

探討社區空氣品質評估指標模型

Exploring Community Air Quality Index Evaluation Model

陳國雄^{a*} 吳依潔^b 謝家祥^c

摘要

隨著科技的進步，導致空氣污染的問題越來越嚴重，已成為有關當局不得不重視的問題。在空氣污染源的改善上，以生活環境空氣品質的改善最受關注。環境空氣品質與人們生活息息相關，也是人們生活中最關心的問題。然而，若無基層社區參與，改善效果仍然有限。因此，為了加強空氣污染源的防治，本研究針對推動社區減碳及相關綠能計畫做為目標，以有效改善社區空氣品質。本研究透過文獻探討及專家訪談，將社區空氣品質改善策略分成三個構面及十二項準則，運用專家問卷的方式，透過訪談統整意見，再透過決策實驗室分析法找出關鍵因素，並建立評估模型以改善社區空氣品質改善策略的優先順序。研究結果發現三個構面中，構面的主要影響源是社會責任。在三個構面的準則中，分別為家庭種植、太陽能材料、低息融資政策為主要影響源的準則，因此研究結果對於提升社區空氣品質改善策略都具有理論和實務上的意義。

關鍵字：空氣品質、評估模型、決策實驗室分析法

ABSTRACT

The technological advancement has resulted in the increased severity of air pollution and a problem that must be addressed by relevant authorities. The improving air quality in everyday life is of great importance in prevention of air pollution. Environmental air quality is closely linked with the lives of people and is a topic that people care about the most. However, if the basic community does not participate in air pollution prevention, room for improvement will be limited. Thus, to improve the prevention of air pollution sources, the goal of this study is to promote community carbon reduction and related green energy plans to effectively improve community air quality. This study used reference review and expert interviews to divide community air quality improvement strategies into 3 dimensions and 12 criteria. Expert survey questionnaires and interviews were used to compile opinions. DEMATEL approach was then used to determine key factors and build an evaluation model to prioritize air quality improvement strategies for improving community air quality. The research result shows that in the 3 dimensions, the main source of influence is social responsibility. Of the criteria in the 3 dimensions, the main criteria were family planting, solar power material, and low-interest financing policy. Thus, the result of this study has a theoretical and practical meaning for strategies to improve community air quality.

Keywords : air quality, evaluation model, DEMATEL

1. 前言

隨著科技的進步，一次性的能源廢棄物排放日漸增加，導致空氣污染問題越來越嚴重，空氣污染使全世界大多數的人口健康遭受危害(關鍵

評論, 2018), 已成為各國政府不得不正視的問題。國際上許多國家莫不著眼於空氣污染源的防治，其中又以生活環境空氣品質的改善最為重要。環境空氣品質與人們生活息息相關，也是人們生活中最關心的問題。但是，若無基層社區參與，空氣品質改善的效果仍然有限。改善空氣品質應從

^a 正修科技大學企業管理系副教授 Email: kchen202@gmail.com

^b 正修科技大學經營管理研究所研究生 Email: g0938618033@gmail.com

^c 開南大學行銷學系助理教授 Email: jafferhsieh@mail.knu.edu.tw

* 通訊作者 Email: kchen202@gmail.com



社區的周遭環境中做起，也就是說，環保單位應該更關心社區空氣品質的改善內容，了解改善因素彼此之間的關聯性。

Hsueh & Cheng (2017)提出了一項名為「基於大數據的多準則決策模型在改善社區空氣品質中的應用」的架構，這套指標從多個方向提供了一個全面性的研究架構，包含碳封存、太陽能及社會責任等構面，以評估特定對象的空氣品質改善狀況。許多學者已經驗證了該問卷的適用性，或將其用於改善某個對象應用狀況。但是，這種工具的因素是相互影響的。而DEMATEL適合解決這個問題，可以生成有影響力的因果圖，每個因素之間的關係可以在因果圖中顯示。

為了增進空氣污染源的防治，台灣努力推動社區減碳及相關綠能計畫，地方也有計畫的實施各種社區減碳及相關綠能計畫方案，以有效改善社區空氣品質。地方政府持續進行社區減碳及相關綠能計畫，在社區減碳及相關綠能計畫改善角度的基礎上，提出了“節能減碳再創新高”的願景，希望創造一個新型的社區空氣品質的改善策略。本研究主要調查台灣南部社區空氣品質的改善情況，由於每年初春及冬季受到東北季風影響，將境外及全台中北部污染物往南部地區吹送，又因中央山脈阻隔影響污染物的消散，加上南部地區工廠林立污染排放累積，種種因素導致地區空氣品質不佳。先天的地理環境因素人力無法改善，若地區社區居民沒有節能減碳的環保意識，將使空氣污染更為嚴重，所以希望藉由社區居民的協助使社區空氣品質的改善程度不斷提升。

本研究透過採用DEMATEL來探討這個問題，探索社區如何系統地追蹤及改善問題的根源，並朝著改善社區空氣品質的目標邁進，確定了從系統層面改進以改善社區空氣品質和相關單位改善空氣品質的相互支持性策略。為實現這一個目標，本研究有兩個目標：(1)找出問題(即分析社區當前空氣品質並確定問題)，以及(2)為社區的持續改進提供建議。因此，本研究基於社區空氣品質改善策略的架構，提出了使用DEMATEL對社區空氣品質改善策略進行系統改進的建議。DEMATEL的使用者認為必須不斷優化準則以實現持續性的發展。系統地說，此模型強調只有透過探討影響源才能獲得真正的改善。如果不從整個系統的觀點考慮問題的話，問題是無法完全得到解決。因此，決策者透過使用該模型提出支持措施的基本策略，以確定幫助個案達到理想標竿的方法。

本文除前言外，文獻探討於第二大部分評述之；第三部分則為研究方法；實證分析則列於第四部分；最末部分為結論與建議。

2. 文獻探討

2.1 社區空氣品質改善相關文獻

上述改善社區空氣品質架構所提出的內容講述了資訊技術發展迅速，通過對相關大數據的分析，可以探討高碳排放的原因，並提出有效的解決方法。專家群共同商定了標準，顯示了有效減少社區空氣污染的三個指標：碳封存、太陽能和社會責任。

