

學術論著

台灣核電廠對於周邊房屋價格之影響

The Impact of Taiwan's Nuclear Power Plants on Surrounding Residential Property Prices

林楚雄* 洪志興** 葉鳳樞*** 戴庭薇****

Chu-Hsiung Lin*, Chih-Hsing Hung**, Feng-Hua Yeh***, Ting-Wei Dai****

摘要

本研究以台灣新北市核二廠為例，探討核電廠設置對周邊住宅價格的影響。首先，以普通最小平方法(OLS)檢驗房屋內在屬性、格局及距離核電廠遠近對成交價格(取自然對數)的影響；次之，引入10、20、30公里範圍的虛擬變數以比較不同距離帶內房價差異；最後，運用地理加權迴歸(GWR)模型控制空間異質性，以揭示各地區的局部效應。研究證實，核電廠作為一種負面外部性，對周邊房價具有顯著影響，但其程度會因地理位置與市場條件而異。本研究結果可為政府在核能設施規劃與地方補償政策制定提供實證依據。

關鍵詞：核電廠、房價、特徵價格法、地理加權迴歸(GWR)、空間異質性

ABSTRACT

This study examines the impact of a nuclear power plant on nearby residential property values, using Taiwan's Second Nuclear Power Plant (NPP2) in New Taipei City as a case study. An initial ordinary least squares (OLS) regression assesses the effects of intrinsic housing attributes, layout, and distance from the plant on logarithmic transaction prices. We further introduce dummy variables for proximity bands at 10 km, 20 km, and 30 km to compare price differentials across distance ranges. Finally, geographically weighted regression (GWR) addresses spatial heterogeneity by estimating local coefficients. Our findings confirm that nuclear power plants impose a notable negative externality on surrounding housing markets, with effects modulated by geographic and market contexts. These insights offer empirical guidance for policymakers in nuclear facility siting and local compensation strategies.

Key words: Nuclear Power Plant, Housing Prices, Hedonic Pricing Method Geographically Weighted Regression (GWR), Spatial Heterogeneity

(本文於於2025年5月22日收稿，2025年11月10日審查通過，實際出版日期2026年6月)

- * 國立高雄科技大學財務管理系教授
Professor, Department of Finance, National Kaohsiung University of Science and Technology, Kaohsiung Taiwan.
- ** 通訊作者，國立高雄科技大學金融系教授，E-mail: hunpeter65@nkust.edu.tw.
Professor, Department of Money and Banking, National Kaohsiung University of Science and Technology, Kaohsiung Taiwan. Corresponding Author. E-mail: hunpeter65@nkust.edu.tw.
- *** 國立高雄科技大學管理學院博士候選人
Ph.D. Candidate, College of Management, National Kaohsiung University of Science and Technology, Kaohsiung Taiwan.
- **** 國立高雄科技大學金融所碩士
Master of Money and Banking, National Kaohsiung University of Science and Technology, Taiwan.

一、緒論

核能發電(Nuclear Power Plant)長期以來在已開發國家與開發中國家皆為備受關注與爭論的議題之一。核能係指透過連鎖核分裂反應所產生之能量進行發電，具有低碳排放與穩定持續供電等優勢。但是民眾對核廢料處理方式及居住安全風險的疑慮，常使核電廠周邊地區的居民接受度降低，並對當地市場價值產生外部性影響。

根據台灣電力公司記載，1960年台灣經濟快速發展，電力需求逐漸增加，主要電力已從水力轉為火力發電。然而火力發電之燃料仰賴進口，為確保穩定供應台灣所需之電力，於1970年核准興建台灣第一座核電廠，並將核能發電列為「十大建設」之一，以支應國家經濟發展所需之電力。根據國際原子能總署(IAEA)截至2009年世界核能協會(WNA)資料顯示，核電於全球發電之比例從1960年1%上升到1986年16%，且1986年至2005年間維持穩定。在台灣核一、核二、核三廠先後投入運轉，而位於新北市萬里區的核二廠，由於鄰近人口稠密地區，且除役之時程相較其他核電廠延後，成為本研究觀察核能設施外部性影響的代表性案例。隨著核二廠於2023年正式除役，其周邊土地利用、居住安全認知及地價變動等議題，再度引發社會的討論。

而經濟部能源局於2023年發布之全國電力資源供需報告，提出考慮到新興產業(如AI人工智慧技術)的需求持續擴張下，預測半導體產業之電力需求將成為主要的推動力，因此經濟部能源局預估未來國內用電需求將持續增長，且預計2023年至2029年國內用電需求年均成長率約為2.03%。但由於台灣在國際能源供需情勢下受於一定限制，此趨勢將會對於台灣帶來能源轉型之挑戰，應確保採取措施可帶來持續的能源供應及國家安全。

中央研究院「淨零科技計畫管理」(2025)指出，隨著全球推動淨零排放目標的趨勢，電力部門轉型為生產無碳電力已成為達成2050年淨零排放的重要策略之一。但僅依賴再生能源的快速發展，欲在2050年前實現全面淨零排放仍面臨顯著挑戰。在此能源轉型的脈絡下，核能技術重新受到國際關注。憑藉其高能量轉換效率、低碳排放特性與穩定供電能力，核能被視為未來能源結構中不可或缺的組成要素。

近年台灣對核四重啟、核電延役及能源轉型等議題的討論再度升溫，使核能政策與其社會影響重新受到關注。核能雖具低碳排放與穩定供電等優勢，但其潛在風險與社會接受度爭議，特別是居民對輻射風險、核廢料處理與居住安全等，可能會透過市場機制反映於房屋價格，形成外部性效應。因此本研究主要探討核電廠對於周邊房屋是否會造成影響，以及將房屋距離核電廠之距離分為10公里、20公里及30公里，研究距離核電廠遠近所影響房屋價格之差異，以台灣之核二廠為例，是否周邊房價會受到核電廠之影響。

二、文獻探討

(一) 台灣用電及空汙之研究背景

火力發電長期以來為全球電力供應的主要來源之一，主要透過燃燒煤炭、天然氣或石油產生電能，亦被認為是空氣污染物排放的主要來源(IEA, 2000)。在全球氣候的治理部分，於2015年時聯合國通過「2030年永續發展議程」之全球行動計畫(United Nations General Assembly, 2015)，大多數國家通過「巴黎氣候協定」，目的在於控制全球暖化，減少對環境

之不良影響，並促進可持續發展之目標。根據行政院環保署之資料，台灣向國際社會承諾，目標在2005年至2030年將溫室氣體排放量減少20%。然而Tsai(2022)指出目前全球努力減少碳排放，但台灣仍依賴成本較低的火力發電，且已證實位於都市地區之火力發電廠通常是排放PM_{2.5}、SO₂、NO_x為空汙最大的來源(Chuang et al., 2024)。

大量的空氣污染不僅對環境品質造成重大衝擊，亦對人體健康產生風險，Gurjar et al.(2016)及Hendryx et al.(2020)指出，預計至2030年因火力發電廠污染導致的過早死亡將增加2至3倍，氣喘病例數約達4,270萬例。研究亦顯示，長期經濟發展及能源消耗造成之空氣汙染會造成身體上的負面影響(Ebenstein et al., 2017)、慢性呼吸道疾病(Zafirah et al., 2021)，甚至是憂鬱之心理健康(Zhang et al., 2017)皆具有顯著關聯，其火力發電方式需要燃燒煤炭，而產生的二氧化硫(SO₂)會增加呼吸系統疾病之死亡率(Chen et al., 2021; Orellano et al., 2021)。而Vig et al.(2023)亦研究發現，火力發電廠所產生的汙染物，對空氣及水質會造成負面影響，導致環境風險及人體健康之風險存在密切關聯，因此需要科學與醫學領域共同干預，提高社會福祉及解決公眾關注之議題。

在不動產方面，環境品質已被證實是影響住宅價格的關鍵之一。Wang et al.(2022)認為隨著綠色生態意識增強，居民對於住宅周圍之空氣品質備受重視，其亦開始關注到PM_{2.5}之危害，檢視自己所居住之地方是否會受到空氣汙染之影響，降低預期房價。許多研究發現空氣汙染與房屋價格之間呈現負統計顯著性(Kim et al., 2003; Chay & Greenstone, 2005; Cohen & Coughlin, 2008; Hitaj et al., 2018; Wang et al., 2022)。Chen & Chen(2017)研究中國空氣汙染對於房價之影響，發現PM_{2.5}每增加1g/m³，房屋價格便會下降約人民幣46元/m²。進一步的研究亦揭示火力發電廠與住宅價格的空間關聯性，He & Collins(2020)針對廣州市之不動產市場研究發現，空氣汙染對於房屋價格會造成下降之影響，Chen et al.(2018)以上海之房屋價格作為研究樣本，量化分析後了解消費者對於空氣汙染嚴重地區之房屋的邊際支付意願會降低。Tsai(2022)探討台灣中部之火力發電廠對於周邊房屋價格之影響，利用實證數據資本化空氣汙染之隱性成本，結果指出距離火力發電廠之距離越近對房屋價格有顯著下降之影響，並且提出距離15公里範圍內之火力發電廠會造成房屋價格下降約25%。

(二) 核能發電

核能發電因其在低碳轉型與能源安全中的重要角色，長期以來一直是全球能源政策與學術研究關注的焦點。相較於火力發電，核能在發電過程中不會產生二氧化碳、二氧化硫或氮氧化物等主要溫室氣體，被視為兼具高能量轉換效率與環境友善的「清潔能源」(Wang et al., 2022)。Jin et al.(2023)認為在滿足能源需求又能保護生態的前提下，核能發電是做為氣候變遷以及緩和全球暖化的關鍵能源之一；Kartal et al.(2023)亦提出若使用能源多增加核能、太陽能與風能可以增強美國、法國和俄羅斯實現碳中的目的及確保永續未來的潛力。

核能具有顯著的环境效益，但社會接受度仍存在爭議，Hassan et al.(2020)表示學術界及能源政策之研究領域皆接受核能發電可以減少CO₂排放，能夠有效的進行減碳之政策，根據Iwata et al.(2010)以及Azam et al.(2023)研究發現核能發電可以減少法國的CO₂排放，且提高空氣品質。但核能發展的推進不僅取決於技術與政策，更受到社會接受度的制約，Kim et al.(2014)指出政府對於核能發電計畫實施的關鍵在公眾對於核能接受之程度。尤其自2011年福島核災後，

社會對核能的支持明顯下降(Shimura et al., 2015 ; Pinto et al., 2021) , 且在當年調查結果顯示, 約41%至54%的日本民眾支持廢除核電或減少核電廠數量(Kyodo News, 2011 ; Wallace, 2011 ; Yamada, 2011) 。

核能發電的社會爭議不僅源自對事故風險的擔憂, 也來自對核廢料處理與長期安全管理的信任問題。Whitfield et al.(2009)指出, 核電廠若設於居民居住區附近, 往往難以獲得大眾接受, 反對意見主要集中於輻射風險、核廢料處理與機構信任等層面。Alzahrani et al.(2023)以沙烏地阿拉伯的人民做核電廠設廠為例發現, 居民希望核電廠建在城市範圍之外, 且要離城市夠近, 讓居民相信核電廠反而可以創造更多就業機會。

此外, 核能潛在風險不容忽視, 研究指出⁹⁰Sr、¹³⁴Cs及¹³⁷Cs三種主要之放射性核種在核事故中被認定對於人體健康會產生嚴重之影響(Christodouleas et al., 2011 ; Steinhauser et al., 2015 ; Sulaiman et al., 2018) 。Napier(2004)使用基本的高斯擴散模型(Gaussian dispersion model)評估出, 放射性物質在20公里範圍內的擴散與濃度可被有效預測; Zubair et al.(2022)則研究證實燃料中釋放的放射性核種的數量及輻射劑量會對於人體產生癌症之風險。此外, 核電廠運作過程中釋放各種流出物, 包括氣態及液態形式之放射性物質(Delgarm et al., 2020) , 也可能進一步加深社會對安全風險的憂慮, 並引發「污名化」(stigma)效應, Link & Phelan(2001)將污名化定義為標籤化、刻板印象與社會排斥的綜合結果, 而這種負面社會認知會對居住決策與地區吸引力產生長期影響。

