士論文。
- 張昇，吳翌禎，許家瑛，潘煌鏗(2010)。建築節能分析與視覺化模擬之研究。高雄應用科技大學學報 39 卷 79-108 頁。
- 許台佑(2009)。建築物雙重窗採光與隔熱綜合效能之研究。高苑科技大學 建築研究所 碩士論文。
- 智慧建築標章(2013)。認識智慧建築標章。取自 <http://iblogo.tabc.org.tw/ibsm/p-1.aspx>
- 智慧建築標章(2013)。八大指標介紹。取自 <http://iblogo.tabc.org.tw/ibsm/p-1-1.aspx>
- 黃家宏(2012)。多屬性廟宇石雕工程專案選商評估模型。東方設計學院 文化創意設計研究所 碩士論文。
- 黃國倉(2006)。辦公建築生命週期節能與二氧化碳減量評估之研究。國立成功大學 建築研究所 博士論文。
- 黃政達(2008)。建築物單面通風之換氣效能研究。中華大學 營建管理研究所 碩士論文。
- 黃子健 (2005)。台灣地區垃圾清除處理費收費模式最適化評估。大葉大學 環境工程學系碩士班 碩士論文。
- 黃雅閔(2012)。以多評準決策法探討建設公司採用再生綠評估指標。國立聯合大學 管理碩士學位學程 碩士論文。
- 辜建彰(2003)。住宿類建築節能設計多目標規劃模式之研究。朝陽科技大學 建築及都市設計研究所 碩士論文。
- 經濟部工業局產業節能減碳資訊網(2013)。節能技術案例彙編—水泥業。

- 取自 <http://proj.tgpf.org.tw/ghg/files/C/水泥業.pdf>
- 葉武宗(2006)。大專院校舊有建築物耗能之研究—以綠建築日常節能指標評估改善照明系統節能效率。國立交通大學 工學院營建技術與管理學程 碩士論文。
- 楊振華(1996)。抽真空超微顆粒隔熱材料之隔熱性能研究。國立交通大學 機械工程研究所 碩士論文。
- 楊謙柔(2004)。辦公建築耗能診斷與節能改善作業之研究。2004 年能源與冷凍空調學術研討會論文集 9(6)1~8 頁。
- 蔡政男 (2006)。省水器材在空軍營舍應用之研究。立德管理學院 資源環境研究所 碩士論文。
- 綠建材標章(2013)。認識綠建材。取自 <http://www.cabc.org.tw/gbm/HTML/website/about.asp>
- 廖伶雅(2009)。台灣地區應用 SBTOOL 評估之適用性 -以 EEWH 合格級以上住宅為例。國立成功大學 建築研究所 碩士論文。
- 趙又嬋(2004)。百貨公司室內裝修生命週期二氧化碳排放量評估。國立成功大學 建築研究所 碩士論文。
- 鄭雅馨(2001)。模糊多準則空運航點抉擇決策支援系統。國立海洋大學航運管理學系碩士論文，台北
- 鄭柔佑，林立昌，趙嘉雍，陳世偉(2011)。桃園縣住商節能減碳輔導成效分析。桃園縣政府環境保護局，2011 區域與環境資源永續發展研討會。取自 <http://www.tyepb.gov.tw/tyepbnew/cht/index.php?code=list&ids=166>
- 歐文生(2000)。物室內裝修環境負荷評估之研究—以耗能量與二氧化碳排放量解析。國立成功大學 建築研究所碩士論文。
- 劉穎(2006)。住宅光環境分析與研究。燈與照明，30 卷 3 期。
- 劉曜(2011)。台灣建築減廢設計原則與手法之初探。國立中央大學 營建管理研究所 碩士論文。
- 劉光盛、江哲銘、陳念祖、林紋君 (2010)。以生命週期成本探討台灣既有建築物環境效率模型-室內健康因子為例。中華民國建築學會建築學報，73，125-141。
- 賴靈焜(2008)。氣候異變下控制室內環境中臭氧與建材二次污染關鍵因子之研究。國立成功大學 建築學系研究所 碩士論文。
- 鄧振源、曾國雄(1989)。“層級分析法(AHP)的內涵特性與應用(上)”。中國統計學報，第 26 卷，第 7 期，頁 6-22。
- 潘智謙 (2006)。國民小學校園實質環境永續性評估之研究。國立成功大學 建築研究所 碩士論文。
- 薛淞林(2003)。以模糊邏輯建構住宅建設投資決策模型-以中國沿海城市住宅建設為例。國立台灣科技大學 建築研究所 博士學位論文。
- 薛淞林(2006)。以模糊邏輯建構住宅建設投資決策模型—以中國沿海城市住宅建設為例。國立臺灣科技大學 建築研究所 博士學位論文。
- 薛淞林(2013)。結合環保訴求之多屬性文化商品設計成效評估模型—以美濃客家為例。中原大學設計學院 設計學研究第十六卷第一期 16-22 頁(預計一百零二年七月出刊)。印刷中。

