

空間資訊技術應用於氣候變遷下 地區健康風險評估

吳治達

摘要：氣候變遷及全球暖化持續影響生態系統平衡及人類健康，近年來隨著地理資訊系統、衛星遙測等空間資訊技術的發展，提供了大區域進行氣候變遷健康衝擊分析的良好工具。本文選定溫度、降雨以及空氣污染等三個環境標的，並以空間資訊技術之應用為主軸，針對上述環境因子在氣候變遷影響下，對台灣民眾生理、心理及傳染性疾病風險之影響分析研究進行文獻回顧，最後並針對國內當前相關研究之發展進行評析，並提出未來可能研究方向之建言。在回顧超過一百篇相關文獻後，總計有28篇研究報告與本文之主題有關；其中以空污與細懸浮微粒的應用案例最多，極端溫度的分析研究亦有逐漸增加的趨勢，有關降雨方面，目前仍有許多發展的空間。期望透過本文可有助於空間資訊技術於在地氣候變遷健康風險分析之應用與推廣。

關鍵詞：氣候變遷、空間資訊技術、台灣、健康風險評估、文獻回顧。

前 言

全球氣候變遷與暖化現象為當前最重要的環境議題，根據政府間氣候變遷專門委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013)第5次《氣候變遷評估報告》指出，南極和格陵蘭島的融冰速度比預計更嚴重，預計到2100年時海平面可能比現在更進一步上升0.53-0.97公尺。相較之下，台灣百年以來平均溫度增加約1.3°C，是全世界平均值的二倍(陳乃慈、林、郭，2018)，與鄰近的中國與日本等地相比，台灣的升溫幅度更為嚴峻，加上極端降雨事件的強度與頻率的增強，因此了解極端氣候對台灣全體

國民之潛在健康風險與影響，進而擬定在地化之氣候變遷調適策略更顯其重要性。

空間資訊學(geomatics)係指藉由儀器及電腦系統進行空間資料之定位、蒐集、管理、編輯、儲存與分析，進一步將所得結果提供決策者，做為環境與資源經營管理時之參考的科學總稱，其所涵蓋之科學技術主要包含地理資訊系統(geographic information system, GIS)、地面測量、全球衛星定位系統(global positioning system, GPS)、航空攝影測量(photogrammetry)及遙感探測(remote sensing, RS)等(王、劉、黎、姚、盛，2017；張、劉，2005)。由於空間資料具有大範圍、多尺度、多時期及資料取得容易等特性，故目前已廣泛應用於土地管理、都市計畫、森林經營、防災救援等議題，考量到氣候變遷分析過程中常需考量到大區域之土地使用與氣候環境變化、以及模擬「大氣—地文—人類健康」之交互作用關係，故已有愈來愈多的國際案例將其應用在氣候變遷之健康風險分析上，因此在醫護專業領域上也越來越重視氣候變遷下的健康風險分析。

近年來國內亦陸續有研究進行應用空間資訊相關科技進行氣候變遷分析之案例，透過地理資訊系統與克利金法，推估全台鄉鎮之溫度資訊，進而分析其與心血管死亡率之關聯性(P. C. Wu et al., 2011)，透過空間資訊技術進行模擬，使數據視覺化，並且使得分析數據的解釋更為直覺和容易一些。然而截至目前為止，國內尚未見有研究報告，針對空間資訊技術於氣候變遷健康風險分析之應用案例進行系統性之統整與回顧。

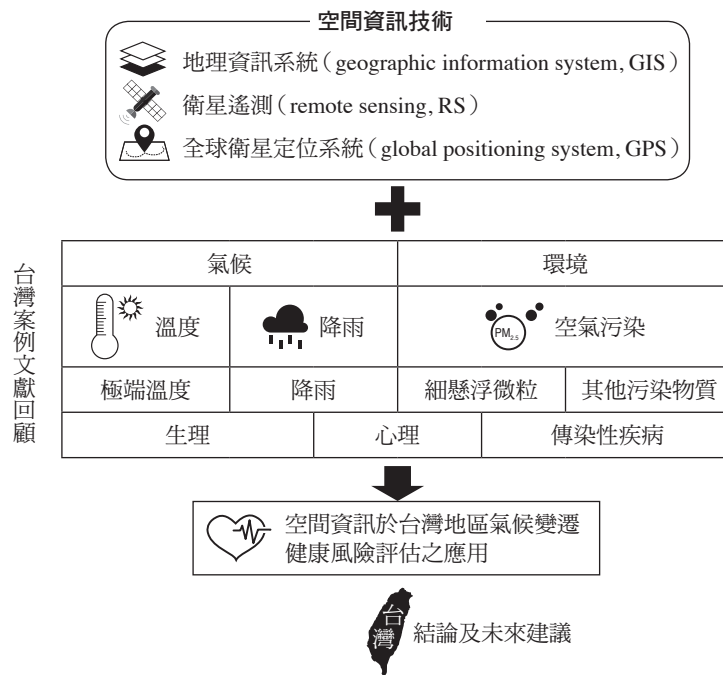
本文參考衛生福利部(2018)「因應氣候變遷之健康衝擊政策白皮書(二版)」之分類，選定溫度、降雨、空氣污染，三個環境標的，並以空間資訊技術之應用為主軸，針對上述環境因子在氣候變遷影響下，對台灣民眾生理、心理及傳染性疾病風險之影