儘管核能發電存在風險與社會爭議, 仍有部分學者與環保團體支持其發展。Lovelock(2007)認為, 核能有助於減少溫室氣體排放並避免全球暖化; Adamantiades & Kessides(2009)則指出, 核能發電與火力燃料發電相比, 核能發電有顯著的环境效益, 在正常運作下, 核電廠幾乎不產生空氣污染物, 避免了火力發電廠主要排放出的粒狀物、二氧化硫、氮氧化物和各種重金屬, 減少對環境造成的負面影響。因此核能發展已不僅是技術與政策問題, 更涉及污名化效應、社會接受度與外部性對不動產市場之影響, 其為本研究探討核電廠對房價之影響提供重要理論之基礎。

(三) 污名化效應

先前有多位學者研究污名化, 其作為一種社會心理現象, 長期以來受到社會學、公共衛生與不動產研究的廣泛關注。Link & Phelan(2001)將污名化定義為「標籤化、刻板印象、分離、地位喪失與歧視的共同出現」, 並指出這些特徵構成了污名化的核心概念。污名化的產生通常源於社會對某些群體或事物的負面認知, 將其視為「異常」或「具威脅性」的存在, 並因此貼上否定性的標籤。這種標籤化不僅會造成社會關係的疏離與地位下降, 還可能對受影響者的生活造成持續而深遠的困境(Hatzenbuehler et al., 2013 ; Krieger, 2014 ; Link & Phelan, 2014) 。

Mejia-Lancheros et al.(2021)指出, 污名化的影響不僅會造成人們健康之影響, 亦會使社會環境呈現負面作用, Mei et al.(2021)亦強調, 基礎建設若涉及環境風險即會造成污名化效應, 而引起居民反對, 所以這些社會基礎建設更加需要額外規劃, 用以減少因為居民與土地用途之衝突而引發的問題。

在不動產市場中，污名化效應與房屋價格之間存在顯著影響，Valverde(2012)認為污名化會與房屋品質產生連結，導致有些特定房屋可能比其他房屋更容易受到市場的排斥，進而影響到交易價格及投資人之投資意願。Kirkness & Tijé-Dra(2017)提出，當一個社區被認為不良或存在負外部性，該地區會受到污名化效應，即使該區域本身可能未存在實質風險，也可能因形象受損而導致房屋價值下跌。Patchin(1994)進一步補充，雖然污名化對市場的影響通常並非永久，人們會隨著時間推移與對於財產的風險擔憂消退，價值會逐漸恢復及穩定，但短期衝擊仍不容忽視。

除了環境設施外，住宅政策本身亦可能成為污名化效應的觸發來源。胡志平、林帝佑(2013)以政府推行的「國民住宅」為例指出，該政策雖以協助弱勢群體解決居住問題為初衷，但大量同質性居民的集中居住，往往伴隨貧窮次文化與犯罪率上升等社會問題，進而對周邊社區產生負面外部性。此現象不僅加劇了城市空間的社會隔離(social segregation)，也使這些地區被貼上「低階社區」的負面標籤，其研究顯示，標籤化程度愈高，社區內部居民背景愈趨一致，雖可能提升社區意識與參與度，但同時反映出高度的社會排他性。此種標籤效應不僅影響居民對該區域的居住偏好與購屋意願，也會進一步反映在不動產價格上，成為市場評價的重要決定因素。

核電廠的開發與核廢料處置是另一典型的污名化觸發來源。Flynn & Slovic(1995)的研究顯示，美國政府在考慮將尤卡山(Yucca Mountain)作為高放射性廢料處置場時，全國調查結果顯示，該政策降低該地區的居住吸引力，甚至阻止民眾前往該州。此現象表示，即使核電廠本身具備能源效益，但其社會形象仍可能導致地區價值下降。Tanaka & Zabel(2018)針對美國不動產市場在福島核事故後房屋價格之變化，其結果顯示，民眾對於核事故可能性之看法，導致核電廠2公里範圍內之房屋價格下降10%至20%，核電廠2至4公里範圍內的房屋價格下降3至5%，但其影響效果是暫時的，約在福島核事故發生後約6個月房屋價格下跌影響皆會觸底，甚至恢復到基線水平。污名化效應是一種從社會心理層面向經濟市場傳導的過程，其起點可能來自於對設施的負面認知，進而轉化為居住偏好與投資行為的改變，最終反映在調整不動產市場價格上。

(四) 房價衡量外部性影響

外部性(Externality)係指經濟行為對未直接參與者所產生的非市場性影響，並會透過不動產價格反映於市場之中。Rosen(1974)提出的特徵價格法(Hedonic Pricing Method, HPM)，其是一種利用顯示特徵定價模型(HPM)偏好之方法，用於衡量市場為了避免負面外部性或受益於正面外部性而付出的支付意願(WTP)，此方法已被廣泛應用於都市與非都市地區的不動產研究，Eshet et al.(2006)進一步運用特徵價格法指出，透過外部性對生態系統與居民生活影響之評估，可作為判斷環境政策是否符合民眾偏好的重要依據。

以往之多數研究利用特徵價格理論計算出有關鄰避設施之外部性，且研究結果顯示出距離鄰避設施之距離與不動產價值之間呈現負向關係，表示距離鄰避設施越近，房價會越低(Boyle & Kiel, 2001; Hite et al., 2001; Chen & Jim, 2010; Grislain-Létrémy & Katosky, 2014; Yue et al., 2020; Hussain et al., 2021)。Ossokina(2015)研究亦指出，外部性不僅可能來自污染或風險，也可能包括噪音、交通干擾等間接影響外部性。甚至會因為媒體之傳播而造成社會情

緒擴大，對於其財產造成負面之影響(Habdas & Konowalczyk, 2018)。Devine-Wright(2005)進一步提出社會接受度的決定因素可分為個人、社會、心理和情境因素，此理論架構凸顯了社區對能源反應之複雜性，接受程度會因為多種因素而異。

外部性可以分為正向及負向兩種型式，在正面外部性之相關研究，像是Eshet et al.(2007)利用特徵價格法來估計垃圾轉運站對以色列房價之影響，研究結果顯示，距離轉乘站每增加一公里，房價將上漲5,000美元；除污染源之外，政府的土地開發與都市計畫行為亦會透過空間外部性影響住宅價格，曾菁敏(2008)指出，政府推動市地重劃制度除可降低土地交易成本外，亦能藉由改善土地利用效率、公共設施配置與環境品質，對周邊住宅土地價格產生正向影響。相對地，負面外部性則更為常見，Nelson et al.(1992)對於負面外部性做探討發現，估計垃圾掩埋場對明尼蘇達州附近房價之影響，發現距離垃圾掩埋場最近的房價下跌12%，而距離垃圾填埋場1公里的房產則折扣6%，因此Wen et al.(2022)提出精準評估鄰避設施之外部性影響，充分了解居民的支付意願(WTP)，可以為當地決策為必要措施。

外部性對於土地利用的量化研究，多半未納入空間尺度的分析，因而難以掌握不同外部性類型對周邊環境影響的範圍與遞減特性，胡海豐(2015)為了補此不足，採用條件評價法(Contingent Valuation Method, CVM)，透過設計納入「距離」因素的虛擬土地使用變更情境問卷，以量化不同設施對鄰近房地產價格的邊際影響，研究結果顯示，公園對鄰近住宅價格具有約17.5%的正向影響，且影響隨距離增加而逐漸遞減，至約7,103公尺時趨近於零；百貨公司則帶來約14.4%的正向影響，影響範圍約為6,948公尺。相對地，室外型變電所與室內型變電所分別對住宅價格產生14.5%與12.8%的負向影響，其影響範圍分別為約7,000公尺與6,607公尺。由於外部性對於房屋價格亦有重要的影響，經濟學家利用貨幣計價法來衡量工廠之外部性，發現在其他條件不變的情況下，會因為居民願意購屋在工廠附近之房屋的意願降低，導致靠近工廠的房屋價格較低(Kiel & McClain, 1995a；Kiel & McClain, 1995b；Deweese, 1976)。但在實證比較鄰近核電廠之房屋與非鄰近核電廠之房屋的價格差異時，必須注意到兩群之可比較性問題，Dobson(1990)採用普通最小平方法(OLS)進行比較，但 Anderson et al.(2007)指出，OLS可能忽略未觀察的異質性，導致估計結果偏誤。為解決此問題，Cellmer et al.(2020)建議使用地理加權迴歸模型(GWR)，該模型能同時考慮空間與時間變異性，更能準確呈現不動產價格對外部性的反應。

實證研究進一步證實能源設施對房價的顯著影響。Tsai(2022)以台灣中部火力發電廠為例，發現距離火力發電廠區越近的住宅因空氣污染等負面因素導致價格大幅下降，且GWR模型能夠有效揭露出該價格變化在時間與空間上的異質性。此研究結果顯示，能源設施帶來的污名化效應、外部性、環境污染與社會接受度變化，皆會透過市場機制資本化，反映於房屋價格之中。

三、研究方法

(一) 方法

本研究為了估計房屋靠近核電廠所造成房價之影響，並且估計該影響的時間及空間之變化，本研究考慮到空間異質性問題，使用地理加權迴歸模型(GWR)進行估計。在不動產研究中，常使用傳統之線性迴歸模型，且一般採用普通最小平方法(OLS)進行估計，Fotheringham

et al.(2009)發現普通最小平方法(OLS)為迴歸分析中最基本之全域方法，其忽略尺度之存在，將假設地理空間中價格之形成過程為恆定，並不考慮空間交互之作用，會造成估計的偏誤。GWR除了在不動產領域外，亦也廣泛用在多種社會經濟領域，例如分析不同城市中犯罪成因的差異(Irandegani et al., 2019; Elzati et al., 2020)，或辨識不同國家之健康風險空間分布的不一致性(Lin & Wen, 2011)，對於環境污染之研究，Gu et al.(2021)利用GWR模型，以2016年中國367個城市的PM2.5數據分析其空間分布與影響因素異質性，研究發現污染集中於京津冀、長三角、珠三角與東北地區，社會經濟因素對 PM2.5 濃度影響具有明顯空間差異，且經濟成長與 PM2.5 呈倒「U」型關係。本研究利用GWR模型會為座標位置各配適值分配權重之特性，考慮到各配適值的空間效果(Cellmer et al., 2020)，相較普通最小平方法(OLS)，GWR模型為每個應變數之迴歸係數不是全域同質的，而是因為座標位置變化而發生變化(Meng et al., 2023)。

本研究使用普通最小平方法(OLS)估計不同因素對房價之影響，其方法被廣泛用為地理分析中的測量工具(Dobson, 1990)，但普通最小平方法(OLS)為一種全域迴歸模型，其設定如式(1)所示：

$$LnP = c + \sum_{j=1}^m \beta_j \chi_{ij} + \varepsilon_i \dots\dots\dots (1)$$

以房屋總價取對數LnP為應變數，c為截距項， $\chi_1 \sim \chi_7$ 為房屋之結構屬性之變數， χ_8 表示房屋距離核電廠距離(公里)， χ_9 表示房屋位於核電廠距離10公里範圍內之影響範圍， χ_{10} 表示房屋位於核電廠距離20公里範圍內之影響範圍， χ_{11} 表示房屋位於核電廠距離30公里範圍內之影響範圍， χ_{ij} 為第 *i* 個觀察樣本的第 *j* 個自變數，用於估計 β_j ， ε_i 為誤差項，符合獨立同質性分配(iid)。其迴歸方法(1)無法估計測量資料存在之每個點位置建構之局部迴歸係數，GWR模型以傳統線性模型做擴展，GWR模型其設定如式(2)：

$$LnP = c(\alpha_i, b_i) + \sum_{j=1}^m \gamma_j(\alpha_i, b_i) + \varepsilon_i \dots\dots\dots (2)$$