對於許多社區而言，鄰里空氣污染是一個長期存在的問題，進行以社區為基礎的空氣監測其主要動機是關注空氣污染健康風險(Commodore et al., 2017)。因此，規劃和管理綠色設施對淨化空氣和調節氣候的能力具有重要意義(Vieira et al., 2018)。發展綠色社區需要投資，投資可能來自地方政府補貼，但也需要銀行低息融資，這將有助於綠色社區的成功發展。實施綠色能源項目的創新解決方案在很大程度上取決於地方一級政策的支持、機構網絡的發展、個人家庭經濟狀況和生活條件(Soloviy et al., 2018)。社區組織獲得貸款後，可以開始執行綠色能源項目，在公共空間建立太陽能設施(Florio et al., 2018)以及植樹造林；經濟激勵措施推動了太陽能的採用，社區居民可以安裝太陽能或太陽能設施或綠色屋頂(Simpson, 2018)。社區居民的參與和認同，並且可以從減碳中獲得利益，進而將環境污染降到最低。宣傳節能措施有助於提高居民對節能措施的熟悉程度和對環境的關注，這會對減少都市空氣污染產生積極影響(Jia et al., 2018)。社區組織和居民的權力在指導、評估、補貼等理念下對社區節能政策的推廣具有重要影響，有助於形成共識，實現社區節能政策的推廣效果。綜合上述，因為空污問題在環境保護領域的影響情形日趨重要的原因，因此本文引用此文獻來做研究。

2.2. 社區空氣品質模式

本研究以Hsueh & Cheng (2017)為理論基礎所提出的模型架構指標說明如下。

2.2.1. 碳封存：細部內容分為四個部分，第一部分為公共空間種植、第二部分為家庭種植、第三部分為綠化屋頂、第四部分為節能裝置。(1)公共空間種植：現今節能減碳的應用方式，透過植物種植及各種減碳作為，社區居民可以進一步了解減碳對緩解空污的重要性。城市貢獻了全球溫室氣



體排放量的 80% 左右 (Martos et al., 2016)，許多城市正在制定政策，將綠化作為減少溫室氣體淨排放量的措施 (Velasco et al., 2016)。近年來，越來越多人關注環境問題，主張通過植樹來拯救地球以達到節能減碳，城市造林因其碳儲存潛力而成為減緩氣候變化的重要干預措施 (Locatelli et al., 2015)。樹木可以光合作用，吸收二氧化碳並釋放氧氣，這表明它們能有效減少空氣污染。植物具有通過光合作用隔離二氧化碳的能力，因此可以將碳儲存在植物和土壤中 (Fares et al., 2017)。(2) 家庭種植：屋頂農業也可以幫助解決氣候變化等的城市挑戰 (Orsini et al., 2017)，世界各地的城市農業和綠色屋頂的普及正在增加，使這些城市認識到多方面利益 (Sabeh, 2016)。居家屋頂也被認為是家庭種植的地方。屋頂農業可以與大多數人更熟悉的多種地下和溫室農業一樣多樣化 (Whittinghill & Starry, 2016)。(3) 綠化屋頂：為了達成「節能減碳」的目標，近幾年發展「綠色風潮」成為民眾生活的一部分。除了日常用品改良得更環保，「綠建築」更是大量出現，建築物的可持續發展趨勢需要新的建築系統來提高能源效率並友善環境 (Coma et al., 2016)。綠建築能效可以為能源短缺和碳排放提供關鍵解決方案，以及改善它們對我們生活環境的嚴重威脅 (Cao et al., 2016)。綠化屋頂在能源和二氧化碳減排、成本節約和改善建築使用者健康狀況方面具有顯著的效益 (Balaban & de Oliveira, 2017)。在屋頂上種植植物，大部份的綠色植物，經光合作用吸收二氧化碳，只要屋頂的植物持續成長，也就會繼續吸收二氧化碳。(4) 節能裝置：隨著都市化與工業化的發展，使得化石燃料大量採用，導致能源逐漸枯竭，並且衍生出地球暖化、氣候變遷等異常效應，因而讓節能減碳話題不斷延燒。在經濟全球化的背景下，選擇低碳節能的發展方式，是實現能源可持續性的必然選擇 (Hu, 2015)。能源的選擇不但攸關碳排放，更與空氣污染息息相關，對人類的健康有絕對影響 (財團法人國家政策研究基金會, 2018)。在各種環境因素中，能源效率對碳排放減排的影響最為明顯，而創新資源和知識創新在這方面也發揮著突出的作用 (Zhang et al., 2017)。

2.2.2. 太陽能：太陽能的應用方式，透過材料升級及能源的自給自足，社區居民可以進一步了解太陽能對減碳的重要性。細部內容分析如下，分為四個部分，第一部分為太陽能材料；第二部分為太陽能電力系統；第三部分為太陽能路燈及第四部分為太陽能熱水器。(1) 太陽能材料：全球自 2009 年以來採取的措施可以減少二氧化碳排放量，到 2030 年將減少 23 億噸，預計消費者成本將超過 5000 億美元 (Orr Jr, 2016)。基於全球空氣