接受刊載：108年3月27日

國立成功大學測量及空間資訊學系助理教授

通訊作者地址：吳治達 70101臺南市東區大學路1號 電話：(06)2757575-63841；E-mail：chidawu@mail.ncku.edu.tw

[https://doi.org/10.6224/JN.201906_66\(3\).03](https://doi.org/10.6224/JN.201906_66(3).03)



圖一 本文章之文獻回顧流程圖

響分析研究進行文獻回顧，最後並針對國內當前相關研究之發展進行簡評，並提出未來可能研究方向之建言。本文之架構圖如圖一，期望透過本文可有助於空間資訊技術於在地氣候變遷健康風險分析之應用與推廣。

溫度變化之健康風險評估方面

溫度變化與人體生理機制具密切關係，體溫每上升 1°C ，心肺功能的耗能就會增加13%，如未適時補充水分，恐造成血管阻塞而大幅提高猝死之機率；反之當冬季寒流來襲時血管急速收縮，可能導致血壓飆高、急性中風、心肌梗塞，甚至發病猝死。隨著氣候變遷與極端氣候頻頻發生，身體的溫度調節機制為因應體外溫度急遽變化，可能會急速的產生降溫與升溫兩大生理反差作用，造成人體生理恆定機制受到極大的威脅(Y. K. Lin, Maharani, Chang, & Wang, 2019)。

極端溫度包含高溫與低溫兩類，許多研究已針對台灣民眾暴露於高溫或低溫時所可能增加的死亡風險及其潛在之健康效應進行探討，例如Y. K. Lin等人(2019)指出高溫可能會導致死亡，其中又以對老年人之影響更為明顯；另一方面根據健康保險署於2017年統計資料中發現，全台有154人因低溫而猝死，

死亡案例多為三高慢性病患者及高齡人士(引自L. T. Yang, Chang, Hsieh, Hou, & Li, 2018)；上述研究與統計數據皆反映極端溫度對健康所造成的危害。

台灣目前已有研究係結合空間資訊來探討極端溫度之健康效應(C. M. Lin & Liao, 2009; P. C. Wu et al., 2011)，其中P. C. Wu等人(2011)使用地理資訊系統與克利金空間內插法，藉以推估1994年至2003年全台358個鄉鎮每日之最高溫度、平均溫度及最低溫度等資訊，進而分析溫度與心血管死亡率之關聯，其結果顯示，低溫發生前後之心血管疾病死亡率顯著高於高溫之死亡率。而其統計顯示，發生低溫後心血管死亡率由原本之每10萬中有7.64人增加至8.29人，然而發生高溫度時心血管死亡率僅略微增加。

除生理的影響外，心理影響亦為一大可能受影響之層面，現階段國內有少數幾個研究針對溫度於心理疾病的影響進行探討，並發現高溫會增加精神病患住院之相對風險(陳永明, 2018; Sung, Chen, Lin, Lung, & Su, 2011; Sung, Chen, & Su, 2013)，如陳永明(2018)分析溫度與重鬱症風險之關係，並結合Taiwan Climate Change Projection and Information Platform之Representative Concentration Pathways 8.5情境資料，在假設其他影響因子不變、及全台溫度與疾病之相關性相同的情況下，利用地理資訊系統，進

行氣候變遷情境下未來各鄉鎮重鬱症風險之空間分析，結果指出台灣罹患重鬱症最低之風險溫度為20–23°C，長期居住於高溫地區會顯著增加罹病風險，並且隨著暖化效應，罹患心理相關疾病之風險亦可能隨之增加，且地區將越來越多。