其中 (α_i, b_i) 表示座標 α_i 和 b_i 之位置。透過GWR能夠更精確量化自變數對應變數之具體影響，Fotheringham et al.(2009)指出GWR模型允許局部參數之應用，而非僅依賴於全域參數，反映空間分佈之多樣性，這些局部參數顯示應變數在不同空間位置對自變數之影響，從而顯示出所研究現象之空間異質性。GWR模型參數與傳統線性模型參數以類似方式進行估計，但GWR模型觀測值以鄰近位置進行加權，方程式(3)之設定使觀測值之權重會隨著座標之變化而改變(Tsai, 2022)：

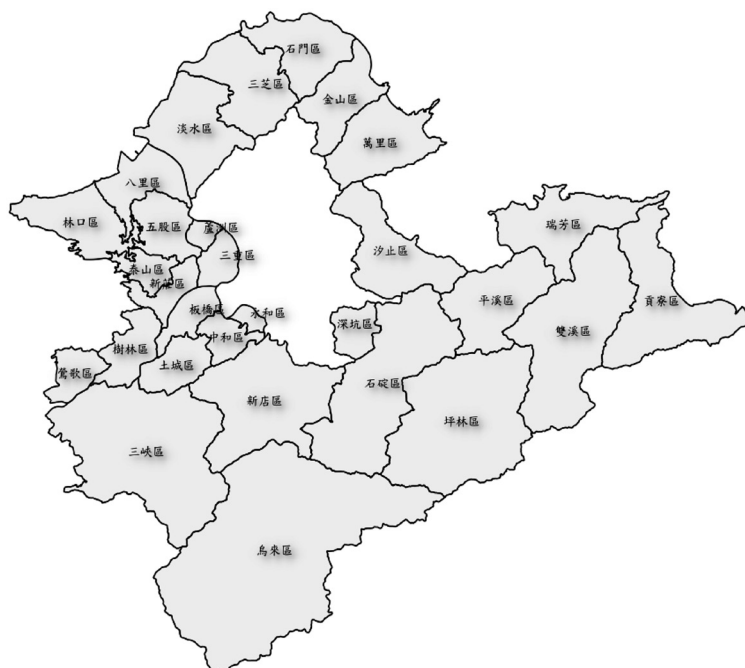
$$\hat{\gamma}(\alpha_i, b_i) = (X^T G(\alpha_i, b_i) X)^{-1} X^T G(\alpha_i, b_i) y \dots\dots\dots (3)$$

以 $\hat{\gamma}$ 表示估計結果， $G(\alpha_i, b_i)$ 為權重對角矩陣，權重是由座標 (α_i, b_i) 位置與進行觀察之點位置之間的距離之函數，以一種形狀類似高斯曲線之核函數確定其權重，例如考慮參數頻寬之雙平方核函數，其核函數具有隨著距離增加而遞減之特性，表示距離越遠之觀測值影響越小(Fotheringham et al., 2009)。參數頻寬可以控制權重函數之形狀與範圍，為計算而進行觀測之空間範圍，讓模型更是應數據之空間特性，Cellmer et al.(2020)提出其頻寬越大，GWR模型之結果越接近全域多元迴歸模型。

GWR模型透過最佳頻寬估計空間因素，在局部空間範圍內對房屋價格和影響因素之間之關係進行建模，揭示房屋價格在空間上之異質性，反映出房屋特徵影響房屋價格之局部變異性，在不同地理位置，影響程度亦可能會不同。

(二) 資料

本研究採用新北市房屋交易資料，其房屋交易資料來自內政部不動產交易實價查詢服務網(請參照圖一)。房屋資料蒐集期間為2012年8月1日至2023年6月31日，本研究將各資料之經緯度座標轉換為精準度較高且適用於全球的座標系統TWD97(Taiwan Datum 1997)，再將資料內所包含之土地、廠房、辦公室、商業大樓、套房、工廠與不完全之資料剔除，選擇之房屋類型以公寓、華廈及住宅大樓為主。在房屋內部屬性變數，該模型包括屋齡(AGE)、屋齡平方(AGE²)、建物面積(SIZE_H)、房屋型態為大樓(BUILD)、房屋型態為華廈(HUAXIA)、建物樓層(FLOOR)、一樓樓層(FLOOR1)、車位(PARK)；在房屋格局變數，該模型包括房間數(Room)、衛浴數(BATH)、廳堂數(LIVROOM)，根據李春長等人(2020)研究高雄市環狀輕軌對於鄰近住宅價格之影響，對於不動產交易資料整理處理，且根據Kim et al.(2024)研究洛杉磯之綠色基礎設施是否會透過緩解極端高溫和空氣污染來影響房價，其認為房屋價格最高及最低1%之極端交易資料，本研究刪除房屋房間數6間以上、廳堂數3間以上、衛浴數5間以上之資料，並且刪除房屋價格最高及最低1%範圍之資料。本研究加入四個變數用於估計靠近房屋靠近核電廠對於房價之影響，其變數分為距離核電廠距離(DIS_NPP2)，表示由於靠近核電廠而導致房屋價格之影響；DUMMY_H1、DUMMY_H2、DUMMY_H3為虛擬變數，分別表示房屋位置位於核電廠10公里、10至20公里、20至30公里範圍內(是=1；否=0)，以評估距離核電廠之距離改變是否會導致房屋價格變化(變數說明請見表一)。根據以上，其迴歸方程式如下(4)：



圖一 新北市地圖(作者自行繪製)

表一 變數設定說明表

Symbol	Variable	變數說明	預期符號
應變數			
LnP	房屋交易總價	房屋價格以採用不動實價登錄記載之成交(含車位)總價取對數。(單位：新台幣萬元)	
控制變數-房屋內在屬性			
AGE	屋齡	為連續變數，表示房屋完工之日起至銷售成交日所經歷之年數。房屋隨著屋齡增加會造成物理性折舊，屋齡越高，折舊程度越高，房屋價格越低，故預期屋齡係數為負。(單位：年)	-
AGE ²	屋齡平方	表示房屋完工之日起至銷售成交日所經歷之年數平方。本研究認為房屋價格與屋齡呈現非線性關係，故預期符號為正。	+
SIZE_H	建物面積	為連續變數，房屋面積以物件實際登記於地政機關之建築物面積。建物面積越大，房屋價格越高，故預期建物面積係數為正。(單位：坪)	+
BUILD	房屋型態為大樓	為虛擬變數，本研究將房屋型態分為住宅大樓、公寓及華廈三類，以公寓為比較基準設虛擬變數。大樓設為1，其他設為0。	+
HUAXIA	房屋型態為華廈	為虛擬變數，本研究將房屋型態分為住宅大樓、公寓及華廈三類，以公寓為比較基準設虛擬變數。華廈設為1，其他設為0。	
APARTMENT	房屋型態為公寓	為虛擬變數，本研究將房屋型態分為住宅大樓、公寓及華廈三類，華廈與大樓之虛擬變數皆為0即為公寓。	
FLOOR	建物樓層	為連續變數，具有提高房屋價格之作用建物所在樓層越高，房屋價格越高，故建物樓層係數為正。	+
FLOOR1	一樓樓層	為虛擬變數，房屋位於一樓設為1，其他樓層設為0。一樓有提高房價之效果，故預期一樓樓層係數為正。	+
PARK	車位	為虛擬變數，房屋有車位設為1，無車位設為0，預期車位係數為正。	+
控制變數-房屋格局			
ROOM	房間數	為連續變數，表示房屋之房間數量。(單位：間)。	+
BATH	衛浴數	為連續變數，表示房屋之衛浴數量。(單位：套)。	+
LIVROOM	廳堂數	為連續變數，表示房屋之房屋之客廳數量。(單位：間)。	+
自變數-核電廠影響			
DIS_NPP2	距離核電廠距離	為連續變數，表示房屋距離核二廠之最近距離。(距離：公里)	+/-
DUMMY_H1	距離核電廠10公里之房屋	為虛擬變數，表示以新北市核二廠影響範圍內外設定虛擬變數，採用10公里內劃分，距離核二廠0~10公里範圍內設為1，其餘則設為0。	+/-
DUMMY_H2	距離核電廠20公里之房屋	為虛擬變數，表示以新北市核二廠影響範圍內外設定虛擬變數，採用10-20公里劃分，距離核二廠10.001-20公里範圍內設為1，其餘則設為0。	+/-
DUMMY_H3	距離核電廠30公里之房屋	為虛擬變數，表示以新北市核二廠影響範圍內外設定虛擬變數，採用20-30公里劃分，距離核二廠20.001-30公里範圍內設為1，其餘則設為0。	+/-

註：作者自行整理

$$\begin{aligned} \ln P_i = & \alpha + \beta_1 AGE_i + \beta_2 AGE_i^2 + \beta_3 SIZE_H_i + \beta_4 BUILD_i + \beta_5 HUAXIA_i + \\ & \beta_6 FLOOR_i + \beta_7 FLOOR1_i + \beta_8 PARK_i + \beta_9 ROOM_i + \beta_{10} BATH_i + \\ & \beta_{11} LIVROOM_i + \beta_{12} DIS_NPP2_i + \beta_{13} DUMMY_H1_i + \beta_{14} DUMMY_H2_i + \\ & \beta_{15} DUMMY_H3_i + \varepsilon_i \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

四、數據與實證結果

(一) 數據

表二為全部樣本統計量表，從當中可以發現從2012年8月1日至2023年1月31日所有變數之統計數據，呈現資料的分布情況。房屋總價平均數約為1081萬元，中位數為950萬元，最大值為3475萬元，最小值為2140萬元。其中本研究的重要變數為核電廠影響距離以10公里、10至20公里及20至30公里的虛擬變數，分別占比0.08%、5.17%及47.79%。

表三為相關係數表，顯示了不同變數之間的相關係數。相關係數用於衡量兩個變數之間的線性關係，值越接近1或-1表示相關性越強，研究結果顯示，變數之間皆有顯著相關性。

(二) 傳統迴歸(OLS)實證結果

本研究實證結果如表四所示，以2012年至2023年的資料做為研究分析主體，模型1至模型3均達1%顯著水準，顯示整體模型具統計有效性。其中，僅含房屋內在屬性之模型1，調整後R²為0.5379，顯示房屋內在屬性特徵對房價解釋力中等偏佳；模型2與模型3之R²則分別為0.1750與0.2362，反映單獨以房屋格局或距離因素解釋力相對有限。模型4時當同時納入房屋內在屬性與房屋格局後，調整後R²為0.5461。而模型5包含空間距離變數時，模型解釋力僅略有提升至0.5653。

模型1及模型5之實證結果顯示，就房屋屬性與之估計結果而言，除車位之估計係數之正負號以預期符號相反，且達顯著水準，其餘屋齡、屋齡平方、建物面積、住宅大樓、華廈、建物樓層及一樓樓層之估計係數之正負值與以往之研究結果符合，且均達顯著水準。模型2及模型5房屋格局與之估計結果顯示，模型5之房間數估計係數之正負號以預期符號相反，且達顯著水準，其餘廳堂數及衛浴數估計係數之正負值與以往之研究結果符合，且均達顯著水準。

模型3及模型5以核電廠距離之估計結果顯示，距離核電廠距離係數為0.0001，達顯著水準，表示房屋距離核電廠一公里房屋價格會正向變動0.01%，研究結果表示距離核電廠越近對於房屋價格有負向之影響；房屋位置位於核電廠10公里以內、10公里至20公里及20公里至30公里範圍內估計係數分別為-0.7995、0.0359、0.1595，由於本研究應變數為房價之自然對數(LnP)，在此模型設定下，係數透過指數轉換以反映房價的百分比變動(註1)，若房屋距離核電廠10公里以內，估計房價的變動將為-55.04%，相對於10公里至20公里及20公里至30公里之範圍，房屋價格會因為距離核電廠較進而造成價格下降。

本研究進一步以2012年至2017年的資料做為研究分析主體，實證結果如表五所示，以傳統迴歸模式而言，模型1至模型3均達1%顯著水準，顯示整體模型具統計有效性。其中，僅含房屋內在屬性之模型1，調整後R²為0.5225，顯示房屋內在屬性特徵對房價解釋力中等偏佳；模型2與模型3之R²則分別為0.1652與0.2192，反映單獨以房屋格局或距離因素解釋力相對有