污染、氣候和能源安全問題的嚴重性，世界能源基礎設施被要求大規模、幾乎立即轉變為 100% 清潔、可再生的零排放能源 (Jacobson et al., 2017)。清潔能源轉型需要新興能源儲存技術的創新、投資和部署戰略來共同演變。深度脫碳的能源系統需要材料科學在儲能系統方面的進步，以克服太陽能電力的間歇性與不確定性。同時，增加電池儲能市場和創新的政策可使清潔能源技術的成本降低。太陽能發電面臨的主要挑戰是電力供應與需求相匹配，若可以廣泛部署電力存儲設施並有著成熟的儲能技術，任何規模的太陽能電網都可以承受各種間歇性 (Pierpoint, 2016)。(2) 太陽能電力系統：由於社區是利於地方政策推廣的集體團體，通過社區發展，推行了多項改善環境質量的補貼政策。基層倡議對當地能源系統有重要影響，不僅僅是通過他們對當地能源政策實施的影響，而且最重要的是他們對當地能源轉型的具體願景的構建 (Blanchet, 2015)。「公民電廠」藉由社區推動讓更多人共同參與再生能源設置，強化地方與再生能源之鏈結，透過政策導引提供適當誘因及推動機制，帶動全民參與公民電廠設置，促進再生能源發展 (公民電廠資訊網, 2019)。如達魯瑪克部落藉由居民出力與廠商捐助，在活動中心、教會、社區巡守隊的屋頂，陸續架設太陽能板。利用太陽能替社區省下大筆電費，使居民實際感受太陽能的發電效益。在 2018 年正式登記成立綠能公司，成為全國第一家部落公民電廠 (環境資訊中心, 2019)。(3) 太陽能路燈：太陽能路燈是實現「綠色照明」的環保節能概念。綠色照明的內涵包含高效節能、環保、安全、舒適等 4 項指標，意味著以較少的能耗獲得足夠的照明，減少大氣污染物的排放，及不產生光污染的有害光照 (低碳永續家園資訊網, 2019)。太陽能路燈是可再生能源系統領域的重要產品之一，並且在許多國家電網供電不足的偏遠地區有著很大的重要性。除此之外，採用可再生能源系統已成為許多國家推動使用非傳統能源和保護環境的主要減少碳排放政策 (Bora & Pol, 2016)。現今太陽能路燈能夠在全球提供可靠、優質的照明，從而減少光貧困和戶外電氣照明的經濟和環境成本 (Ciriminna et al., 2017)。(4) 太陽能熱水器：太陽能是被廣泛使用的可再生能源之一，可以直接通過從太陽光或間接獲取能量來利用。太陽能熱水系統是太陽能的應用之一，太陽能集熱器和熱泵相結合的太陽能輔助熱泵系統已廣泛應用於各種用途，包括將水加熱 (Buker & Riffat, 2016)。隨著社區節能意識的推廣，居民對熱水的來源有了節能的觀念，從而安裝太陽能熱水器，減少瓦斯或電熱水器的使用。社區發展協會也會提供附近太陽能熱水器廠商的



相關資訊，輔導有意願民眾進行安裝(低碳永續家園資訊網，2019)。與傳統熱水器相比，太陽能熱水器不僅減少能耗並且產生了積極的減碳效應(Yoo, 2015)。

2.2.3. 社會責任：社區居民對改善生活環境品質的認同感及參與程度，將影響相關單位及社區政策的推行。本章節內容分四個部分，第一部分為資源再利用；第二部分為社區參與；第三部分為態度及第四部分為低息融資政策。(1)資源再利用：為維持人類生存及永續發展的條件，必須將資源循環再利用。「循環經濟」的概念越來越被視為解決一系列挑戰的解決方案，如減少廢物產生、解決資源稀缺和維持經濟效益(Geissdoerfer et al., 2017)。循環經濟旨在提高資源利用效率，特別關注城市和工業廢物，以實現經濟、環境和社會之間更好的平衡與和諧(Ghisellini et al., 2016)。綠色和可持續的能源供應鏈管理的實踐已經發展起來，試圖減少生產和消費過程所造成對環境的負面影響(Genovese et al., 2017)。循環經濟意味著在公司層面採用清潔生產模式，通過重新設計材料，產品，流程和商業模式，可以減少廢棄物的產生，並且可以循環再生和持續利用資源以達到價值最大化(Ghisellini et al., 2016)。(2)社區參與：綠色能源在許多人的想像中雖然為改善環境帶來一股助力，但是仍過於抽象。社區居民參與可以成為地方一級能源轉型的重要手段(Kalkbrenner & Roosen, 2016)。綠色能源的基礎設施不一定是由環保單位來主導，社區居民對改善生活環境品質的參與程度將轉化為可持續社區的發展框架(Cloutier & Pfeiffer, 2015)。如達魯瑪克部落藉由民間團體的再生能源及能源自主為目標的社區綠能計畫，舉辦社區綠能培訓營，邀請居民一起來認識自然環境和綠能發展，並在活動中心架設好示範的實體成果，利用教育與實體成果來提高居民對綠能的意識，透過實踐，體會到綠能計畫的可行性(善耕 HARVEST365 公益媒合平台, 2018)。(3)態度：發展社區為可再生能源的基礎，使社區走向低碳能源系統，社區居民是重要參與者。反過來，在社區層面，刺激並提高社區居民的綠能意識，能有效幫助可再生能源的建設(Bauwens, 2016)。社區能源組織通過提高社區居民的綠能意識和提供有關可持續性能源的投資信息來影響社區居民對綠色能源的認同感(Bauwens & Eyre, 2017)。通過直接參與，社區居民將更了解和認識可再生能源。因此，社區居民是能源轉化非常強大的推動者。對綠色能源的了解是促使居民積極發展綠能開始，並增強了他們在保護環境的同時還防止環境退化的意識(Mohd Suki, 2016)。(4)低息融資政策：德國為積極減少建築物的能耗，新

建築能耗如果能比一般建築更低，相關單位就會提供優惠利率貸款，鼓勵民眾買節能的房子(主婦聯盟環境保護基金會，2017)。可再生能源和能源效率被認為是實現減緩氣候變化目標的關鍵，然而，大規模部署低碳技術的投資缺乏龐大的資金(Geddes et al., 2018)。地方政府政策是關鍵點，確定價、優惠的稅收制度和補貼將鼓勵低碳技術的投資，地方政府對研發的支持和完善的財政政策將增加資金供應(Fabian, 2015)。在過去其他行業的變革中，地方政府的投資在能源轉型發揮了關鍵作用。在當前低碳能源供應的發展過程中，地方政府提供的融資在能源轉型中也是核心(Semieniuk & Mazzucato, 2019)。

3. 研究方法

3.1. 決策實驗室分析法

本研究探討社區空氣品質的評估指標模型，所採用的資料分析方法是DEMATEL(Gabus & Fontela, 1972)，此分析法可以將因素之間複雜的因果關係以視覺化的方式呈現出來(Liu, et al., 2015)。運算過程是採用矩陣與向量的原理推導出最後的結果，將因素區分為影響性因素和受影響性因素(Roy et al., 2018)。已經有大量文獻使用DEMATEL說明此方法的有效性與適用性，例如識別綠色供應鏈管理中關鍵因素(Wu & Chang, 2015)；分析醫院服務質量的關鍵成功因素(Roy et al., 2018)；第三方物流服務提供商面臨的風險之間的相互關係(Govindan & Chaudhuri, 2016)；施工現場職業風險分析(Seker & Zavadskas, 2017)；對乾旱地區緩解缺水的適應性政策應對措施(Azarnivand & Chitsaz, 2015)。因此本研究也選擇此種研究方法來分析社區空氣品質改善策略指標，並使用Microsoft Excel 2016版做為資料的分析軟體。