溫度之變化亦會影響傳染性疾病的傳播，登革熱為台灣南部最重要的傳染性疾病之一，國內亦有許多研究案例應用空間資訊技術探討溫度與登革熱之關聯性 (Kuan, Lin, Chuang, & Wu, 2010; Lai, 2011; Roslan, Latif, & Dom, 2016; C. Y. Wu, Lin, & Yeh, 2016; P. C. Wu et al., 2009)，例如P. C. Wu等人(2009)使用中央氣象局1998年至2002年全台約300個監測站之降雨記錄、以及80個監測站的每日溫度數據，透過ArcGIS 8.3地理資訊系統軟體推估各鄉鎮的溫度雨量值，以分析登革熱的累積發生率與氣象、社會經濟及人口學因子間的關係，並進一步推估氣候變遷影響下台灣登革熱潛在風險區域之分布。結果發現，月平均溫度每增加1°C、登革熱傳播風險的人口數將增加1.95倍，並且隨著全球暖化的影響，北部及中部地區部份鄉鎮均可能成為登革熱之高風險地區。

降雨之健康風險評估方面

極端降雨對健康之衝擊效應包含以下二個面向：其一係指事件發生時的大量傷亡，如颱風、水患造成的淹斃；其二則是因雨量所導致的淹、積水或民生用水的污染，進而發生水相關之傳染性疾病，使得皮膚在接觸後造成感染，或增加飲用水慢性中毒的罹病風險；此外，居住環境的積水也可能造成生物性污染源(黴菌)的問題。

國內已有許多研究針對極端降雨與身心心理健康進行探討，然而有關空間資訊技術於降雨事件及身心健康之應用分析研究仍缺如。然而國內已有數個研究應用相關技術以探討降雨變化對傳染性疾病的影響 (M. J. Chen et al., 2012; Wen, Lin, & Li, 2016)，例如M. J. Chen等人(2012)使用地理資訊系統以及克利金空間內插法，推估1994年至2008年全台各鄉鎮的降水和溫度記錄，並透過廣義加乘混合模型進行卜瓦松迴歸，分析檢驗5種氣候相關傳染病(水傳染性疾病肝炎、腸道病毒、細菌性痢疾、鉤端螺旋體病和類鼻疽)和3種媒介傳染病(叢林斑疹傷寒、登革熱和日本腦炎)，總計共8種法定傳染病之病例數與極端降水

的關係；最後針對極端降水事件和疾病爆發存在顯著關聯的鄉鎮，使用GIS繪製風險圖，其結果發現極端降水有可能加劇傳染病爆發。

文獻回顧結果顯示，在降雨相關方面研究，目前有部份案例應用空間資訊技術探討其與傳染疾病之關聯，然針對生心理影響之研究與應用仍甚少見。

空氣污染之健康風險評估方面

依據行政院環境保護署(2015)之定義，空氣污染物為空氣中足以直接或間接妨害健康或生活環境之物質，包括氣狀污染物、粒狀污染物、二次污染物、惡臭物質、有機溶劑蒸氣、塑橡膠蒸氣及石棉等。以下特別針對近年來廣受矚目的細懸浮微粒(fine particulate matter, PM_{2.5})及其他污染物兩項主題，進行文獻回顧與說明。

一、細懸浮微粒

懸浮微粒(particulate matter, PM)為空氣污染物的一種，美國環境保護署(Environmental Protection Agency, n.d.)對懸浮微粒的定義為：「大氣中的固態顆粒及液滴混合物即為懸浮微粒」；如依微粒的大小進一步進行分類，則可再分為氣動粒徑小於10 μm之懸浮微粒(PM₁₀)、小於2.5 μm的細懸浮微粒(PM_{2.5})及0.1 μm以下的超細懸浮微粒(ultrafine particulate, UFPs)。由於細懸浮微粒的直徑非常微小，甚至不到人類頭髮粗細的1/28，微細到非常容易深入肺部，甚至可以穿透肺部氣泡進入血管，進而隨著血液循環全身，故其對人體健康之影響實不容忽視。

受限於現有空氣品質監測站數目及分佈上之限制，若直接以監測站監測濃度做為個人暴露評估聯結，其誤差程度可能較大，然而伴隨著空間資訊技術的進步，目前已有許多研究利用地理資訊系統與衛星遙測資料推估大區域的空氣污染分布、進而分析空氣污染及細懸浮微粒對人體健康的影響 (S. Y. Chen et al., 2015; Y. Y. Chen et al., 2017; Jung, Chen, Lin, & Hwang, 2016)，例如Pan等人(2016)利用地理資訊系統與克利金空間內插模擬全台PM_{2.5}時空間分布資料，以探討細懸浮微粒、谷丙轉氨酶(alanine transaminase)及肝癌發生之關聯；Y. R. Yang、Chen、Chen及Chan(2017)於2007–2009年，招募21,656名成年人估算其腎絲球過濾率(estimated glomerular filtra-