表二 全部樣本統計量表

應變數	Mean	Median	Maximum	Minimum	Std. Dev.	Observations
LnP	16.0881	16.0668	17.3637	14.5763	0.4654	147914
房屋總價	10,818,361	9,500,000	34,750,000	2,140,000	5,302,066	147914
房屋內在屬性						
AGE	19.08927	19.5	47.7	0.2	14.91478	147914
AGE ²	586.8496	380.25	2275.29	0.04	624.3263	147914
SIZE_H	33.47556	30.61	74.38	11.08	12.42781	147914
FLOOR	6.545351	5	41	1	5.057635	147914
DIS_NPP2	7293.465	29.43475	45282.97	1.86019	12401.78	147914
房屋格局						
ROOM	2.70	3	1	6	0.777	147914
BATH	1.58	2	1	5	0.534	147914
LIVROOM	1.73	2	1	3	0.475	147914
PARK	次數	百分比	累積百分比			
有	39535	26.70%	26.70%			
無	108379	73.30%	100.00%			
房屋型態	次數	百分比	累積百分比			
BUILD	75,189	50.80%	50.80%			
HUAXIA	22,200	15.00%	65.80%			
APARTMENT	50,525	34.20%	100.00%			
樓層	次數	百分比	累積百分比			
FLOOR1	8,690	5.90%	5.90%			
FLOOR	139,224	94.10%	100.00%			
核電廠影響	次數	百分比	累積百分比			
DUMMY_H1	114	0.08%	0.08%			
DUMMY_H2	7644	5.17%	5.25%			
DUMMY_H3	70697	47.79%	53.04%			
超過30km	69459	46.95%	100.00%			

註：此表中應變數為LnP；此表為敘述統計表，其中應變數為LnP，表示房屋總價；房屋內在屬性控制變數AGE、AGE²、SIZE_H、BUILD、HUAXIA、FLOOR、FLOOR1及PARK；房屋格局控制變數ROOM、BATH及LIVROOM；核電廠影響自變數為DIS_NPP2表示距離核電廠距離、DUMMY_H1、DUMMY_H2及DUMMY_H3。將房屋型態以公寓為基準設虛擬變數；將車位設虛擬變數；將核電廠影響距離分別以10公里以內、10公里至20公里及20公里至30公里設虛擬變數。作者自行整理。

表三 相關係數表

	TOTAL_PRICE	AGE	AGE ²	SIZE_H	BUILD	HUAXIA	FLOOR	FLOORI	PARK	ROOM	BATH	LIVROOM	DIS_NPP2	DUMMY_H1	DUMMY_H2	DUMMY_H3
LnP	1															
AGE	-0.4343***	1														
AGE ²	-0.3764***	0.9598***	1													
SIZE_H	0.7079***	-0.5326***	-0.4736***	1												
BUILD	0.3585***	-0.6996***	-0.6917***	0.3598***	1											
HUAXIA	-0.0361***	-0.0903***	-0.1555***	0.0128***	-0.4273***	1										
FLOOR	0.2690***	-0.4847***	-0.4746***	0.2723***	0.5782***	-0.1641***	1									
FLOORI	-0.0009***	0.1921***	0.1932***	-0.1010***	-0.2043***	0.0141***	-0.2739***	1								
PARK	0.4822***	-0.6502***	-0.5354***	0.6964***	0.4617***	-0.0699***	0.3573***	-0.1202***	1							
ROOM	0.2617***	0.1951***	0.1904***	0.4087***	-0.2139***	0.0006***	-0.1470***	0.0029	0.0101***	1						
BATH	0.3887***	-0.1859***	-0.1926***	0.5081***	0.0831***	0.0618***	0.0745***	-0.0343***	0.2883***	0.4850***	1					
LIVROOM	0.2688***	0.0920***	0.0773***	0.3145***	-0.0933***	0.0123***	-0.0621***	-0.0219***	-0.0384***	0.4930***	0.3183***	1				
DIS_NPP2	0.4743***	-0.6307***	-0.5194***	0.6846***	0.4413***	-0.0587***	0.3443***	-0.1168***	0.9701***	0.0153***	0.2845***	-0.0358***	1			
DUMMY_H1	-0.0447***	0.0044***	0.0025***	-0.0007***	-0.0204***	0.0299***	-0.0158***	0.0169***	-0.0168***	-0.0006***	0.0047***	-0.0036***	-0.0163***	1		
DUMMY_H2	-0.0908***	0.0250***	-0.0207***	-0.0998***	0.0280***	0.0406***	0.0331***	-0.0017***	-0.1410***	-0.0516***	-0.0509***	0.0042***	-0.1370***	-0.0065***	1	
DUMMY_H3	-0.1851***	0.4448***	0.4163***	-0.4162***	-0.3362***	-0.0202***	-0.2506***	0.0843***	-0.5779***	0.0085***	-0.1630***	0.0183***	-0.5607***	0.0290***	-0.2234***	1

註：此表中應變數為LnP，此表為相關係數表，其中應變數為LnP，表示房屋總價；房屋內在屬性控制變數AGE、AGE²、SIZE_H、BUILD、HUAXIA、FLOOR、FLOORI及PARK；房屋格局控制變數ROOM、BATH及LIVROOM；核電廠影響自變數為DIS_NPP2表示距離核電廠距離、DUMMY_H1、DUMMY_H2及DUMMY_H3。將房屋型態以公寓為基準設虛擬變數；將車位設虛擬變數；將核電廠影響距離分別以10公里以內、10公里至20公里及20公里至30公里設虛擬變數。作者自行整理。

表四 傳統迴歸實證結果(2012-2023)

Dependent variable : LnP					
Variable	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
C	15.1316*** (2881.3440)	15.3370*** (3160.055)	15.8830*** (6951.996)	15.00309*** (2656.679)	14.9079*** (2577.3470)
AGE	-0.0133*** (-51.6180)			-0.0147*** (-60.1691)	-0.0127*** (-52.5360)
AGE ²	0.0003*** (58.5099)			0.0003*** (63.6339)	0.0003*** (55.0877)
SIZE_H	0.0270*** (288.4886)			0.0241*** (191.2839)	0.0240*** (194.6125)
BUILD	0.1818*** (50.3943)			0.1926*** (53.1766)	0.2057*** (57.9037)
HUAXIA	0.0864*** (24.2635)			0.0925*** (26.0208)	0.1087*** (31.1561)
FLOOR	0.0054*** (26.2223)			0.0055*** (26.7988)	0.0053*** (26.9813)
FLOOR1	0.2067*** (56.6191)			0.2126*** (58.5517)	0.2165*** (60.9091)
PARK	-0.1605*** (-50.1877)			-0.1346*** (-40.5706)	-0.0492*** (-6.1618)
ROOM		0.0174*** (9.8329)		-0.0113*** (-7.3416)	-0.0085*** (-2.8332)
BATH		0.2849*** (120.3127)		0.0570*** (29.5419)	0.0519*** (27.4696)
LIVROOM		0.1475*** (55.1121)		0.0788*** (38.0921)	0.0800*** (39.5080)
DIS_NPP2			0.0001*** (187.7395)		0.0001*** (3.2103)
DUMMY_H1			-0.6593*** (-17.2905)		-0.7995*** (-27.7727)
DUMMY_H2			0.0238*** (4.5937)		0.0359*** (9.0887)
DUMMY_H3			0.1156*** (42.0535)		0.1595*** (74.3301)
R ²	0.5379	0.1750	0.2362	0.5461	0.5654
Adjusted R ²	0.5379	0.1750	0.2362	0.5461	0.5653
F-statistic	21522.02	10459.87	11434.36	16176.28	12825.84
Prob(F-statistic)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

註：1. 此表為傳統迴歸模型(OLS)，其中應變數為LnP表示房屋總價取自然對數；房屋內在屬性控制變數AGE、AGE²、SIZE_H、BUILD、HUAXIA、FLOOR、FLOOR1及PARK；房屋格局控制變數ROOM、BATH及LIVROOM；核電廠影響自變數為DIS_NPP2表示距離核電廠距離、DUMMY_H1、DUMMY_H2及DUMMY_H3。將房屋型態以公寓為基準設虛擬變數；將車位設虛擬變數；將核電廠影響距離分別以10公里、10公里至20公里及20公里至30公里設虛擬變數。Mode(1)為考量房屋內部屬性之估計；Mode(2)為考量的估計房屋格局之估計；Mode(3)為考量核電廠距離之估計；Mode(4)為同時考量房屋內部屬性、房屋格局及核電廠距離之估計之估計。

2. 括號內代表t值，顯著水準分別為*p<0.1、**p<0.05、***p<0.01。

3. 作者自行整理。

表五 傳統迴歸實證結果(2012-2017)

Dependent variable : LnP					
Variable	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
C	15.1517*** (1936.440)	15.2651*** (2217.130)	15.8269*** (5055.756)	15.0366*** (1801.603)	14.9050*** (1752.484)
AGE	-0.0157*** (-41.5418)			-0.0176*** (-46.2632)	-0.0143*** (-37.9463)
AGE ²	0.0004*** (40.5753)			0.0004*** (44.7717)	0.0003*** (34.2458)
SIZE_H	0.0274*** (197.0118)			0.0239*** (132.2377)	0.0239*** (134.9002)
BUILD	0.1069*** (20.5581)			0.1220*** (23.4618)	0.1338*** (26.2505)
HUAXIA	0.0348*** (6.8833)			0.0435*** (8.6354)	0.0584*** (11.8372)
FLOOR	0.0069*** (21.1722)			0.0071*** (21.9479)	0.0068*** (21.4417)
FLOOR1	0.2080*** (41.7259)			0.2174*** (43.8919)	0.2208*** (45.5686)
PARK	-0.2133*** (-42.2360)			-0.1795*** (-34.9270)	-0.0147 (-1.1755)
ROOM		0.0476*** (19.0598)		0.0019*** (0.0022)	0.0052** (2.3920)
BATH		0.2330*** (69.5438)		0.0465*** (17.1823)	0.0397*** (14.9724)
LIVROOM		0.1512*** (40.5808)		0.0847*** (29.4118)	0.0839*** (30.5741)
DIS_NPP2			0.0001*** (131.9570)		0.0001** (29.6083)
DUMMY_H1			-0.7154*** (-11.3624)		-0.8062** (-16.4004)
DUMMY_H2			0.0214** (2.9569)		0.0478*** (8.5900)
DUMMY_H3			0.1200*** (31.9751)		0.1639*** (56.2728)
R ²	0.5226	0.1652	0.2193	0.5276	0.5484
Adjusted R ²	0.5225	0.1652	0.2192	0.5275	0.5483
F-statistic	10755.2100	4924.256	5241.890	16176.2800	6042.162
Prob(F-statistic)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

註：1. 此表為傳統迴歸模型(OLS)，其中應變數為LnP表示房屋總價取自然對數；房屋內在屬性控制變數AGE、AGE²、SIZE_H、BUILD、HUAXIA、FLOOR、FLOOR1及PARK；房屋格局控制變數ROOM、BATH及LIVROOM；核電廠影響自變數為DIS_NPP2表示距離核電廠距離、DUMMY_H1、DUMMY_H2及DUMMY_H3。將房屋型態以公寓為基準設虛擬變數；將車位設虛擬變數；將核電廠影響距離分別以10公里、10公里至20公里及20公里至30公里設虛擬變數。Mode(1)為考量房屋內部屬性之估計；Mode(2)為考量的估計房屋格局之估計；Mode(3)為考量核電廠距離之估計；Mode(4)為同時考量房屋內部屬性、房屋格局及核電廠距離之估計之估計。