- 鍾永盛(2009)。節能與健康好宅的當代室內設計策略。中原大學 室內設計研究所 碩士論文。
- 謝志昌(2008)。混合通風系統對辦公空間通風效益影響之研究-以水平導風板搭配排風扇為例。國立成功大學 建築研究所 碩士論文。
- 戴偉傑(2012)。國軍營舍綠建築設計氣象資料之研究。國防大學 理工學院環境資訊及工程學系 碩士論文。
- 蘇敬琇(2008)。建築物附加物對室內溫熱環境之影響評估—以高雄市商業建築物為例。樹德科技大學 建築與環境設計研究所 碩士論文。
- 蘇梓靖(2009)。住宅耗能標示制度之研究。國立成功大學 建築研究所碩士論文。
- 蘇福龍(2012)。應用 DFAZZY 建構社區總體營造 永續發展之評估模型—以大湖社區為例。東方設計學院 文化創意設計研究所 碩士論文。
- 鐘欽廊(2009)。T5 照明系統應用於辦公室之照明品質與節能效益之評估-以某企業為例。明新科技大學 工程管理研究所 碩士論文。
- 顧孝偉(2003)。住宅用電量監測與解析之研究。國立成功大學 建築研究所 碩士論文。



二、英文部分

- A1-Subhi A1-Harbi K.M. (2001). Application of the AHP in project management. *International Journal of Project Management*, 19, 19-27.
- A. Jafari, M. Jafarian, A. Zareei, F. Zaerpour. (2008). Using fuzzy Delphi method in maintenance strategy selection problem, *Journal of Uncertain Systems*, 2 (4), 289–298.
- Akbari, Hashem. (2008). Saving Energy and Improving Air Quality in Urban Heat Islands. *AIP Conference Proceedings*, Vol. 1044 Issue 1, p192-208.
- Airaksinen, M. Matilainen, P. (2011). A Carbon Footprint of an Office Building. *Energies* 2011, 4, 1197-1210.
- Bertolini, M., and M. Bevilacqua. (2006). A combined goal programming—AHP approach to maintenance selection problem. *Reliability Engineering & System Safety* 91, no.7, pp.839-848.
- B. Poel, G. van Cruchten, C.A. Balaras. (2007). Energy performance assessment of existing dwellings, *Energy and Buildings*, 39(4), 393-403.
- Böhm, G., & Piter, H.-R. (2005). Consequences, morality, and time in environmental risk evaluation. *Journal of Risk Research*, 8, 461–479.
- Cembureau (2006). Energy Efficiency and CO2 Emission Reduction Potentials and Policies in the Cement Industry, *IEA-WBCSD Workshop Energy Information Administration (EIA)*.
- Caillaud, S., Kalampalikis, N. and Flick, U. (2012). The Social Representations of the Bali Climate Conference in the French and German Media. *J. Community. Appl. Soc. Psychol.* 22: 363–378.
- Chen, S. J. and Hwang, C. L., "Fuzzy Multiple Attribute Decision Making-Method and Applications", Springer-Verlag, New York, (1992).
- Deru, Michael., Pless, Shanti D., Torcellini, Paul A. (2006). Big Horn Home Improvement Center Energy Performance. *ASHRAE Transactions*, Vol. 112 Issue 2, p349-366.
- Dziadosz, A. (2008). Estimation and selection of building investment using AHP. *Czasopismo Techniczne*, 1-B2, 41-51.
- D.A. Sakr, A. Sherif, S.M. El-Haggar. (2010). Environmental management systems' awareness: An investigation of top 50 contractors in Egypt. *Journal of Cleaner Production*, 18(3), 210-8.
- Dallas Burtraw, Ian W. H. Parry. (2011). Options for returning the value of CO2 emissions allowances to households. *Resources for the Future Discussion*, Paper No. 11-03.
- Ding, Y. Tian, Z. Wu, Y. Zhu, N. (2011). Achievements and suggestions of heat metering and energy efficiency retrofit for existing residential buildings in northern heating regions of China. *Energy Policy* 2011, 39(9), 4675-4682.
- Fatemeh Torfi, Reza Zanjirani Farahani, Shabnam Rezapour. (2010). Fuzzy AHP to determine the relative weights of evaluation criteria and Fuzzy TOPSIS to rank the alternatives. *Applied Soft Computing*, v.10 n.2, p.520-528.
- Frank P. Ardaiolo, Steve Neilson, Timothy K. Daugherty. (2011). Teaching Students Personal and Social Responsibility with Measurable Learning Outcomes. *Journal of College and Character*. Volume 12, Issue 2, Pages –, ISSN (Online) 1940-1639,