tion rate, eGFR)，以判斷受試者是否有慢性腎臟疾病 (chronical kidney disease, CKD)，並於台北市區設置 20 個樣點進行 PM₁₀、PM_{Coarse}、PM_{2.5}、PM_{absorbance} 等空污物質之採樣，進而結合 ArcGIS 地理資訊系統之空間分析功能，獲取測站周邊不同方圓範圍的道路交通等土地利用資訊，並建立土地利用迴歸模型 (land-use regression, LUR) 推估細懸浮微粒等各項顆粒污染物之分布，最後整合上述資訊分析細懸浮微粒暴露與 eGFR 及 CKD 之關聯。其結果發現，過去 PM₁₀、PM_{Coarse} 之暴露與台北市成年居民對於 eGFR 降低和 CKD 患病率增加有關。

另一項常被應用於空氣污染暴露評估的空間資料為氣溶膠光學厚度 (aerosol optical depth, AOD)，其為氣溶膠最基本的光學特性，並係代表大氣混濁度之重要物理量。目前氣溶膠光學厚度已廣被應用於估計細懸浮微粒之地面濃度，並探討其與健康及疾病之關係。目前國內已有數項應用氣溶膠光學厚度之遙測資料進行空氣污染之生理健康效應評估的研究 (T. C. Chan et al., 2009; C. J. Liu, Liu, Mong, & Chou, 2016; Wang, Jung, Chen, & Hwang, 2018)。例如 C. J. Liu 等人 (2016) 之研究，係分析台北 8 個空品測站之細懸浮微粒監測資訊與 NASA /EOS Terra MODIS (moderate resolution imaging spectrometer) AOD 之關聯性，並應用該關係與衛星 AOD 資料反推台北市之細懸浮微粒時空分布，以分析細懸浮微粒暴露與過敏性鼻炎住院情形之關聯，其結果表示 18–65 歲成年人與 3–18 歲兒童是最易受傷害的族群，可能是因為這兩個年齡層在戶外時間較長，較容易受到影響。

二、其他污染物質

除了顆粒污染物外，二氧化氮 (NO₂)、二氧化硫 (SO₂) 及臭氧 (O₃) 等空氣污染物，亦被證實對人體健康有所影響。台灣目前亦有數個文獻結合地理資訊系統進行氣態污染物之健康評估 (T. C. Chan et al., 2009; Jung, Lin, & Hwang, 2018; K. F. R. Liu, Hung, Kuo, & Liang, 2015)，如 T. C. Chan 等人 (2009) 利用 GIS 進行 2000 年至 2002 年 PM₁₀、SO₂、O₃、NO₂ 等四種空氣污染物之克利金空間推估，進而分析空氣污染與哮喘就醫次數之關聯。研究結果顯示，0–15 歲之兒童因氣喘症狀就診次數最多，而四種污染物中，又以 NO₂ 濃度每增加 10% 將導致氣喘就醫機率相對增加 0.30% 之影響效應最大；此外，Jung 等人 (2018)

以台灣環境保護署 70 個監測站之空氣污染監測資訊為基礎，利用地理資訊系統 ArcGIS 軟體與距離反比權重法 (inverse distance weighting)，推估一氧化碳 (CO)、NO₂、SO₂、PM₁₀ 和 O₃ 之年平均濃度分布，並結合 2000–2010 年、共 49,073 受訪者之資訊，以分析空污與自閉症 (autism spectrum disorder) 之關聯，其研究發現，O₃、CO、NO₂ 之暴露與自閉症存在著統計的顯著關聯；T. C. Chan 等人 (2009) 經由 NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) 氣象衛星之 AVHRR (advanced very high resolution radiometer) 感測器取得全球風力數據，並結合 MODIS 衛星圖像，追蹤沙塵暴的行進路徑，進一步利用環境保護署之空氣品質監測資訊、以及台北醫學院之就診資料，以分析沙塵暴期間，空氣污染對心肺疾病、缺血性心臟病、腦血管疾病和慢性阻塞性肺病等疾病就診之影響，其結果顯示，沙塵暴影響期間台北 PM₁₀ 濃度高於 90 μg/m³，並且與心肺相關疾病看診次數增加有相關。

現階段有關空污之應用案例主要以細懸浮微粒居多，與氣態污染物相比，亦有較多研究進一步整合細懸浮微粒之空間推估成果與健康資料，分析其對人體健康的影響；此外，國內亦有數個案例結合遙測資料進行細懸浮微粒之分布估計；相對來說，遙測技術在其它氣態污染物之應用則較少。