3.2. 決策實驗室分析法分析步驟

DEMATEL方法已廣泛運用於許多領域，在上述的文獻回顧中已列出學者運用此方法所做的一些研究，DEMATEL分析步驟可分成以下步驟。

3.2.1. 定義評估標準設計語意尺度

尺度主要是在描述影響程度的大小，用以表示指標之間相互影響的程度。本研究使用社區空氣品質指標，將其語意值的影響程度由小至大區分為0、1、2、3、4，即為「無影響(0)」、「低度影響(1)」、「中度影響(2)」、「高度影響(3)」、「極高度影響(4)」。DEMATEL所使用的關係矩陣資料透過專家小組的意見法取得，為取得各個



因素相互影響程度的資料，本研究設計問卷進行面對面訪談取得數據及意見。

3.2.2. 建立平均直接關係矩陣

專家小組依據準則影響程度大小填寫評估分數，產生直接關係矩陣。再將各評估者填答的結果進行平均，產生一個平均直接關係矩陣 A ， n 表指標個數，對角線部分設為0，如公式(1)所示。

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{i1} & \cdots & a_{ij} & \cdots & a_{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nj} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

3.2.3. 建立正規化關係矩陣

將矩陣 A 除以行列和最大值即可得正規化關係矩陣 X ，如公式(2)與(3)所示。

$$X = A/m \quad (2)$$

$$m = \max \left[\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n a_{ij}, \max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^n a_{ij} \right] \quad (3)$$

3.2.4. 建立總影響關係矩陣

獲得正規化關係矩陣之後，再透過公式(4)可獲得總影響關係矩陣 T 。

$$\begin{aligned} T &= X + X^2 + X^3 + \cdots + X^h \\ &= X(I + X + X^2 + \cdots + X^{h-1})(I - X)(I - X)^{-1} \\ &= X(I - X^h)(I - X)^{-1} \\ &= X(I - X)^{-1}, \text{ as } h \rightarrow \infty, X^h = [0]_{n \times n} \end{aligned} \quad (4)$$

3.2.5. 計算各準則影響與被影響總強度

將總影響關係矩陣 T 之每一個行與列分別加總，即可得出每列之總和 r 值與每行之總和 s 值，如公式(5)、(6)所示。其中 r 值表示該準則直接或間接影響其他準則影響的程度； s 值表示該準則被其他準則影響的程度。

$$r_i = \sum_{j=1}^n t_{ij}, (i = 1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

$$s_j = \sum_{i=1}^n t_{ij}, (j = 1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

3.2.6. 計算關聯度與影響度

根據所得之 r 及 s 值，分別計算 $(r+s)$ 、 $(r-s)$ 之值，其中 $(r+s)$ 代表準則的關聯度， $(r-s)$ 代表準則的影響度。將各準則的 $(r+s)$ 、 $(r-s)$ 之值在座標上繪製因果圖。

3.3. 研究問卷

本研究旨在瞭解社區空氣品質之關鍵影響因素，為達此研究目的，並將採用DEMATEL作完整之敘述及問卷設計及調查，作為後續運用分析社區空氣品質關鍵因素之依據來源，將蒐集之資料

進行分析，以獲得結果並提出建議，問卷內容，如表1所示。本章根據第二章之相關文獻探討，本研究採用的社區空氣品質指標的構面準則，如表1所示。

表 1 指標構面準則表

構面	準則
碳封存(D_1)	公共空間種植(C_{11})
	家庭種植(C_{12})
	綠化屋頂(C_{13})
	節能裝置(C_{14})
太陽能(D_2)	太陽能材料(C_{21})
	太陽能電力系統(C_{22})
	太陽能路燈(C_{23})
	太陽能熱水器(C_{24})
社會責任(D_3)	資源再利用(C_{31})
	社區參與(C_{32})
	態度(C_{33})
	低息融資政策(C_{34})

4. 實證分析

本研究以社區空氣品質影響指標為架構，針對某地區為研究探討對象。使用DEMATEL，對熟悉社區空氣品質的專家小組進行問卷調查，找出三個構面12個準則之間的關係結構來進行社區空氣品質影響之探討。根據 Delbecq et al.(1975) 的研究，專家群如為異質性小組成員至少需要5人以上。本研究之專家小組包含熟悉社區空氣品質之學術界教授1人及環保單位的資深人員4人，共5人，服務年資均在10年以上，訪談時間約為30至60分鐘。

4.1. 三大構面相互關聯影響分析

研究方法使用DEMATEL，邀請專家小組針對社區空氣品質影響因素進行問卷填答。

4.1.1. 建立平均直接關係矩陣及正規化關係矩陣

總共收集5份專家問卷，數值的大小代表著不同的意義，所獲得的數值越大，則表示此一因素影響另一因素的程度越大；反之，所獲得的數值越小，表示此一因素影響另一因素的程度越小。根據公式(1)以產生平均直接關係矩陣 A ，如表2所示。

4.1.2. 建立總影響關係矩陣及列行值的加總



根據公式(4)，得總影響關係矩陣 T 及根據公式(5)及(6)，得總影響關係矩陣之行列運算表，如表3所示。

4.1.3. 繪製因果圖

經由表3之行列和($r+s$)及行列差($r-s$)之數值，分別以($r+s$)為X軸，($r-s$)為Y軸，繪製構面因果圖，如圖1所示。可發現社會責任為總影響源，直接影響其他兩個因素，太陽能與碳封存。