DOI: 10.2202/1940-1639.1781.

- Grimmond, C. S. B., King, T. S., Gropley, F. P., Nowak, D. J. and Souch, C. (2002). Local scale fluxes of carbon dioxide in urban environments: Methodological challenge and results from Chicago. *Environmental Pollution*, 116: S243–S254.
- Gattig, A., & Hendrickx, L. (2007). Judgmental discounting and environmental risk perception : dimensional similarities, domain differences, and implications for sustainability. *Journal of Social Issues*, 63, 21–39.
- Hsueh, S-L.; Perng, Y-H.; Yan, M-R.; Lee, J-R. (2007). On-Line Multi-Criterion Risk Assessment Model for Construction Joint Ventures in China. *Automation in Construction* 2007, 16(5), 607-619.
- Hsueh, S.-L. (2012). A Fuzzy Utility-Based Multi-Criteria Model for Evaluating Households' Energy Conservation Performance: A Taiwanese Case Study. *Energies* 2012, 5, 2818-2834.
- IPCC.(2011) Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation; Technical Report. Intergovernmental Panel on Climate Change: Geneva, Belgium.
- Joffe, H. (2003). Risk: from perception to social representation. *British Journal of Social Psychology*, 42, 55–73.
- Jalalzadeh-Azar, Ali A. (2007). Experimental Evaluation of a Downsized Residential Air Distribution System: Comfort and Ventilation Effectiveness. *ASHRAE Transactions*, Vol. 113 Issue 2, p313-322.
- Jacob, B.(2009). Lamps for improving the energy efficiency of domestic lighting. *Lighting Research & Technology*, Vol. 41 Issue 3, p219-228.
- Lehner, B.; Czisch, G.; Vassolo, S.(2005). The impact of global change on the hydropower potential of Europe: A model-based analysis. *Energy Policy*, 33, 839–855.
- M.A. Shameri, M.A. Alghoul, K. Sopian, M. Fauzi M. Zain, Omkalthum Elayeb.(2011). Perspectives of double skin façade systems in buildings and energy saving. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 15, Issue 3, Pages 1468–1475.
- Saaty, T.L. (1980). *The analytical hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation*; McGraw-Hill Book Co: New York. Saaty, T.L. (1990) How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 48, 9-26.
- Skibniewski, M J, Chao, L-C.(1992). Evaluation of Advanced Construction Technology with AHP Method. *Journal of Construction Engineering and Management*, 3 Vol. 118, p. 577-593.
- Seong Chang , Yasuhiro Tsujimura, Mitsuo Gen and Tatsumi Tozawa. (22 December 1995). An efficient approach for large scale project planning based on fuzzy Delphi method , *Fuzzy Sets and Systems* , Volume 76, Issue 3, Pages 277-288.
- Sung-Lin Hsueh, Min-Ren Yan.(2011). Enhancing Sustainable Community Development A Multi-Criteria Evaluation Model for Energy Efficient Project Selection, *Energy Procedia*, 5, Pages 135 – 144.
- Villar, José R., De la Cal, Enrique., Sedano, Javier.(2009). Integrated Computer-Aided Engineering, *Periodical*, Vol. 16 Issue 2, p151-163.