- 括號內代表t值，顯著水準分別為*p<0.1、**p<0.05、***p<0.01。
- 作者自行整理。

限。模型4時當同時納入房屋內在屬性與房屋格局後，調整後 R^2 為0.5275。而模型5包含空間距離變數時，模型解釋力僅略有提升至0.5483。

模型1及模型5之實證結果顯示，就房屋屬性與之估計結果而言，除車位之估計係數之正負號以預期符號相反，且達顯著水準，其餘屋齡、屋齡平方、建物面積、住宅大樓、華廈、建物樓層及一樓樓層之估計係數之正負值與以往之研究結果符合，且均達顯著水準。模型2及模型5房屋格局與之估計結果顯示，模型5房間數、廳堂數及衛浴數估計係數之正負值與以往之研究結果符合，且均達顯著水準。

模型3及模型5以核電廠距離之估計結果顯示，距離核電廠距離係數為0.0001，達顯著水準，表示房屋距離核電廠一公里房屋價格會正向變動0.01%，研究結果表示距離核電廠越近對於房屋價格有負向之影響；房屋位置位於核電廠10公里以內、10公里至20公里及20公里至30公里範圍內估計係數分別為-0.8062、0.0478、0.1639，由於本研究應變數為房價之自然對數(LnP)，在此模型設定下，係數透過指數轉換以反映房價的百分比變動，若房屋距離核電廠10公里以內，估計房價的變動將為-55.34%，相對於10公里至20公里及20公里至30公里之範圍，房屋價格會因為距離核電廠較進而造成價格下降。

本研究最後以2018年至2023年的資料做為研究分析主體，本研究實證結果如表六所示，以傳統迴歸模式而言，模型1至模型3均達1%顯著水準，顯示整體模型具統計有效性。其中，僅含房屋內在屬性之模型1，調整後 R^2 為0.5379，顯示房屋內在屬性特徵對房價解釋力中等偏佳；模型2與模型3之 R^2 則分別為0.1750與0.2362，反映單獨以房屋格局或距離因素解釋力相對有限。模型4時當同時納入房屋內在屬性與房屋格局後，調整後 R^2 為0.5695。而模型5包含空間距離變數時，模型解釋力僅略有提升至0.5890。

模型1及模型5之實證結果顯示，就房屋屬性與之估計結果而言，除車位之估計係數之正負號以預期符號相反，且達顯著水準，其餘屋齡、屋齡平方、建物面積、住宅大樓、華廈、建物樓層及一樓樓層之估計係數之正負值與以往之研究結果符合，且均達顯著水準。模型2及模型5房屋格局與之估計結果顯示，模型5之房間數估計係數之正負號以預期符號相反，且達顯著水準，其餘廳堂數及衛浴數估計係數之正負值與以往之研究結果符合，且均達顯著水準。

模型3及模型5以核電廠距離之估計結果顯示，距離核電廠距離係數為0.0001，達顯著水準，表示房屋距離核電廠一公里房屋價格會正向變動0.01%，研究結果表示距離核電廠越近對於房屋價格有負向之影響；房屋位置位於核電廠10公里以內、10公里至20公里及20公里至30公里範圍內估計係數分別為-0.8319、0.0203、0.1557，由於本研究應變數為房價之自然對數(LnP)，在此模型設定下，係數透過指數轉換以反映房價的百分比變動，若房屋距離核電廠10公里以內，估計房價的變動將為-56.47%，相對於10公里至20公里及20公里至30公里之範圍，房屋價格會因為距離核電廠較近而造成價格下降。

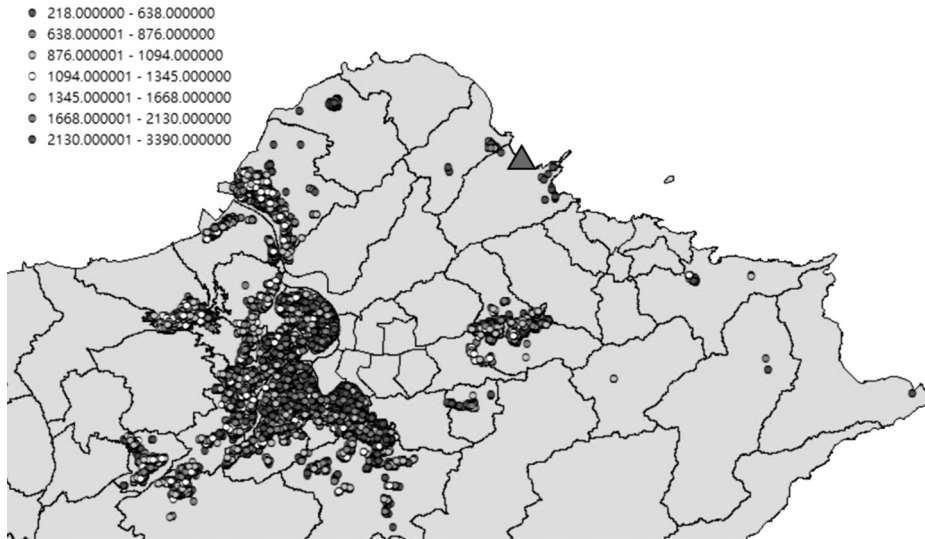
從表四、表五與表六之研究結果發現，距離核電廠愈近及房屋距離核電廠10公里以內會造成房屋價格負向變動，本研究結果與Blomquist(1974)、Simons(1999)及Winstand(2009)指出，房屋在靠近外部性影響區域時，價格會受到負面影響相符。

表六 傳統迴歸實證結果(2018-2023)

Dependent variable : LnP					
Variable	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
C	15.2182*** (2029.7580)	15.3886*** (2298.4920)	15.9361*** (4822.544)	15.1213*** (1875.540)	15.0142*** (1836.2990)
AGE	-0.0141*** (-43.1468)			-0.0155*** (-46.9864)	-0.0140*** (-43.2612)
AGE ²	0.0003*** (37.6607)			0.0003*** (47.1769)	0.0029*** (36.5863)
SIZE_H	0.0274*** (219.6369)			0.0246*** (142.4654)	0.0244*** (144.5956)
BUILD	0.1930*** (35.0100)			0.2076*** (37.5709)	0.2149*** (39.7355)
HUAXIA	0.0921*** (16.9601)			0.1035*** (19.1028)	0.1145*** (21.5969)
FLOOR	0.0027*** (10.5914)			0.0029*** (11.0493)	0.0029*** (11.6672)
FLOOR1	0.2070*** (39.4942)			0.2118*** (40.5692)	0.2166*** (42.4564)
PARK	-0.1936*** (-46.1192)			-0.1700*** (-38.5734)	-0.1355*** (-13.3714)
ROOM		0.0041* (1.6653)		-0.0089*** (-4.1396)	-0.0059** (-2.8332)
BATH		0.3157*** (96.0665)		0.0543*** (20.0538)	0.0498*** (18.8180)
LIVROOM		0.1470*** (39.1696)		0.0711*** (24.5203)	0.0723*** (25.4814)
DIS_NPP2			0.0001*** (128.3036)		0.0001*** (7.2346)
DUMMY_H1			-0.6617*** (-14.1798)		-0.8319*** (-24.2662)
DUMMY_H2			0.0218*** (2.9601)		0.0205*** (3.7522)
DUMMY_H3			0.1136*** (28.4306)		0.1557*** (51.2594)
R ²	0.5629	0.1923	0.2241	0.5696	0.5890
Adjusted R ²	0.5629	0.1923	0.2240	0.5695	0.5890
F-statistic	11791.04	5812.5310	5674.865	8810.347	6996.619
Prob(F-statistic)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

註：1. 此表為傳統迴歸模型(OLS)，其中應變數為LnP表示房屋總價取自然對數；房屋內在屬性控制變數AGE、AGE2、SIZE_H、BUILD、HUAXIA、FLOOR、FLOOR1及PARK；房屋格局控制變數ROOM、BATH及LIVROOM；核電廠影響自變數為DIS_NPP2表示距離核電廠距離、DUMMY_H1、DUMMY_H2及DUMMY_H3。將房屋型態以公寓為基準設虛擬變數；將車位設虛擬變數；將核電廠影響距離分別以10公里、10公里至20公里及20公里至30公里設虛擬變數。Mode(1)為考量房屋內部屬性之估計；Mode(2)為考量的估計房屋格局之估計；Mode(3)為考量核電廠距離之估計；Mode(4)為同時考量房屋內部屬性及房屋隔局；Mode(5)為同時考量房屋內部屬性、房屋格局及核電廠距離之估計之估計。

- 括號內代表t值，顯著水準分別為*p<0.1、**p<0.05、***p<0.01。
- 作者自行整理。



圖二 房屋及其房屋價格的空間分佈(單位：萬) (作者自行繪製)

(三) 地理加權迴歸(GWR)實證結果

為了解決空間異質性問題，本研究針對2012年至2023年之全體樣本，並進一步區分為2012年至2017年及2018年至2023年兩個期間，分別就距離核電廠之遠近進行局部迴歸分析。從表七、表八及表九研究結果顯示，表七表示2012年至2023年之全體樣本，其結果顯示，距離核電廠每增加一公里，房價平均下降-0.1%，調整後的 R^2 為0.749，具有較高之模型解釋力；表八結果顯示，將資料區分成2012年至2017年之期間，其中研究結果為距離核電廠每增加一公里，房價平均下降-0.1%，調整後的 R^2 為0.760，具有較高之模型解釋力，2012年至2023年全體樣本與2012年2017年之兩個資料期間，結果皆為對距離核電廠距離會對房價有負向變動之影響；表九結果顯示，將資料區分成2018年至2023年之期間，房價平均上升0.1%，調整後的 R^2 為0.762，具較高之模型解釋力，表示距離核電廠遠近會對房價有正向變動之負向影響，與先前Clark(1997)、Boyle & Kiel(2001)、Simon & Saginor(2009)之研究結果一致，表示房價會隨著距離核電廠越近而下降，本研究認為核四封存、電業法修法、2021年能源配比討論、2021年「重啟核四公投」等事件，使核電議題再次成為公共討論焦點，越接近核電廠的地區，其不確定性與政策風險更高，使購屋者評估風險成本時更為保守。

圖三、圖四及圖五分別針對2012年至2023年之全體樣本，並進一步區分為2012年至2017年及2018年至2023年兩個期間，就距離核電廠之遠近進行局部迴歸分析。圖中區域顯示出較低的係數值，透過愈接近紅色表示出負面變動之影響；反之區域顯示出較高的係數值，且透過愈接近藍色表示出正面之影響。根據Ewelönn(2011)認為居住在輻射、有毒空氣和水可能使人患病甚至致命，使居民居住意願降低，表示願意住在核電廠附近的居民較少，Folland & Hough(2000)認為隨著時間的推移，距離效應逐漸減弱，這可能是因為搬遷或偏好適應減輕了最初設廠或核災新聞造成的房價下降影響，且Yamane et al.(2013)發現福島第一核電廠周邊地區的房產價值隨著核污染程度的增加而下降，但與距離核電廠的遠近無關。種種因素使得圖

表七 房屋距離核電廠影響之地理加權迴歸估計結果(2012年-2023年)

2012-2023							
Dependent variable : LnP				Dependent variable : TOTAL PRICE			
	最小值	最大值	平均值		最小值	最大值	平均值
C	4.231	31.516	15.357	C	-15759.508	12036.651	308.664
AGE	-1.431	1.034	-0.019	AGE	-2638.396	1298.543	-22.019
AGE ²	-0.562	0.224	54.001	AGE ²	-529.192	425.236	1.039
SIZE_H	-0.131	0.219	0.027	SIZE_H	-175.006	168.335	29.539
FLOOR	-0.343	0.092	-0.002	FLOOR	-268.448	83.842	-1.579
ROOM	-0.793	1.126	-0.016	ROOM	-1382.908	1480.688	-15.556
BATH	-2.248	2.839	0.033	BATH	-3273.311	7867.485	18.124
LIVROOM	-0.996	0.987	0.052	LIVROOM	-1867.215	1035.518	37.256
DIS_NPP2	-0.877	0.665	-0.001	DIS_NPP2	-597.600	685.314	0.002
R ²		0.750		R ²		0.783	
Adjusted R ²		0.749		Adjusted R ²		0.781	