4.2. 碳封存(D_1)構面相互關聯影響分析

針對碳封存(D_1)構面進行相互關聯影響分析，如下所述。

4.2.1. 建立平均直接關係矩陣及正規化關係矩陣

根據公式(1)以產生平均直接關係矩陣 A ，如表4所示。

4.2.2. 建立總影響關係矩陣及列行值的加總

根據公式(4)，得總影響關係矩陣 T 及根據公式(5)及(6)，得總影響關係矩陣之行列運算表，如表5所示。

4.2.3. 繪製因果圖

經由表5之行列和($r+s$)及行列差($r-s$)之數值，分別以($r+s$)為X軸，($r-s$)為Y軸，繪製因果圖，如圖2所示。可發現家庭種植為總影響源，直接影響其他三個因素，綠化屋頂、節能裝置與公共空間種植。

4.3. 太陽能(D_2)構面相互關聯影響分析

針對太陽能(D_2)構面進行相互關聯影響分析，如下所述。

4.3.1. 建立平均直接關係矩陣及正規化關係矩陣

根據公式(1)以產生平均直接關係矩陣 A ，如表6所示。

4.3.2. 建立總影響關係矩陣及列行值的加總

根據公式(4)，得總影響關係矩陣 T 及根據公式(5)及(6)，得總影響關係矩陣之行列運算表，如表7所示。

4.3.3. 繪製因果圖

經由表7之行列和($r+s$)及行列差($r-s$)之數值，分別以($r+s$)為X軸，($r-s$)為Y軸，繪製因果圖，如圖3所示。可發現太陽能材料為總影響源，直接影響其他三個因素，太陽能電力系統、太陽能熱水器與太陽能路燈。

4.4. 社會責任(D_3)構面相互關聯影響分析

針對社會責任(D_3)構面進行相互關聯影響分析，如下所述。

4.4.1. 建立平均直接關係矩陣及正規化關係矩陣

根據公式(1)以產生平均直接關係矩陣 A ，如表8所示。

4.4.2. 建立總影響關係矩陣及列行值的加總

根據公式(4)，得總影響關係矩陣 T 及根據公式(5)及(6)，得總影響關係矩陣之行列運算表，如表9所示。

4.4.3. 繪製因果圖

經由表9之行列和($r+s$)及行列差($r-s$)之數值，分別以($r+s$)為X軸，($r-s$)為Y軸，繪製因果圖，如圖4所示。可發現低息融資政策為總影響源，直接影響其他三個因素，態度、社區參與與資源回收。

表 2 平均及正規化關係矩陣

A	D_1	D_2	D_3	X	D_1	D_2	D_3
D_1	0.00	1.20	0.80	D_1	0.00	0.15	0.10
D_2	4.00	0.00	0.80	D_2	0.50	0.00	0.10
D_3	4.00	3.80	0.00	D_3	0.50	0.48	0.00

表 3 總影響關係矩陣之行列運算表

	D_1	D_2	D_3	r	s	$r+s$	$r-s$
D_1	0.20	0.25	0.14	0.59	1.81	2.40	-1.22
D_2	0.69	0.19	0.19	1.07	1.13	2.20	-0.06
D_3	0.93	0.69	0.16	1.78	0.49	2.27	1.28



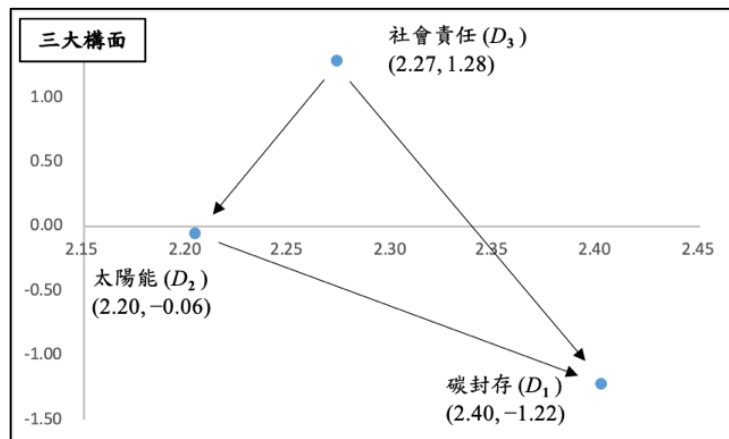


圖 1 構面因果圖

表 4 平均及正規化關係矩陣

<i>A</i>	<i>C</i> ₁₁	<i>C</i> ₁₂	<i>C</i> ₁₃	<i>C</i> ₁₄	<i>X</i>	<i>C</i> ₁₁	<i>C</i> ₁₂	<i>C</i> ₁₃	<i>C</i> ₁₄
<i>C</i> ₁₁	0.00	1.60	1.20	1.00	<i>C</i> ₂₁	0.00	0.21	0.15	0.13
<i>C</i> ₁₂	2.60	0.00	2.80	2.40	<i>C</i> ₂₂	0.33	0.00	0.36	0.31
<i>C</i> ₁₃	2.40	2.60	0.00	2.40	<i>C</i> ₂₃	0.31	0.33	0.00	0.31
<i>C</i> ₁₄	1.40	1.40	1.40	0.00	<i>C</i> ₂₄	0.18	0.18	0.18	0.00

表 5 總影響關係矩陣之行列運算表

	<i>C</i> ₁₁	<i>C</i> ₁₂	<i>C</i> ₁₃	<i>C</i> ₁₄	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>r</i> + <i>s</i>	<i>r</i> - <i>s</i>
<i>C</i> ₁₁	0.44	0.56	0.51	0.51	2.02	3.04	5.06	-1.01
<i>C</i> ₁₂	1.02	0.69	0.93	0.93	3.57	2.72	6.28	0.85
<i>C</i> ₁₃	0.97	0.91	0.64	0.91	3.42	2.63	6.06	0.79
<i>C</i> ₁₄	0.61	0.57	0.55	0.42	2.16	2.78	4.93	-0.62