結 論

本文以空間資訊技術於氣候變遷下地區健康風險評估之應用為題，針對溫度、降雨及空氣污染等三個環境標的於國內之研究案例進行回顧與介紹，在進行超過一百篇文獻的回顧之後，總計共有 28 篇與本文之主題相符如表一。基於學海無涯，本文所整理與回顧之案例難免有所遺漏；本文之結果以及對未來研究之建議如下：(一) 目前國內以空氣污染的應用最多，其中又以細懸浮微粒對生理之影響為主；建議未來研究可針對其他氣態污染物之健康效應、以及心理健康之影響與應用進行分析。(二) 極端溫度之應用研究呈逐漸增加的趨勢，並且在生理、心理及傳染性疾病三方面均可見相關研究案例。(三) 降雨之相關研究目前仍甚少見，少數幾個應用案例主要聚焦於傳染性疾病之影響；建議後續研究可進一步分析降雨之生、心理效應。

表一

空間資訊技術於國內氣候變遷及健康議題之文獻統整

第一作者 (年份)	主 題	使用之空間資訊技術
溫度 (極端溫度)		
陳永明 (2018)	溫度 vs. 重鬱症	GIS 空間分析
Roslan (2016)	溫度 vs. 登革熱	GIS 空間分析
C. Y. Wu (2016)	溫度 vs. 登革熱	GIS 空間分析
Sung (2011)	溫度 vs. 思覺失調症	GIS 空間分析、克利金法
Sung (2013)	溫度 vs. 雙相情緒障礙症	GIS 空間分析、克利金法
Lai (2011)	溫度 vs. 登革熱	GIS 空間分析
P. C. Wu (2011)	溫度 vs. 心血管	GIS 空間分析、克利金法
Kuan (2010)	溫度 vs. 登革熱	GIS 空間分析
C. M. Lin (2009)	溫度 vs. 心血管死亡風險	GIS 空間分析
P. C. Wu (2009)	溫度 vs. 登革熱	GIS 空間分析
降雨		
Wen (2016)	降雨 vs. 登革熱	GIS 空間分析
M. J. Chen (2012)	降雨 vs. 登革熱、桿菌性痢疾、日本腦炎、鉤端螺旋體病、類鼻疽病	GIS 空間分析
空氣污染		
細懸浮微粒		
L. T. Yang (2018)	PM ₁₀ 、NO ₂ vs. 心血管疾病	GIS 空間分析
Y. Y. Chen (2017)	PM _{2.5} 、NO ₂ 、CO vs. 結核病	GIS 空間分析、核密度分析 (KDE)
Yeh (2017)	PM _{2.5} vs. 膀胱癌	GIS 空間技術、克利金法
C. R. Jung (2016)	PM _{2.5} 、CO、NO ₂ 、SO ₂ vs. 川崎氏症	GIS 空間分析、距離反比權重法
W. C. Pan (2016)	PM _{2.5} vs. 谷丙轉氨酶及肝癌	GIS 空間技術、克利金法
Y. R. Yang (2017)	PM ₁₀ 、PM _{Coarse} 、PM _{2.5} 、PM _{absorbance} vs. 慢性腎臟疾病	GIS 空間分析、克利金法、環域分析
S. Y. Chen (2015)	PM ₁₀ 、PM _{2.5} vs. 糖尿病	GIS 空間分析
Su (2015)	PM ₁₀ 、PM _{2.5} 、NO _x vs. 心血管疾病、動脈粥樣硬化	GIS 空間分析
C. M. Lin (2013)	PM ₁₀ 、PM _{2.5} vs. 心血管疾病	GIS 空間分析
Wang (2018)	PM _{2.5} vs. 皮膚炎、多發性肌炎、系統性硬化症	衛星遙測技術、AOD
Zhang (2018)	PM _{2.5} vs. 糖尿病	衛星遙測技術、AOD
C. J. Liu (2016)	PM _{2.5} vs. 呼吸系統疾病過敏性鼻炎	衛星遙測技術、AOD
C. C. Chan (2008)	PM ₁₀ 、PM _{2.5} 、SO ₄ ²⁻ 、NO ₃ ⁻ 、EC、OC、NO ₂ 、O ₃ 、SO ₂ vs. 缺血性心臟病、腦血管疾病和慢性阻塞性肺病	衛星遙測技術、NOAA (AVHRR)
其他污染物質		
Jung (2018)	CO、NO ₂ 、O ₃ 、SO ₂ vs. 自閉症	GIS 空間分析、距離反比權重法
K. F. R. Liu (2015)	O ₃ 、CO ₂ vs. 心血管疾病	GIS 空間分析、克利金法
T. C. Chan (2009)	NO ₂ 、O ₃ 、SO ₂ vs. 氣喘	GIS 空間分析、克利金法