註1：其中應變數分別為LnP指房屋總價取自然對數，及TOTAL PRICE指房屋總價以萬元作表示；房屋內在屬性控制變數AGE、AGE²、SIZE_H及FLOOR；房屋格局控制變數ROOM、BATH及LIVROOM；核電廠影響自變數為DIS_NPP2表示距離核電廠距離。作者自行整理。

表八 房屋距離核電廠影響之地理加權迴歸估計結果(2012年-2017年)

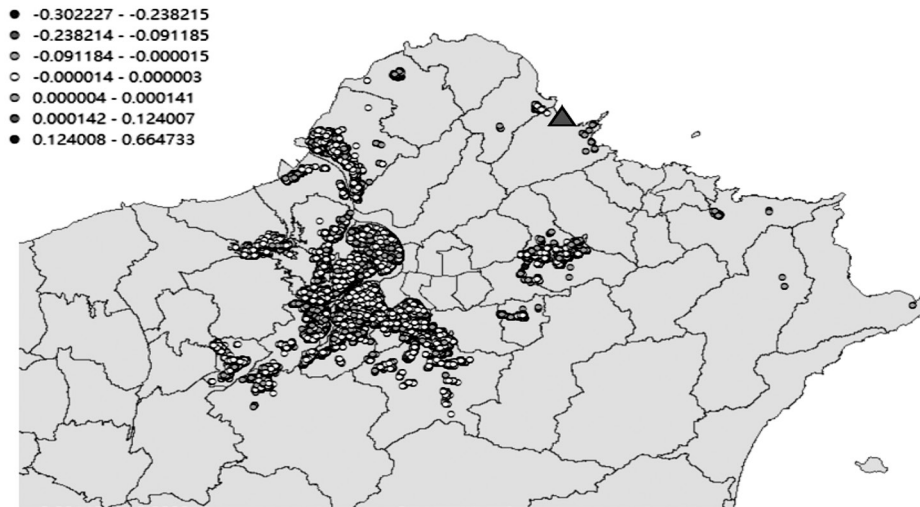
2012-2017							
Dependent variable : LnP				Dependent variable : TOTAL PRICE			
	最小值	最大值	平均值		最小值	最大值	平均值
C	-0.691	49.092	15.299	C	-10058.788	17204.255	310.532
AGE	-0.445	0.766	-0.014	AGE	-1073.449	579.833	-17.352
AGE ²	-0.225	0.192	0.001	AGE ²	-250.003	331.162	0.424
SIZE_H	-0.041	0.107	0.026	SIZE_H	-32.770	81.880	27.433
FLOOR	-0.171	0.099	-0.003	FLOOR	-136.293	71.062	-1.890
ROOM	-0.571	0.519	-0.002	ROOM	-668.154	530.737	-2.296
BATH	-1.617	0.820	0.030	BATH	-1439.424	1066.015	13.475
LIVROOM	-0.686	0.816	0.051	LIVROOM	-658.994	1212.598	29.837
DIS_NPP2	-0.982	0.712	-0.001	DIS_NPP2	-634.212	445.222	-0.477
R ²		0.760		R ²		0.798	
Adjusted R ²		0.760		Adjusted R ²		0.796	

註1：其中應變數分別為LnP指房屋總價取自然對數，及TOTAL PRICE指房屋總價以萬元作表示；房屋內在屬性控制變數AGE、AGE²、SIZE_H及FLOOR；房屋格局控制變數ROOM、BATH及LIVROOM；核電廠影響自變數為DIS_NPP2表示距離核電廠距離。作者自行整理。

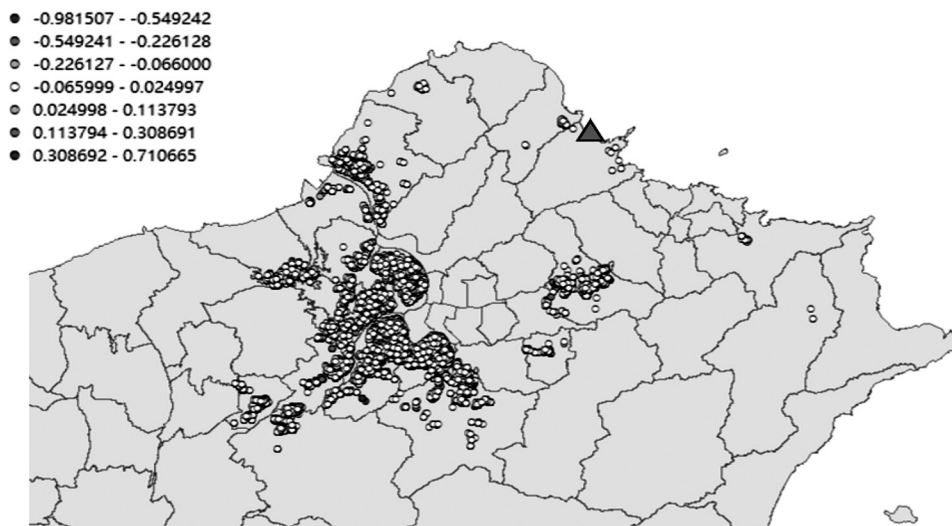
表九 房屋距離核電廠影響之地理加權迴歸估計結果(2018年-2023年)

2018-2023							
Dependent variable : LnP			Dependent variable : TOTAL PRICE				
	最小值	最大值	平均值		最小值	最大值	平均值
C	-2.669	27.433	15.453	C	-13005.898	9950.125	348.741
AGE	-1.431	1.034	-0.016	AGE	-2636.946	1039.169	-17.971
AGE ²	-0.562	0.224	-0.001	AGE ²	-529.197	425.039	0.104
SIZE_H	-0.161	0.322	0.027	SIZE_H	-223.601	248.614	30.388
FLOOR	-0.212	0.090	-0.002	FLOOR	-193.210	68.666	-1.019
ROOM	-1.140	1.296	-0.015	ROOM	-1002.369	1475.501	-15.468
BATH	-3.443	1.388	0.033	BATH	-4481.141	1898.807	19.789
LIVROOM	-0.841	1.130	0.054	LIVROOM	-1881.618	1325.199	40.838
DIS_NPP2	-0.440	0.732	0.001	DIS_NPP2	-360.081	508.497	0.032
R ²		0.762		R ²		0.795	
Adjusted R ²		0.760		Adjusted R ²		0.794	

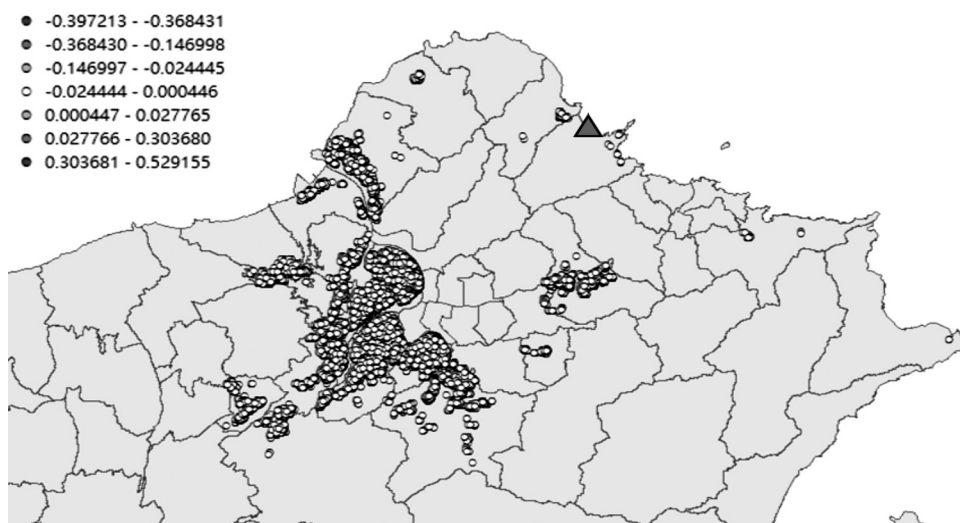
註1：其中應變數分別為LnP指房屋總價取自然對數，及TOTAL PRICE指房屋總價以萬元作表示；房屋內在屬性控制變數AGE、AGE²、SIZE_H及FLOOR；房屋格局控制變數ROOM、BATH及LIVROOM；核電廠影響自變數為DIS_NPP2表示距離核電廠距離。作者自行整理。



圖三 2012年至2023年房屋距離核電廠距離系數的空間分佈(作者自行繪製)



圖四 2012年至2017年房屋距離核電廠距離系數的空間分佈(作者自行繪製)



圖五 2018年至2023年房屋距離核電廠距離系數的空間分佈(作者自行繪製)

三、圖四及圖五產生影響，但效果較微小，與Ewelönn(2011)研究結果一致，其提出是不動產消費者對風險認識不足或對核電廠之信任，使得風險感知降低。表七、表八及表九與圖三、圖四及圖五可以發現，傳統迴歸估計之結果可能無法準確反映負外部性的真實影響。尤其是在房價存在顯著差異的樣本中，高房價地區的負面影響更容易被低估。

五、結論

(一) 結論

新北市擁有兩座核電廠，分別為核一廠與核二廠。由於台灣電力需求龐大，許多研究指出，主要依賴燃煤發電的火力發電，已對該地區造成嚴重的空氣污染。儘管環保倡導者支持核能發電，認為其有助於減少溫室氣體排放和遏制全球變暖，但廢核的負面輿論壓力依然存在，導致各界意見分歧。關於核四廠的議題，截至2021年12月18日的核四重啟公投中，提案並未獲得民眾支持。因此，根據公投結果，其他核能機組將按照現行的能源轉型政策如期除役，核四廠將不啟封。本研究旨在探討新北市核二廠對周邊地區房價的影響，並提供核能風險隱性成本資本化的實證證據。

為了估計核電廠的影響，本研究以核二廠為例，分析其對新北市房價之影響，並將與距離核電廠之隱性成本進行資本化。本研究透過四種方式評估影響，分別為距離核電廠之距離而造成的房價影響；估算距離核電廠10公里範圍內之房屋所造成房價影響；估算距離核電廠10公里至20公里範圍內之房屋所造成房價影響；估算距離核電廠20公里至30公里範圍內之房屋所造成房價影響。

本研究使用內政部實價登錄資料庫中的交易資料，時間範圍涵蓋2012年8月1日至2023年6月31日。經過剔除異常值後，資料筆數為147,914筆。儘管數據量龐大且具穩健性，但本研究在分析中考慮了不同房屋及空間的異質性，為了解決這些異質性問題，本研究採用了特徵價格法，處理多種控制變數，包括屋齡、樓層數、房間數、廳堂數、客廳數等。特徵價格法的應用使得能夠更精準地分析每個變數對房價的影響。此外，本研究利用地理加權迴歸(GWR)模型來進一步評估特徵價格法，解決空間異質性問題。GWR模型能夠考慮到空間位置對房價的影響，提供每個位置的局部迴歸結果。

研究結果顯示，全體樣本2012年至2023年之資料，結果顯示每遠離核電廠1公里，房價平均變動0.1%，表示距離核電廠越近對於房屋價格有負向之影響；距離核電廠10公里的房屋價格相比距離核電廠10公里以外的房屋負向變動-55.04%；相對於10公里至20公里及20公里至30公里之範圍，房屋價格會因為距離核電廠較近而造成價格下降；時間區分為2012年至2017年之資料，結果顯示每遠離核電廠1公里，房價平均變動0.1%，表示距離核電廠越近對於房屋價格有負向之影響；距離核電廠10公里的房屋價格相比距離核電廠10公里以外的房屋負向變動-55.34%；相對於10公里至20公里及20公里至30公里之範圍，房屋價格會因為距離核電廠較進而造成價格下降；結果顯示每遠離核電廠1公里，房價平均變動0.1%，表示距離核電廠越近對於房屋價格有負向之影響；距離核電廠10公里的房屋價格相比距離核電廠10公里以外的房屋負向變動-56.47%；相對於10公里至20公里及20公里至30公里之範圍，房屋價格會因為距離核電廠較進而造成價格下降。然而，傳統迴歸模型未考慮空間異質性問題，可能導致估計偏誤。地理加權迴歸(GWR)模型的估計結果顯示，平均來說，表示2012年至2023年之全體樣本，其結果顯示，距離核電廠每增加一公里，房價平均下降-0.1%；將資料區分成2012年至2017年之期間，其中研究結果為距離核電廠每增加一公里，房價平均下降-0.1%；將資料區分成2018年至2023年之期間，房價平均上升0.1%。由於新北市越靠近核二廠的位置也越接近台灣首都台北市，此地區的便利性和就業機會更高，根據Chen et al.(2018)的研究指出，收入較高