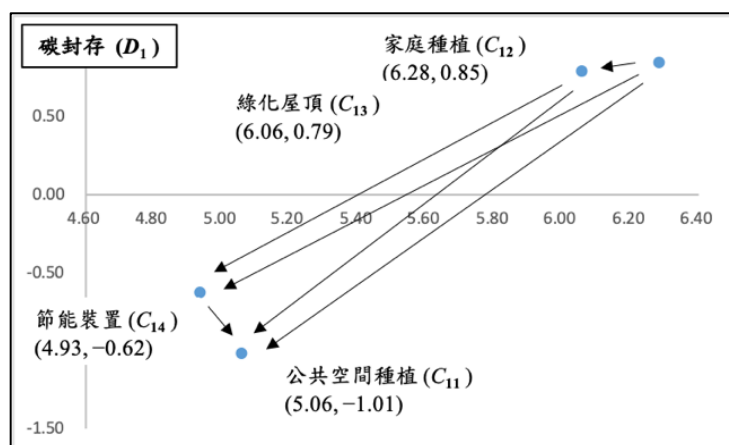


圖 2 碳封存(*D*₁)構面因果圖



表 6 平均及正規化關係矩陣

<i>A</i>	C_{21}	C_{22}	C_{23}	C_{24}	<i>X</i>	C_{21}	C_{22}	C_{23}	C_{24}
C_{21}	0.00	4.00	4.00	4.00	C_{21}	0.00	0.33	0.33	0.33
C_{22}	1.20	0.00	4.00	3.80	C_{22}	0.10	0.00	0.33	0.32
C_{23}	1.20	1.40	0.00	0.40	C_{23}	0.10	0.12	0.00	0.03
C_{24}	1.40	1.40	0.40	0.00	C_{24}	0.12	0.12	0.03	0.00

表 7 總影響關係矩陣之行列運算表

	C_{21}	C_{22}	C_{23}	C_{24}	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>r+s</i>	<i>r-s</i>
C_{21}	0.18	0.53	0.59	0.58	1.88	0.72	2.60	1.16
C_{22}	0.22	0.18	0.48	0.46	1.35	1.12	2.47	0.24
C_{23}	0.15	0.20	0.12	0.15	0.62	1.36	1.97	-0.74
C_{24}	0.17	0.21	0.16	0.13	0.66	1.32	1.99	-0.66

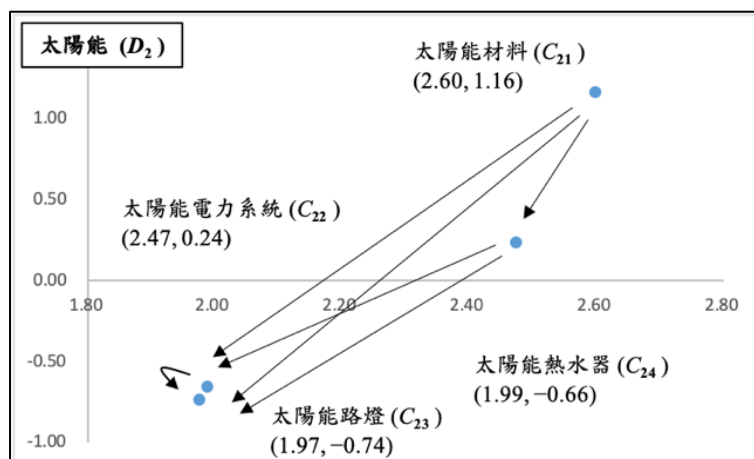


圖 3 太陽能(D_2)構面因果圖

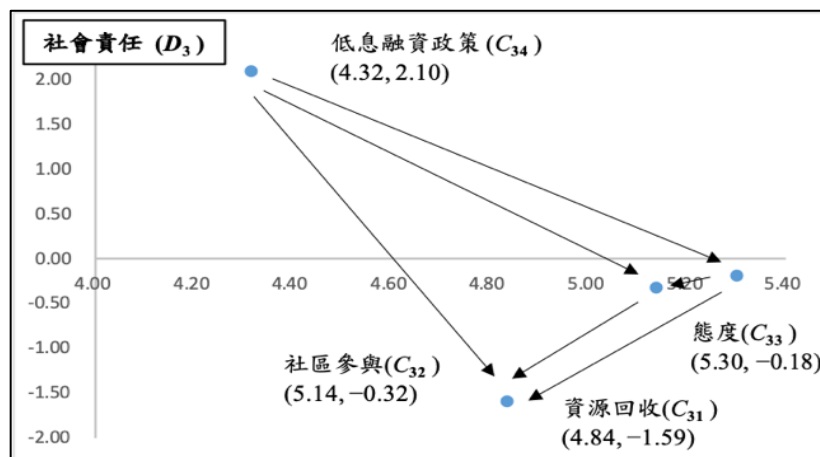
表 8 平均及正規化關係矩陣

<i>A</i>	C_{31}	C_{32}	C_{33}	C_{34}	<i>X</i>	C_{31}	C_{32}	C_{33}	C_{34}
C_{31}	0.00	1.80	2.20	1.00	C_{31}	0.00	0.16	0.20	0.09
C_{32}	3.80	0.00	3.60	1.00	C_{32}	0.34	0.00	0.32	0.09
C_{33}	3.80	4.00	0.00	1.20	C_{33}	0.34	0.36	0.00	0.11
C_{34}	3.60	3.80	3.80	0.00	C_{34}	0.32	0.34	0.34	0.00

表 9 總影響關係矩陣之行列運算表

	C_{31}	C_{32}	C_{33}	C_{34}	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>r+s</i>	<i>r-s</i>
C_{31}	0.41	0.48	0.51	0.22	1.62	3.21	4.84	-1.59
C_{32}	0.86	0.51	0.75	0.29	2.41	2.73	5.14	-0.32
C_{33}	0.90	0.80	0.54	0.32	2.56	2.74	5.30	-0.18
C_{34}	1.05	0.94	0.94	0.28	3.21	1.11	4.32	2.10



圖 4 社會責任(D_3)構面因果圖

5. 結論與建議

社區空氣品質改善策略的影響因素很多，因素之間彼此相互影響，獨立性假設難以呈現整個系統真實的影響機制。本研究根據社區空氣品質改善策略的影響構面以碳封存、太陽能及社會責任三構面為理論架構，利用文獻回顧將三構面之相關論述整理歸納，應用DEMATEL方法計算影響程度值，建構影響因素的系統結構模型，以確定影響因素、被影響因素和關鍵因素。以對該議題有相當程度了解之環保單位及該領域學者做為訪問對象，透過面對面問卷填寫的方式，獲得受訪者對於本研究提出的社區空氣品質改善策略構面與準則之看法。由於改進這些因素耗時且耗費資源，因此辨識關鍵影響因素對於提升社區空氣品質改善的效果具有持續與穩定的效果。