註：GIS = geographic information system；KDE = kernel density estimation；AOD = aerosol optical depth；NOAA = National Oceanic and Atmospheric Administration；AVHRR = advanced very high resolution radiometer。

參考文獻

王 越、劉小平、黎 夏、姚 堯、盛艷玲 (2017)· 基於多窗口線性回歸模型的浙北地區冬季氣溫估算· *地理與地理信息科學*, 2, 45-51. [Wang, Y., Liu, X. P., Li, X., Yao, Y., & Sheng, Y. L. (2017). Estimation of winter

temperature in northern Zhejiang province based on multi-window linear regression model. *Geography and Geo-Information Science*, 2, 45-51.]

張子瑩、劉說安 (2005)· 利用LANDSAT資訊反演大氣溫度以評估熱島效應之強度· *航測及遙測學刊*, 10 (4), 385-392. [Chang, T. Y., & Liou, Y. A. (2005).

- Using LANDSAT data-derived air temperature to quantify the magnitude of urban heat island effect. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 10(4), 385–392. [https://doi.org/10.6574/JPRS.2005.10\(4\).7](https://doi.org/10.6574/JPRS.2005.10(4).7)
- 陳乃慈、林柏秀、郭育良 (2018) · 提升國人氣候變遷之健康識能與調適策略研究計畫 (研究計畫編號 PG10611-0143) · 苗栗縣：國家衛生研究院。[Chen, N. T., Lin, P. H., & Guo, Y. L. (2018). *Research program to improve national health knowledge and adaptation strategies related to climate change* (Research Grant PG10611-0143). Miaoli County, Taiwan, ROC: National Health Research Institutes.]
- 陳永明主編 (2018) · 臺灣氣候的過去與未來 · 新北市：國家災害防救科技中心。[Chan, W. M. (Ed.). (2018). *The past and future of Taiwan's climate*. New Taipei City, Taiwan, ROC: National Science and Technology Center for Disaster Reduction.]
- 衛生福利部 (2018) · 因應氣候變遷之健康衝擊政策白皮書 (二版) · 取自 <https://www.mohw.gov.tw/cp-26-36887-1.html> [Ministry of Health and Welfare, Taiwan, ROC. (2018). *White paper on policy responses to the health impacts to climate change (2nd ed.)*. Retrieved from <https://www.mohw.gov.tw/cp-26-36887-1.html>]
- 環境保護署 (2015) · 認識細懸浮微粒 PM_{2.5} · 台北市：作者。[Environmental Protection Administration, Taiwan, ROC. (2015). *Understanding fine aerosol PM_{2.5}*. Taipei City, Taiwan, ROC: Author.]
- Chan, C. C., Chuang, K. J., Chen, W. J., Chang, W. T., Lee, C. T., & Peng, C. M. (2008). Increasing cardiopulmonary emergency visits by long-range transported Asian dust storms in Taiwan. *Environmental Research*, 106(3), 393–400. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2007.09.006>
- Chan, T. C., Chen, M. L., Lin, I. F., Lee, C. H., Chiang, P. H., Wang, D. W., & Chuang, J. H. (2009). Spatiotemporal analysis of air pollution and asthma patient visits in Taipei, Taiwan. *International Journal of Health Geographics*, 8(1), 26. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-8-26>
- Chen, M. J., Lin, C. Y., Wu, Y. T., Wu, P. C., Lung, S. C., & Su, H. J. (2012). Effects of extreme precipitation to the distribution of infectious diseases in Taiwan, 1994–2008. *PLoS One*, 7(6), e34651. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034651>
- Chen, S. Y., Wu, C. F., Lee, J. H., Hoffmann, B., Peters, A., Brunekreef, B., ... Chan, C. C. (2015). Associations between long-term air pollutant exposures and blood pressure in elderly residents of Taipei City: A cross-sectional study. *Environmental Health Perspectives*, 123(8), 779–784. <https://doi.org/10.1289/ehp.1408771>
- Chen, Y. Y., Chang, J. R., Wu, C. D., Yeh, Y. P., Yang, S. J., Hsu, C. H., ... Dou, H. Y. (2017). Combining molecular typing and spatial pattern analysis to identify areas of high tuberculosis transmission in a moderate-incidence county in Taiwan. *Scientific Reports*, 7(1), 5394. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-05674-6>
- Environmental Protection Agency, United States. (n.d.). *Particulate matter (PM) pollution*. Retrieved from <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2013). *Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Jung, C. R., Chen, W. T., Lin, Y. T., & Hwang, B. F. (2016). Ambient air pollutant exposures and hospitalization for Kawasaki disease in Taiwan: A case-crossover study (2000–2010). *Environmental Health Perspectives*, 125(4), 670–676. <https://doi.org/10.1289/EHP137>
- Jung, C. R., Lin, Y. T., & Hwang, B. F. (2018). Correction: Air pollution and newly diagnostic autism spectrum disorders: A population-based cohort study in Taiwan. *PLoS One*, 13(8), e0202996. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202996>
- Kuan, M. M., Lin, T., Chuang, J. H., & Wu, H. S. (2010). Epidemiological trends and the effect of airport fever screening on prevention of domestic dengue fever outbreaks in Taiwan, 1998–2007. *International Journal of Infectious Diseases*, 14(8), e693–e697. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2009.12.010>
- Lai, L. W. (2011). Influence of environmental conditions on asynchronous outbreaks of dengue disease and increasing vector population in Kaohsiung, Taiwan. *International Journal of Environmental Health Research*, 21(2), 133–146. <https://doi.org/10.1080/09603123.2010.515670>
- Lin, C. M., & Kuo, H. W. (2013). Sex-age differences in association with particulate matter and emergency admissions for cardiovascular diseases: A hospital-based