的人對不動產的邊際支付意願較高，這推論在GWR模型的估算結果中得到了驗證。但若是以資料為2018年2023年則會發現，房價亦可能會受到核電廠之負面影響而造成房屋價格下降，本研究推論可能因台灣討論核四重啟、核電延役、能源轉型等爭議，使得社會輿論對核電廠的關注再次升高。

本研究探討了新北市核電廠對房價的影響，提供了核電廠存在外部性的證據。研究發現，在房價較高的地區，房價會受到環境風險降低的正面影響，所以根據研究結果發現，核電是會讓不動產價格下跌。雖然核能發電對於經濟的影響很大，但是站在不動產的價值與居民的財富角度探討，核能還是會對當地居民造成財富上的損失。因此，政府在考慮核能對經濟的影響之外，也必須要考慮核能對於當地居民造成的損失，才不會以犧牲當地居民的權益來造就產業的發展。因此，充分了解居民的支付意願(WTP)對於當地決策制定和推行環保發電方法至關重要，本研究結果可以為制定相關政策提供依據，確保在滿足電力需求的同時減少對環境的負面影響。

(二) 研究貢獻

1. 補足核能風險在不動產研究中的量化研究之缺口。多數房價研究聚焦於交通建設、環境品質或都市更新，對於大型能源基礎設施的外部性探討相對有限。核電廠具高度風險感知特性，本研究藉由核電廠距離房屋之距離設定及GWR模型，填補國內核能風險對於住宅價格之量化資料缺口，提供能源政策與房市研究新的交會視角。
2. 導入空間異質性與距離敏感度分析，提升估計精確度本研究不僅觀察核電廠的線性距離效果，也透過分段距離，如0-10 km、10-20 km、20-30 km與地區固定效果，揭露不同空間尺度下的異質衝擊。結果有理解：核電廠的風險感知並非均質，而是隨距離遞減並在特定門檻附近更為敏感。

註 釋

註1：本文採對數線性模型，在此設定下，房價的百分比變動需以公式 $[\exp(\beta) - 1] * 100\%$ 換算，其表示自變數增加一單位時，房價平均變動之百分比幅度。

參考文獻

中文文獻

李春長、梁志民、簡啓珉、俞錡

2020 〈高雄市環狀輕軌對鄰近地區住宅價格之影響：以差異中之差異法結合分量迴歸模型之分析〉《臺灣土地研究》23(2)：195-221。

Lee, C. C., C. M. Liang, C. M. Chien & Z. Yu

2020 “Effect of Kaohsiung Circular Light Rail Line on Residential Prices in Neighboring Areas: An Analysis Using the Difference-in-Difference Method and Quantile Regression,” *Journal of Taiwan Land Research*. 23(2): 195-221

胡志平、林帝佑

2013 〈住宅標籤化與社區意識及維護績效路徑分析—結構方程模型應用〉《住宅學報》22(1)：81-105。

Hu, C. P. & D. Y. Lin

2013 “Path Analysis among Housing Labeling, Community Consciousness, and Maintaining Performance – An Application of the Structural Equation Model,” *Journal of Housing Studies*. 22(1): 81-106.

胡海豐

2015 〈以條件評價法估算土地使用變更的外部性對房地產價格之影響程度與作用範圍〉《住宅學報》24(2)：1-26。

Hu, H. F.

2015 “The Effect of Externalities in Land Use Conversion on House Prices: An Application of the Contingent Valuation Method,” *Journal of Housing Studies*. 24(2): 1-26.

曾菁敏

2008 〈空間外部性、交易成本與市地重劃對住宅土地價格影響之研究：台南市的實證分析〉《住宅學報》17(1)：23-50。

Tseng, C. M.

2008 “The Impact of Spatial Externalities, Transaction Costs and Land Readjustment on Residential Land Prices - Evidence from Tainan City,” *Journal of Housing Studies*. 17(1): 23-50.

經濟部能源局

2023 《全國電力資源供需報告》，國家發展委員會。

Ministry of Economic Affairs

2023 *National Report on Electricity Supply and Demand*, National Development Council.

英文文獻

Adamantiades, A. & Kessides, I.

2009 “Nuclear Power for Sustainable Development: Current Status and Future Prospects,” *Energy Policy*. 37(12): 5149-5166.

- Alzahrani, S. M., Alwafi, A. M. & Alshehri, S. M.
2023 “A Framework of Examining the Factors Affecting Public Acceptance of Nuclear Power Plant: Case Study in Saudi Arabia,” *Nuclear Engineering and Technology*. 55(3): 908-918.
- Anderson, S. & West, S. E.,
2006 “Open Space Residential Property Values and Spatial Context,” *Regional Science and Urban Economics*. 36(6): 773-789.
- Azam, W., Khan, I. & Ali, S. A.
2023 “Alternative Energy and Natural Resources in Determining Environmental Sustainability: A Look at the Role of Government Final Consumption Expenditures in France,” *Environmental Science and Pollution Research*. 30(1): 1949-1965.
- Blomquist, G
1974 “The Effect of Electric Utility Power Plant Location on Area Property Value,” *Land Economics*. 50(1): 97-100.
- Boyle, M. & Kiel, K.
2001 “A Survey of House Price Hedonic Studies of the Impact of Environmental Externalities,” *Journal of Real Estate Literature*. 9(2): 117-144.
- Chay, K. Y. & Greenstone, M.
2005 “Does Air Quality Matter? Evidence from the Housing Market,” *Journal of Political Economy*. 113(2): 376-424.
- Cellmer, R., Cichulska, A. & Belej, M.
2020 “Spatial Analysis of Housing Prices and Market Activity with the Geographically Weighted Regression,” *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 9(6): 380.
- Chen, D. & Chen, S.
2017 “Particulate Air Pollution and Real Estate Valuation: Evidence from 286 Chinese Prefecture-Level Cities over 2004–2013,” *Energy Policy*. 109: 884-897.
- Chen, J., Hao, Q. & Yoon, C.
2018 “Measuring the Welfare Cost of Air Pollution in Shanghai: Evidence from the Housing Market,” *Journal of Environmental Planning and Management*. 61(10): 1744-1757.
- Chen, J., Shi, C., Li, Y., Ni, H., Zeng, J., Lu, R. & Zhang, L.
2021 “Effects of Short-Term Exposure to Ambient Airborne Pollutants on COPD-Related Mortality Among the Elderly Residents of Chengdu City in Southwest China,” *Environmental Health and Preventive Medicine*. 26: 1-10.
- Chen, W. Y. & C. Y. Jim
2010 “Amenities and Disamenities: A Hedonic Analysis of the Heterogeneous Urban Landscape in Shenzhen (China),” *Geographical Journal*. 176(3): 227-240.
- Christodouleas, J. P., R. D. Forrest, C. G. Ainsley, Z. Tochner, S. M. Hahn & E. Glatstein
2011 “Short-Term and Long-Term Health Risks of Nuclear-Power-Plant Accidents,” *New England Journal of Medicine*. 364(24): 2334-2341.

Chuang, M. T., C. C. K. Chou, C. T. Lee, J. H. Lee, W. C. Lin, C. Y. Lin, W. N. Chen, Y. Y. Chen & K. H. Chi

2024 “Characteristics and Impacts of Fine Particulates from the Largest Power Plant Plume in Taiwan,” *Atmospheric Pollution Research*. 15(5): 102076.

Clark, D. & L. Allison

1999 “Spent Nuclear Fuel and Residential Property Values: The Influence of Proximity, Visual Cues and Public Information,” *Regional Science*. 78(4): 403-421.

Clark, D. E., L. Michelbrink, T. Allison & W. C. Metz

1997 “Nuclear Power Plants and Residential Housing Prices,” *Growth and Change*. 28(4): 496-519.

Cohen, J. P. & C. C. Coughlin

2008 “Spatial Hedonic Models of Airport Noise, Proximity, and Housing Prices,” *Journal of Regional Science*. 48(5): 859-878.

Delgarm, N., K. Sepanloo, A. H. Shad & D. Masti

2020 “Design and Development of a Comprehensive Program for the Assessment and Analysis of Environmental Effects Due to the Release of Radioactive Materials from the Stack of Nuclear Installations: A Case Study in Bushehr Nuclear Power Plant,” *Applied Radiation and Isotopes*. 166: 109383.

Devine-Wright, P.

2005 “Beyond Nimbyism: Towards an Integrated Framework for Understanding Public Perceptions of Wind Energy,” *Wind Energy: An International Journal for Progress and Applications in Wind Power Conversion Technology*. 8(2): 125-139.

Dobson, A. J.

1990 *An Introduction to Generalized Linear Models*. London: Chapman and Hall/CRC.

Deweese, D. N.

1976 “The Effect of A Subway on Residential Property Values in Toronto,” *Journal of Urban Economics*. 3(4): 357-369.

Ebenstein, A., M. Fan, M. Greenstone, G. He & M. Zhou

2017 “New Evidence on the Impact of Sustained Exposure to Air Pollution on Life Expectancy from China’s Huai River Policy,” *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 114(39): 10384-10389.

Elzati, R. W., A. Adnan, R. Yendra & M. N. Muhajir

2020 “The Analysis Relationship of Poverty, Unemployment and Population with the Rates of Crime Using Geographically Weighted Regression (GWR) in Riau Province,” *Applied Mathematical Sciences*. 14(6), 291-299.

Eshet, T., O. Ayalon & M. Shechter

2006 “Valuation of Externalities of Selected Waste Management Alternatives: A Comparative Review and Analysis,” *Resources, Conservation and Recycling*. 46(4): 335-364.

- Eshet, T., M. G. Baron, M. Shechter & O. Ayalon
2007 “Measuring Externalities of Waste Transfer Stations in Israel Using Hedonic Pricing,” *Waste Management*. 27(5): 614-625.
- Ewelönn, K.
2011 “The Effects of a Nuclear Power Plant on Property Values-the Swedish Case of Forsmark,” *Working Paper*, Stockholm University.
- Flynn, J. & P. Slovic
1995 “Yucca Mountain: A Crisis for Policy: Prospects for America’s High-Level Nuclear Waste Program,” *Annual Review of Energy and the Environment*. 20(1): 83-118.
- Folland, S., & R. Hough
2000 “Externalities of Nuclear Power Plants: Further Evidence,” *Journal of Regional Science*. 40(4): 735-753.
- Fotheringham, A. S., C. Brunsdon & M. E. Charlton
2009 “Geographically Weighted Regression,” in *the SAGE Handbook of Spatial Analysis*. 243-254. Ed. A. S. Fotheringham & P. A. Rogerson, London: SAGE
- Grislain-Letrémy, C. & A. Katosky
2014 “The Impact of Hazardous Industrial Facilities on Housing Prices: A Comparison of Parametric and Semiparametric Hedonic Price Models,” *Regional Science and Urban Economics*. 49: 93-107.
- Gu, K., Y. Zhou, H. Sun, F. Dong & L. Zhao
2021 “Spatial Distribution and Determinants of PM2.5 in China’s Cities: Fresh Evidence from IDW and GWR,” *Environmental Monitoring and Assessment*. 193(1): 15.
- Gurjar, B. R., K. Ravindra & A. S. Nagpure
2016 “Air Pollution Trends Over Indian Megacities and Their Local-to-Global Implications,” *Atmospheric Environment*. 142: 475-495.
- Habdas, M. & J. Konowalczyk
2018 “Cele I Warunki Skutecznej Interwencji Państwa W Obszarach Ograniczonego Użytkowania Portów Lotniczych,” *World of Real Estate Journal/Swiat Nieruchomosci*, 105(3): 5-16.
- Hassan, S. T., M. A. Baloch & Z. H. Tarar
2020 “Is Nuclear Energy a Better Alternative for Mitigating CO2 Emissions in BRICS Countries? An Empirical Analysis,” *Nuclear Engineering and Technology*. 52(12): 2969-2974.
- Hatzenbuehler, M. L. J. C. Phelan & B. G. Link
2013 “Stigma As A Fundamental Cause of Population Health Inequalities,” *American Journal of Public Health*. 103(5): 813-821.
- He, Y. & A. R. Collins
2020 “Does Environmental Pollution Affect Metropolitan Housing Prices? Evidence from Guangzhou, China (1987-2014),” *Applied Economic Letters*. 27(3): 213-220

Hendryx, M., K. J. Zullig & J. Luo

2020 “Impacts of Coal Use on Health,” *Annual Review of Public Health*. 41: 397-415.