5.1. 社區空氣品質因素的影響結構模型

經由實證分析發現三構面影響的由大至小依序為社會責任、太陽能、碳封存；社會責任構面的準則影響力由大至小依序為低息融資政策、態度、社區參與、資源再利用；太陽能構面的準則影響力由大至小依序為太陽能材料、太陽能電力系統、太陽能熱水器、太陽能路燈；碳封存構面的準則影響力由大至小的優先順序為家庭種植、綠化屋頂、節能裝置、公共空間種植。

5.2. 管理意涵

本研究結果與Hsueh & Cheng(2017)所提出之改善社區空氣決策模型的結果相符。社會責任構面的影響源是低息融資政策。社區參與能源轉型及發展綠能計畫，都需要有完善的規劃。相關部門可以透過改善綠色能源獎勵措施，鼓勵社區民眾追求綠色能源改善空氣品質。一旦地方政府提

供優惠利率貸款的意願提升，則民眾追求綠色能源的意願也會相對提升。因此，地方政府應考慮在財政資源允許的情況下，提供銀行優惠利率貸款或補助以提升民眾對追求綠色能源的意願。本研究建構社區空氣品質評估指標模型並提出改善策略。因社區空氣品質改善策略的指標諸多，若未來有其他研究學者進行進一步深入的研究，可以朝向更廣泛的改善面向進行評估比較；抑或是結合其他研究方法從不同的角度探討問題做更廣泛的探討。

參考文獻

1. Azarnivand, A., & Chitsaz, N. (2015). Adaptive policy responses to water shortage mitigation in the arid regions—a systematic approach based on eDPSIR, DEMATEL, and MCDA. *Environmental monitoring and assessment*, 187(2), 23.
2. Balaban, O., & de Oliveira, J. A. P. (2017). Sustainable buildings for healthier cities: assessing the co-benefits of green buildings in Japan. *Journal of cleaner production*, 163, S68-S78.
3. Bauwens, T., & Eyre, N. (2017). Exploring the links between community-based governance and sustainable energy use: Quantitative evidence from Flanders. *Ecological Economics*, 137, 163-172.
4. Bauwens, T. (2016). Explaining the diversity of motivations behind community renewable energy. *Energy Policy*, 93, 278-290.
5. Blanchet, T. (2015). Struggle over energy transition in Berlin: how do grassroots initiatives



- affect local energy policy-making?. *Energy Policy*, 78, 246-254.
6. Bora, S. A., & Pol, P. V. (2016, August). Development of solar street lamp with energy management algorithm for ensuring lighting throughout a complete night in all climatic conditions. In 2016 International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT) (Vol. 2, pp. 1-5). IEEE.
 7. Buker, M. S., & Riffat, S. B. (2016). Solar assisted heat pump systems for low temperature water heating applications: A systematic review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 399-413.
 8. Cao, X., Dai, X., & Liu, J. (2016). Building energy-consumption status worldwide and the state-of-the-art technologies for zero-energy buildings during the past decade. *Energy and buildings*, 128, 198-213.
 9. Ciriminna, R., Meneguzzo, F., Albanese, L., & Pagliaro, M. (2017). Solar street lighting: a key technology en route to sustainability. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, 6(2), e218.
 10. Cloutier, S., & Pfeiffer, D. (2015). Sustainability through happiness: A framework for sustainable development. *Sustainable Development*, 23(5), 317-327.
 11. Coma, J., Pérez, G., Solé, C., Castell, A., & Cabeza, L. F. (2016). Thermal assessment of extensive green roofs as passive tool for energy savings in buildings. *Renewable energy*, 85, 1106-1115.
 12. Commodore, A., Wilson, S., Muhammad, O., Svendsen, E., & Pearce, J. (2017). Community-based participatory research for the study of air pollution: a review of motivations, approaches, and outcomes. *Environmental monitoring and assessment*, 189(8), 378.
 13. Delbecq, A. L., Van de Ven, A. H., & Gustafson, D. H. (1975). Group techniques for program planning: A guide to nominal group and Delphi processes. Scott, Foresman,
 14. Fabian, N. (2015). Economics: Support low-carbon investment. *Nature News*, 519(7541), 27.
 15. Fares, S., Paoletti, E., Calfapietra, C., Mikkelsen, T. N., Samson, R., & Le Thiec, D. (2017). Carbon sequestration by urban trees. In *The Urban Forest* (pp. 31-39). Springer, Cham.
 16. Florio, P., Probst, M. C. M., Schüler, A., Roecker, C., & Scartezzini, J. L. (2018). Assessing visibility in multi-scale urban planning: A contribution to a method enhancing social acceptability of solar energy in cities. *Solar Energy*, 173, 97-109.
 17. Gabus, A., & Fontela, E. (1972). World problems, an invitation to further thought within the framework of DEMATEL. Switzerland, Geneva: Battelle Geneva Research Centre.
 18. Geddes, A., Schmidt, T. S., & Steffen, B. (2018). The multiple roles of state investment banks in low-carbon energy finance: An analysis of Australia, the UK and Germany. *Energy Policy*, 115, 158-170.
 19. Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy—A new sustainability paradigm? *Journal of cleaner production*, 143, 757-768.
 20. Genovese, A., Acquaye, A. A., Figueroa, A., & Koh, S. L. (2017). Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications. *Omega*, 66, 344-357.
 21. Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner production*, 114, 11-32.
 22. Govindan, K., & Chaudhuri, A. (2016). Interrelationships of risks faced by third party logistics service providers: A DEMATEL based approach. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 90, 177-195.
 23. Hsueh, S. L., & Cheng, A. C. (2017). Improving air quality in communities by using a multicriteria decision-making model based on big data: A critical review. *Applied Ecology and Environmental Research*, 15(2), 15-31.
 24. Hu, Z., Rao, C., Zheng, Y., & Huang, D. (2015). Optimization decision of supplier selection in green procurement under the mode of low carbon economy. *International Journal of computational intelligence systems*, 8(3), 407-421.
 25. Jacobson, M. Z., Delucchi, M. A., Bauer, Z. A., Goodman, S. C., Chapman, W. E., Cameron, M. A., & Erwin, J. R. (2017). 100% clean and renewable wind, water, and sunlight all-sector