- study in Taiwan. *Public Health*, 127(9), 828–833. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2013.04.010>
- Lin, C. M., & Liao, C. M. (2009). Temperature-dependent association between mortality rate and carbon monoxide level in a subtropical city: Kaohsiung, Taiwan. *International Journal of Environmental Health Research*, 19(3), 163–174. <https://doi.org/10.1080/09603120802460384>
- Lin, Y. K., Maharani, A. T., Chang, F. T., & Wang, Y. C. (2019). Mortality and morbidity associated with ambient temperatures in Taiwan. *Science of the Total Environment*, 651(1, Pt.), 210–217. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.161>
- Liu, C. J., Liu, C. Y., Mong, N. T., & Chou, C. C. K. (2016). Spatial correlation of satellite-derived PM_{2.5} with hospital admissions for respiratory diseases. *Remote Sensing*, 8(11), 914. <https://doi.org/10.3390/rs8110914>
- Liu, K. F. R., Hung, M. J., Kuo, J. Y., & Liang, H. H. (2015). Using GIS and Kriging to analyze the spatial distributions of the health risk of indoor air pollution. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 3(6), 20–25. <https://doi.org/10.4236/gep.2015.36004>
- Pan, W. C., Wu, C. D., Chen, M. J., Huang, Y. T., Chen, C. J., Su, H. J., & Yang, H. I. (2016). Fine particle pollution, alanine transaminase, and liver cancer: A Taiwanese prospective cohort study (REVEAL-HBV). *JNCI: Journal of the National Cancer Institute*, 108(3), djv341. <https://doi.org/10.1093/jnci/djv341>
- Roslan, N. S., Latif, Z. A., & Dom, N. C. (2016, August). Dengue cases distribution based on land surface temperature and elevation. *2016 7th IEEE Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC)*, Shah Alam, Malaysia. <https://doi.org/10.1109/ICSGRC.2016.7813307>
- Su, T. C., Hwang, J. J., Shen, Y. C., & Chan, C. C. (2015). Carotid intima-media thickness and long-term exposure to traffic-related air pollution in middle-aged residents of Taiwan: A cross-sectional study. *Environmental Health Perspectives*, 123(8), 773–778. <https://doi.org/10.1289/ehp.1408553>
- Sung, T. I., Chen, M. J., Lin, C. Y., Lung, S. C., & Su, H. J. (2011). Relationship between mean daily ambient temperature range and hospital admissions for schizophrenia: Results from a national cohort of psychiatric inpatients. *Science of the Total Environment*, 410–411, 41–46. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.09.028>
- Sung, T. I., Chen, M. J., & Su, H. J. (2013). A positive relationship between ambient temperature and bipolar disorder identified using a national cohort of psychiatric inpatients. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 48(2), 295–302. <https://doi.org/10.1007/s00127-012-0542-5>
- Wang, C. M., Jung, C. R., Chen, W. T., & Hwang, B. F. (2018, August). *Association between PM_{2.5} and systemic autoimmune rheumatic diseases: A cohort study in Taiwan from 2001 to 2011*. Paper presented at the ISES-ISEE 2018 Joint Annual Meeting, Ottawa, Canada. Abstract retrieved from <https://isesisee2018.org/wp-content/uploads/2018/09/Abstract-Book-V4-COMPLEET-04-09.pdf>
- Wen, T. H., Lin, M. H., & Li, M. H. (2016). Potential effects of climate changes on dengue transmission: A review of empirical evidences from Taiwan. In R. Akhtar (Ed.), *Climate change and human health scenario in South and Southeast Asia* (pp. 269–281). Cham, Switzerland: Springer.
- Wu, C. Y., Lin, S. Z., & Yeh, C. H. (2016). *Application of geographic information system to control dengue outbreak in Tainan City Taiwan 2015*. Proceedings of the 2016 6th International Conference on Machinery, Materials, Environment, Biotechnology and Computer, Tianjin, China. <https://doi.org/10.2991/mmebc-16.2016.335>
- Wu, P. C., Lay, J. G., Guo, H. R., Lin, C. Y., Lung, S. C., & Su, H. J. (2009). Higher temperature and urbanization affect the spatial patterns of dengue fever transmission in subtropical Taiwan. *Science of the Total Environment*, 407(7), 2224–2233. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.11.034>
- Wu, P. C., Lin, C. Y., Lung, S. C., Guo, H. R., Chou, C. H., & Su, H. J. (2011). Cardiovascular mortality during heat and cold events: Determinants of regional vulnerability in Taiwan. *Occupational and Environmental Medicine*, 68(7), 525–530. <https://doi.org/10.1136/oem.2010.056168>
- Yang, L. T., Chang, Y. M., Hsieh, T. H., Hou, W. H., & Li, C. Y. (2018). Associations of ambient temperature with mortality rates of cardiovascular and respiratory diseases in Taiwan: A subtropical country. *Acta Cardiologica Sinica*, 34(2), 166–174. [https://doi.org/10.6515/ACS.201803_34\(2\).20171101A](https://doi.org/10.6515/ACS.201803_34(2).20171101A)
- Yang, Y. R., Chen, Y. M., Chen, S. Y., & Chan, C. C. (2017).