Wang, L., J. Chu, and J. Wu.(2007).Selection of optimum maintenance strategies based on a fuzzy analytic hierarchy process, *International Journal of Production Economics*, vol.107, pp.151-163.

From:http://gazette.nat.gov.tw/EG_FileManager/eguploadpub/eg015124/ch02/type2/gov10/num2/OEg.pdf

Ziglio, E.; Adler, M.(1996). *Gazing into the Oracle: The Delphi Method and its Application to Social Policy and Public Health*; Jessica kingsley: London, pp. 1-33.



附錄 一 德菲法問卷執行內容

敬啓者您好：

這是一份有關多屬性住宅室內省能設計策略之決策評估模型建構的研究問卷，本研究將採用德菲法（Delphi）進行專家問卷訪談，您所提供的專家知識僅供本研究使用，將作為模糊邏輯(Fuzzy Logic)建模所需之輸入評估因子。煩請您在百忙中，撥冗協助研究回答這份專家問卷，非常感謝您的幫忙！

祝

研 安



東方設計學院
文化創意設計研究所
研 究 生：吳文君 敬上
指導教授：薛淞林

德菲法問卷（一） 德菲法第一次問卷影響因子及構面修改彙整表

本研究構面	潛力影響因子	對住宅省能設計之構面及影響因子之增修意見		
		因子刪除或修改	構面刪除或修改	增加構面/因子
室內空氣品質	通風設計			
	採光	採光設計		
	氣候、地理位置	氣候、地理位置		
	音光熱氣	音光熱氣		隔熱與隔音
	溫度	溫度		
	濕度	濕度		
裝飾材料	低碳裝飾材料	低碳裝飾材料	裝飾材料	低碳建材
	回收建材	回收建材		
	低逸散甲醛建材	低逸散甲醛建材		天花板綠建材使用率
	節能玻璃	節能玻璃		牆面綠建材使用率
	LED 燈飾	LED 燈飾		地板綠建材使用率
	植栽	植栽		
	隔熱	隔熱		
節能設備	太陽能熱水器	太陽能裝置	節能裝置	
	空調節能	空調節能		
	省水設計&器材	省水裝置		
	家電設備	家電設備		
	資源回收	資源回收		
	廢棄物管理與回收	廢棄物管理與回收		
	省電設備	省電裝置		
備註欄	服務機關（單位）	職 稱（現任、曾任）		姓 名

敬啓者您好：

這是一份有關多屬性住宅室內省能設計之決策評估模型建構的德菲法 (Delphi) 第二次專家問卷調查表，您所提供的專家知識僅供本研究使用，將作為模糊邏輯(Fuzzy Logic)建模所需之輸入評估因子。煩請您在百忙中，撥冗再次的協助本研究完成這份專家問卷的知識內涵修改，這份問卷調查資料是彙整第一次專家們的意見(如問卷調查表)，最後，再次的感謝您的幫忙！

祝
研 安



東方設計學院
文化創意設計研究所
研究生：吳文君 敬上
指導教授：薛淞林

德菲法第二次問卷調查表

本研究構面	潛力影響因子	對住宅省能設計之構面及影響因子之增修意見		
		因子刪除或修改	構面刪除或修改	增加構面/因子
室內空氣品質	通風設計			
	採光設計			
	隔熱與隔音			
低碳建材	天花板綠建材使用率			
	牆面綠建材使用率			
	地板綠建材使用率			
節能裝置	省電裝置			
	省水裝置			
	太陽能裝置			
備註欄	服務機關(單位)	職稱(現任、曾任)		姓名