- energy roadmaps for 139 countries of the world. *Joule*, 1(1), 108-121.
26. Jia, J. J., Xu, J. H., & Fan, Y. (2018). Public acceptance of household energy-saving measures in Beijing: Heterogeneous preferences and policy implications. *Energy Policy*, 113, 487-499.
 27. Kalkbrenner, B. J., & Roosen, J. (2016). Citizens' willingness to participate in local renewable energy projects: The role of community and trust in Germany. *Energy Research & Social Science*, 13, 60-70.
 28. Liu, Z., Zhang, L., Gong, G., Li, H., & Tang, G. (2015). Review of solar thermoelectric cooling technologies for use in zero energy buildings. *Energy and Buildings*, 102, 207-216.
 29. Locatelli, B., Catterall, C. P., Imbach, P., Kumar, C., Lasco, R., Marin-Spiotta, E., ... & Uriarte, M. (2015). Tropical reforestation and climate change: beyond carbon. *Restoration Ecology*, 23(4), 337-343.
 30. Martos, A., Pacheco-Torres, R., Ordóñez, J., & Jadraque-Gago, E. (2016). Towards successful environmental performance of sustainable cities: Intervening sectors. A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 479-495.
 31. Mohd Suki, N. (2016). Green product purchase intention: impact of green brands, attitude, and knowledge. *British Food Journal*, 118(12), 2893-2910.
 32. Orr Jr, F. M. (2016). Addressing Climate Change with Clean Energy Technology. *ACS Energy Letters*, 1(1), 113-114.
 33. Orsini, F., Dubbeling, M., De Zeeuw, H., & Gianquinto, G. (Eds.). (2017). *Rooftop urban agriculture*. Cham: Springer.
 34. Pierpoint, L. M. (2016). Harnessing electricity storage for systems with intermittent sources of power: Policy and R&D needs. *Energy Policy*, 96, 751-757.
 35. Roy, J., Adhikary, K., Kar, S., & Pamucar, D. (2018). A rough strength relational DEMATEL model for analysing the key success factors of hospital service quality. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 1(1), 121-142.
 36. Sabeh, N. (2016). Rooftop plant production systems in urban areas. In *Plant factory* (pp. 105-111). Academic Press.
 37. Seker, S., & Zavadskas, E. (2017). Application of fuzzy DEMATEL method for analyzing occupational risks on construction sites. *Sustainability*, 9(11), 2083.
 38. Semieniuk, G., & Mazzucato, M. (2019). Financing green growth. In *Handbook on Green Growth*. Edward Elgar Publishing.
 39. Simpson, G. (2018). Looking beyond incentives: the role of champions in the social acceptance of residential solar energy in regional Australian communities. *Local Environment*, 23(2), 127-143.
 40. Soloviy, I., Gurung, A. B., Melnykovich, M., Hewitt, R. J., Maksymiv, L., & Bihun, Y. (2018, October). Stakeholders' attitudes towards green energy innovations as a prerequisite to successful implementation: international experience and lessons learned in the Ukrainian Carpathians. In *5th Forum Carpathicum* (pp. 64-65).
 41. Velasco, E., Roth, M., Norford, L., & Molina, L. T. (2016). Does urban vegetation enhance carbon sequestration? *Landscape and urban planning*, 148, 99-107.
 42. Vieira, J., Matos, P., Mexia, T., Silva, P., Lopes, N., Freitas, C., ... & Pinho, P. (2018). Green spaces are not all the same for the provision of air purification and climate regulation services: The case of urban parks. *Environmental Research*, 160, 306-313.
 43. Whittinghill, L., & Starry, O. (2016). Up on the roof: considerations for food production on rooftops. In *Sowing Seeds in the City* (pp. 325-338). Springer, Dordrecht.
 44. Wu, H. H., & Chang, S. Y. (2015). A case study of using DEMATEL method to identify critical factors in green supply chain management. *Applied Mathematics and Computation*, 256, 394-403.
 45. Yoo, J. H. (2015). Evaluation of solar hot water heating system applications to high-rise multi-family housing complex based on three years of system operation. *Energy and Buildings*, 101, 54-63.
 46. Zhang, Y. J., Peng, Y. L., Ma, C. Q., & Shen, B. (2017). Can environmental innovation facilitate carbon emissions reduction? Evidence from China. *Energy Policy*, 100, 18-28.
 47. 關鍵評論(2018)。每年 700 萬人致死、數十億人受害，世界衛生組織警告：空氣污染是這世



- 紀的「新種香菸」。2019年1月13日，檢自：
<https://www.thenewslens.com/article/106995>
48. 財團法人國家政策研究基金會(2018)。台灣空
污問題與防治政策。上網日期:2019年7月12
日，檢自：<https://www.npf.org.tw/2/18414>
49. 公民電廠資訊網(2019)。推動公民電廠設置。
上網日期:2019年8月3日，檢自：
<https://www.cre.org.tw/>
50. 環境資訊中心(2019)。綠能種子在部落 偏鄉
公民電廠的成功關鍵。上網日期:2019年8月
3日，檢自：<https://e-info.org.tw/node/218078>
51. 低碳永續家園資訊網(2019)。【專家知識】何
謂綠色照明。上網日期:2019年8月3日，檢
自：
<https://lcss.epa.gov.tw/LcssViewPage/Responsive/ActResDetail.aspx?id=700E5E8BB104FFA7B71FBB8B0A91268A53B867BB44B235BA37BAEE2D4D4F0593CAF392B7E34AA795>
52. 善耕 HARVEST365 公益媒合平台(2018)。台
灣第一個發展綠能社區的部落，用太陽能點
亮祭典、延續傳統。上網日期:2019年7月13
日，檢自：
<https://www.harvest365.org/posts/5356>
53. 主婦聯盟環境保護基金會(2018)。拿回能源自
主權 建立零碳排社區：簡介澳洲希勒斯維爾
社區。上網日期:2019年7月13日，檢自：
<https://www.huf.org.tw/essay/content/4272>