Associations between long-term particulate matter exposure and adult renal function in the Taipei metropolis. *Environmental Health Perspectives*, 125(4), 602–607. <https://doi.org/10.1289/EHP302>

Yeh, H. L., Hsu, S. W., Chang, Y. C., Chan, T. C., Tsou, H. C., Chang, Y. C., & Chiang, P. H. (2017). Spatial analysis of ambient PM_{2.5} exposure and bladder cancer mortality in Taiwan. *International Journal of Environmental Research*

and Public Health, 14(5), 508. <https://doi.org/10.3390/ijerph14050508>

Zhang, Z., Hoek, G., Chang, L. Y., Chan, T. C., Guo, C., Chuang, Y. C., ... Lao, X. Q. (2018). Particulate matter air pollution, physical activity and systemic inflammation in Taiwanese adults. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 221(1), 41–47. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.10.001>

Application of Geospatial Information Technologies in Assessing Changes in Regional Health Risks Related to Climate Change

Chih-Da WU

ABSTRACT: Changes in climate and global warming trends impact the ecological balance as well as human health. The recent development of geospatial information technologies such as Geographic Information Systems (GIS) and remote sensing provides useful tools to assess the impacts of climate changes on human health over large areas. This article aimed to conduct a literature review related to the application of geospatial information technologies in order to assess climate-change-related health risks in Taiwan, with primary outcomes of interest including physiological and mental health and infectious diseases. Three environmental factors, including temperature, precipitation, and air pollution, and their impacts on human health were considered. Comments were raised for future studies in Taiwan on this subject area. Among the hundred papers reviewed, 28 were related to the target topic, and air pollution and fine particle studies were the focus of most of these 28 papers. Studies related to extreme temperature indicted growing concern with this issue. However, limited research was found related to precipitation and environmental greenness. Therefore, future studies should pay greater attention to these two environmental issues. We hope that the findings of this literature review will encourage more researchers to investigate this subject.

Key Words: climate changes, geospatial information technologies, Taiwan, health risk assessment, literature review.

Accepted for publication: March 27, 2019

PhD, Assistant Professor, Department of Geomatics, National Cheng Kung University.

Address correspondence to: Chih-Da WU, No. 1, University Rd., Tainan City 70101, Taiwan, ROC.

Tel: +886 (6) 275-7575 ext. 63841; E-mail: chidawu@mail.ncku.edu.tw

引用格式 吳治達 (2019) · 空間資訊技術應用於氣候變遷下地區健康風險評估 · 護理雜誌, 66(3), 14–22。 [Wu, C. D. (2019). Application of geospatial information technologies in assessing changes in regional health risks related to climate change. *The Journal of Nursing*, 66(3), 14–22.] [https://doi.org/10.6224/JN.201906_66\(3\).03](https://doi.org/10.6224/JN.201906_66(3).03)