附錄二 AHP 問卷執行內容

一、問卷文頭

敬啓者您好：

這是一份探討有關「多屬性住宅室內省能設計評估模型」問卷調查，主要目的在蒐集各位對省能住宅設計，中有關室內空氣品質、低碳建材、節能裝置等評估因子彼此間相對重要性，及其相關次因子中的相對重要性看法，目的在於確認本研究各評估因子之權重值，做為研究之應用。於此煩請您在百忙中撥冗回答本問卷，最後再次由衷感謝您的協助。

敬頌 研安 萬事如意

東方設計學院文化創意設計研究所

研究生：吳文君 敬上

指導教授：薛淞林 博士



二、問卷內涵

姓名		性別		職業	
年齡	<input type="checkbox"/> 25 歲以下 <input type="checkbox"/> 26~35 歲 <input type="checkbox"/> 36~45 歲 <input type="checkbox"/> 46 歲以上				
教育程度	<input type="checkbox"/> 國中(含以下) <input type="checkbox"/> 高中 <input type="checkbox"/> 大學 <input type="checkbox"/> 研究所以上				

1. 就「室內省能設計」而言，您認為 A 和 B 相比何者相對重要性？

相比項目		A 或 B 何者重要			相對有幾倍重要(請勾選下列數字)								
A	B	一樣	A	B	1 等強	2	3 稍強	4	5 強	6	7 極強	8	9 絕強
室內 空氣品質	低碳建材												
室內 空氣品質	節能裝置												
低碳建材	節能裝置												
說明		<ul style="list-style-type: none"> ● 如果二項比較，勾選一樣者選擇1。 ● A 與 B 之相對重要倍數值說明。 ● 1：相同。3：強，但會忘記。5：強，會記在腦海。7：會告訴好朋友。9：會告訴大家。 ● 2：介於1 和3 之間。4：介於3 和5 之間。6：介於5 和7 之間。8：介於7 和9 之間。 											

2. 就「室內空氣品質」而言，您認為 A 和 B 相比何者相對重要性？

相比項目		A或B何者重要			相對有幾倍重要(請勾選下列數字)								
A	B	一樣	A	B	1 等強	2	3 稍強	4	5 強	6	7 極強	8	9 絕強
通風設計	採光設計												
通風設計	隔熱與隔音												
採光設計	隔熱與隔音												
說明		<ul style="list-style-type: none"> ● 如果二項比較，勾選一樣者選擇1。 ● A 與 B 之相對重要倍數值說明。 ● 1：相同。3：強，但會忘記。5：強，會記在腦海。7：會告訴好朋友。9：會告訴大家。 ● 2：介於1和3之間。4：介於3和5之間。6：介於5和7之間。8：介於7和9之間。 											

3. 就「低碳建材」而言，您認為 A 和 B 相比何者相對重要性？

相比項目		A或B何者重要			相對有幾倍重要(請勾選下列數字)								
A	B	一樣	A	B	1 等強	2	3 稍強	4	5 強	6	7 極強	8	9 絕強
天花板	牆面												
天花板	地板												
牆面	地板												
說明		<ul style="list-style-type: none"> ● 如果二項「綠建材使用率」比較，勾選一樣者選擇1。 ● A 與 B 之相對重要倍數值說明。 ● 1：相同。3：強，但會忘記。5：強，會記在腦海。7：會告訴好朋友。9：會告訴大家。 ● 2：介於1和3之間。4：介於3和5之間。6：介於5和7之間。8：介於7和9之間。 											

4. 就「節能裝置」而言，您認為 A 和 B 相比何者相對重要性？

相比項目		A 或 B 何者重要			相對有幾倍重要(請勾選下列數字)								
A	B	一樣	A	B	1 等強	2	3 稍強	4	5 強	6	7 極強	8	9 絕強
省電裝置	省水裝置												
省電裝置	太陽能裝置												
省水裝置	太陽能裝置												
說明		<ul style="list-style-type: none"> ● 如果二項比較，勾選一樣者選擇1。 ● A 與 B 之相對重要倍數值說明。 ● 1：相同。3：強，但會忘記。5：強，會記在腦海。7：會告訴好朋友。9：會告訴大家。 ● 2：介於1和3之間。4：介於3和5之間。6：介於5和7之間。8：介於7和9之間。 											