Hitaj, C., L. Lynch, K. E. McConnell & C. I. Tra

2018 “The Value of Ozone Air Quality Improvements to Renters: Evidence from Apartment Building Transactions in Los Angeles County,” *Ecological Economics*. 146: 706-721.

Hite, D., W. Chern, F. Hitzhusen & A. Randall

2001 “Property-Value Impacts of An Environmental Disamenity: The Case of Landfills,” *The Journal of Real Estate Finance and Economics*. 22: 185-202.

Hussain, T., J. Abbas, Z. Wei, S. Ahmad, B. Xuehao & Z. Gaoli

2021 “Impact of Urban Village Disamenity on Neighboring Residential Properties: Empirical Evidence from Nanjing Through Hedonic Pricing Model Appraisal,” *Journal of Urban Planning and Development*. 147(1): 04020055.

IAEA (International Atomic Energy Agency)

2008 *Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period Up to 2030*.

IEA (International Energy Agency)

2020 *Oil Market Report—April 2020*.

Irandegani, Z., R. Mohammadi & M. Taleai

2019 “Investigating Temporal and Spatial Effects of Urban Planning Variables on Crime Rate: A GWR and OLS Based Approach,” *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 42: 559-564.

Iwata, H., K. Okada & S. Samreth

2010 Empirical Study on the Environmental Kuznets Curve for CO₂ in France: The Role of Nuclear Energy,” *Energy Policy*. 38(8): 4057-4063.

Jin, X., Z. Ahmed, U. K. Pata, M. T. Kartal & S. Erdogan

2023 “Do Investments in Green Energy, Energy Efficiency, and Nuclear Energy R&D Improve the Load Capacity Factor? An Augmented ARDL Approach,” *Geoscience Frontiers*. 101646.

Kartal, M. T., U. K. Pata, Ö. Depren & S. Erdogan

2023 “Effectiveness of Nuclear and Renewable Electricity Generation on CO₂ Emissions: Daily-Based Analysis for the Major Nuclear Power Generating Countries,” *Journal of Cleaner Production*. 426: 139121.

Kiel, K. A. & K. T. McClain

1995a “House Prices During Siting Decision Stages: The Case of An Incinerator from Rumor Through Operation,” *Journal of Environmental Economics and Management*. 28(2): 241-255.

1995b “The Effect of An Incinerator Siting on Housing Appreciation Rates,” *Journal of Urban Economics*. 37(3): 311-323.

- Kim, C. W., T. T. Phipps & L. Anselin
2003 “Measuring the Benefits of Air Quality Improvement: A Spatial Hedonic Approach,” *Journal of Environmental Economics and Management*. 45(1): 24-39.
- Kim, J., R. Ewing & A. Rigolon
2024 “Does Green Infrastructure Affect Housing Prices Via Extreme Heat and Air Pollution Mitigation? A Focus on Green and Climate Gentrification in Los Angeles County, 2000-2021,” *Sustainable Cities and Society*. 102: 105225.
- Kim, Y., W. Kim & M. Kim
2014 “An International Comparative Analysis of Public Acceptance of Nuclear Energy,” *Energy Policy*. 66: 475-483.
- Kirkness, P. & A. Tijé-Dra
2017 *Negative Neighbourhood Reputation and Place Attachment*. London: Routledge.
- Krieger, N.
2014 “Discrimination and Health Inequities,” *International Journal of Health Services*. 44(4): 643-710.
- Kyodo News
2011 “60–70% of Public Backs Higher Taxes for Disaster Recovery: Media Polls,” *Japan Today* 10 April.
- Lin, C. H. & T. H. Wen
2011 “Using Geographically Weighted Regression (GWR) to Explore Spatial Varying Relationships of Immature Mosquitoes and Human Densities with the Incidence of Dengue,” *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 8(7): 2798-2815.
- Link, B. G. & J. C. Phelan
2001 “Conceptualizing Stigma,” *Annual Review of Sociology*. 27: 363-385.
2014 “Stigma Power,” *Social Science and Medicine*. 103: 24-32.
- Lovelock, J.
2007 *The Revenge of Gaia: Earth’s Climate Crisis and the Fate of Humanity*. New York: Basic Books.
- Mei, Y., J. Qiu, J. Wu & L. Meng
2021 “Do Residents Care About Urban Dumps? Evidence from Individual Housing Transaction Data,” *Land Use Policy*. 109: 105604.
- Mejia-Lancheros, C., J. Lachaud, J. Woodhall-Melnik, P. O’Campo, S. W. Hwang & V. Stergiopoulos
2021 “Longitudinal Interrelationships of Mental Health Discrimination and Stigma with Housing and Well-Being Outcomes in Adults with Mental Illness and Recent Experience of Homelessness,” *Social Science and Medicine*. 268: 113463.

- Meng, X., X. Li, G. Hu, Z. Zhang, H. Zhang, C. Huang & J. Han
2023 “Toward Integrated Governance of Urban CO₂ Emissions in China: Connecting the ‘Codes’ of Global Drivers, Local Causes, and Indirect Influences from A Multi-Perspective Analysis,” *Cities*. 134: 104181.
- Napier, B. A.
2004 *GENII Version 2 Users’ Guide (No. PNNL-14583)*. Richland, WA: Pacific Northwest National Lab. (PNNL).
- Nelson, A. C., J. Genereux & M. Genereux
1992 “Price Effects of Landfills on House Values,” *Land Economics*. 68(4): 359-365.
- Ossokina, I. V. & G. Verweij
2015 “Urban Traffic Externalities: Quasi-Experimental Evidence from Housing Prices,” *Regional Science and Urban Economics*. 55: 1-13.
- Orellano, P., J. Reynoso & N. Quaranta
2021 “Short-Term Exposure to Sulphur Dioxide (SO₂) and All-Cause and Respiratory Mortality: A Systematic Review and Meta-Analysis,” *Environment International*. 150: 106434.
- Patchin, P. J.
1994 “Contaminated Properties and the Sales Comparison Approach,” *The Appraisal Journal*. 62(3): 402.
- Pinto, L. M. C., S. Sousa & M. Valente
2021 “Explaining the Social Acceptance of Renewables Through Location-Related Factors: An Application to the Portuguese Case,” *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 18(2), 806.
- Rosen, S.
1974 “Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition,” *Journal of Political Economy*. 82(1): 34-55.
- Shimura, T., I. Yamaguchi, H. Terada, E. R. Svendsen & N. Kunugita
2015 “Public Health Activities for Mitigation of Radiation Exposures and Risk Communication Challenges After the Fukushima Nuclear Accident,” *Journal of Radiation Research*. 56(3): 422-429.
- Simons, R.
1999 “The Effect of a Pipeline Rupture on Noncontaminated Residential Easement-Holding Property in Fairfax County,” *The Appraisal Journal*. 67(3): 255-263.
- Simons, R & J. Saginor
2009 “A Meta -Analysis of the Effect of Environmental Contamination and Positive Amenities on Residential Real Estate Values,” *Journal of Real Estate Research*. 28(1): 71-104.

- Steinhauser, G., T. Niisoe, K. H. Harada, K. Shozugawa, S. Schneider, H. A. Synal, C. Walther, M. Christl, K. Nanba & A Koizumi
2015 “Post-Accident Sporadic Releases of Airborne Radionuclides from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Site,” *Environmental Science and Technology*. 49(24): 14028-14035.
- Sulaiman, S. N. A., F. Mohamed & A. N. Ab Rahim
2018 “Radioactive Release During Nuclear Accidents in Chernobyl and Fukushima,” *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 298(1): 012011.
- Tanaka, S. & J. Zabel
2018 “Valuing Nuclear Energy Risk: Evidence from the Impact of the Fukushima Crisis on US House Prices,” *Journal of Environmental Economics and Management*. 88: 411-426.
- Tsai, I. C.
2022 “Impact of Proximity to thermal Power Plants on Housing Prices: Capitalizing the Hidden Costs of Air Pollution,” *Journal of Cleaner Production*. 367: 132982.
- United Nations
2015 *Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. New York: United Nations, Department of Economic and Social Affairs.
- Valverde, M.
2012 *Everyday Law on the Street: City Governance in an Age of Diversity*. Chicago: University of Chicago Press.
- Vig, N., K. Ravindra & S. Mor
2023 “Environmental Impacts of Indian Coal Thermal Power Plants and Associated Human Health Risk to the Nearby Residential Communities: A Potential Review,” *Chemosphere*. 140103.
- Wang, J., K. Wu & Y. Du
2022 “Does Air Pollution Affect Urban Housing Prices? Evidence from 285 Chinese Prefecture-Level Cities,” *Journal of Cleaner Production*. 370: 133480.
- Wang, G., Y. Chao, T. Jiang & Z. Chen
2022 “Facilitating Developments of Solar Thermal Power and Nuclear Power Generations for Carbon Neutral: A Study Based on Evolutionary Game Theoretic Method,” *Science of the Total Environment*. 814: 151927.
- Wallace R.
2011 “Japan Wants to Keep N-Power,” *The Australian* 5 April.
- Wen, H., S. Li, E. C. Hui, Y. Xiao & H. Liu
2022 “Externality Impacts of ‘Not in My Backyard’ Facilities on Property Values: Evidence from the Hangzhou Waste Sorting and Reduction Complex Projects,” *Habitat International*. 125: 102583.

WNA (World Nuclear Association)

2009 *World Nuclear Power Reactors 2008–09 and Uranium Requirements*.

Whitfield, S. C., E. A. Rosa, A. Dan & T. Dietz

2009 “The Future of Nuclear Power: Value Orientations and Risk Perception,” *Risk Analysis: An International Journal*. 29(3): 425-437.

Winstrand, J.

2009 “The Effects of a Refinery on Property Values: The Case of Sweden,” *Working Paper Series 2009:10*, Uppsala University, Department of Economics.

Yamada T.

2011 “Public Split on Nuclear Energy, But Long-Time Warning Deserves Serious Debate,” *The Mainichi Daily News* 26 April.

Yamane, F., H. Ohgaki & K. Asano

2013 “The Immediate Impact of the Fukushima Daiichi Accident on Local Property Values,” *Risk Analysis*. 33(11): 2023-2040.

Yue, W., C. Ni, C. Tian, H. Wen & L. Fang

2020 “Impacts of An Urban Environmental Event on Housing Prices: Evidence from the Hangzhou Pesticide Plant Incident,” *Journal of Urban Planning and Development*. 146(2), 04020015.

Zafirah, Y., Y. K. Lin, G. Andhikaputra, L. W. Deng, F. C. Sung & Y. C. Wang

2021 “Mortality and Morbidity of Asthma and Chronic Obstructive Pulmonary Disease Associated with Ambient Environment in Metropolitans in Taiwan,” *PLOS ONE*. 16(7): E0253814.

Zhang, X., X. Zhang & X. Chen

2017 “Happiness in the Air: How Does A Dirty Sky Affect Mental Health and Subjective Well-Being?,” *Journal of Environmental Economics and Management*. 85: 81-94.

Zubair, M., E. Ahmed & D. Hartanto

2022 “Estimation of Public Exposure During Normal Operation of Unit-1 Barakah Nuclear Power Plant Using GALE and HOTSPOT,” *South African Journal of Chemical Engineering*. 41: 235-243.