

## 應用空品感測器大數據分析區域綠化變遷對都市長期降溫之影響

陳育成\*

**關鍵字：**都市熱島，微型感測器，常態化植生指標，環域分析，都市規劃

### 摘要

近年來都市高溫化的議題影響到多元面向的議題，其中都市規劃對於減緩熱島現象已成為重要的策略之一，本研究主要探討臺中市長期熱點區域的綠化特徵及其對氣溫的影響。在氣候資訊方面利用臺中市環保局的 1411 台微型感測器系統的溫度資訊收集了從 2020 至 2023 年的高時空解析度的熱環境數據，在環境綠化資訊方面，本研究使用了常態化植生指數 (NDVI) 作為其在綠化變遷中對於綠覆率計算的應用。資料分析的方式本研究則使用環域分析，透過半徑 250 公尺的範圍獲取台中市各熱點區域中不同年份的溫度值與 NDVI 值。結果顯示 NDVI 越高，熱點內之溫度與台中市全市平均溫度之差值將會有下降之趨勢，代表升溫現象將會因綠地覆蓋率的提高而有效產生抑制效果，並說明區域內植栽之數量越多，可以降低熱點較全台中平均溫度之升溫趨勢，而在量化分析上，常態化植生指標每增加 0.05，熱點與平均溫度的差距將能減少 0.6°C，關聯性之相關係數為 0.78。進一步本研究並提出了相關的研究建議，包括增加綠化面積、選擇適合的植物品種、設計綠屋頂和垂直綠化，以及鼓勵民眾和企業參與植物種植。最後研究結果顯出了綠化對降溫的重要性，並發現綠化對於都市長期的降溫具有應用於未來都市規劃和氣候適應發展的意義。

## Analyzing the impact of regional green changes on long-term urban cooling through air sensor data

YU-CHENG CHEN\*

**KEYWORDS:** Urban Heat Island, Air Sensors, Normalized Difference Vegetation Index, Buffer Zone Analysis, Urban Planning Strategies

Recent urban warming underscores the importance of urban planning in mitigating heat island effects. This study examines the greening impact on temperature in Taichung City's hotspot areas. Utilizing data from 1411 air sensors, we analyze temperature trends from 2020 to 2023. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) is employed to assess greening changes. The data were analyzed by using a 250-meter radius buffer zone to obtain the temperature and NDVI values of each hotspot area in Taichung City for different years. Results indicate a correlation between higher NDVI values and decreased temperature differentials between hotspots and citywide averages. The difference between the temperature in the hotspot and the citywide average temperature in Taichung City will decrease, which means that the warming phenomenon will be effectively suppressed by the increase in the coverage of green space, and that the more plants in the area, the more it will reduce the warming trend of the hotspot compared to the average temperature. For each 0.05 increase in NDVI, temperature differentials decrease by 0.6°C with a correlation coefficient of 0.78. The study also puts forward related recommendations, including increasing the area of green space, choosing suitable plant species, designing green roofs and vertical greenery, and encouraging the public and enterprises to participate in plant planting. Finally, the results of this study showed the importance of greening for temperature reduction and found that greening has implications for long-term urban temperature reduction that can be applied to future urban planning and climate adaptive development.

收件日期：2024.04.08；接受日期：2024.04.26

\*助理教授（通訊作者 leo2208808@gmail.com）

南華大學建築學系

## 一、緒論

全球城市化進程的加速不僅改變了地球表面的植被結構，包含人造鋪面與建築量體取代了原本的綠地與水體等也都加劇了都市熱島效應和氣候變化等問題，對城市生活品質和環境永續產生了嚴重的影響(Chen et al., 2019; Shih et al., 2020)。台中市，作為臺灣中部主要城市之一，同樣面臨著這些挑戰，過去研究也顯示台中市的熱島效應明顯且具有高度熱風險壓力(Lin et al., 2017)。都市熱島效應導致城市地區的氣溫明顯高於周邊郊區和農村地區，這對市民的生活和健康都帶來了不容忽視的影響(Kim et al., 2012)。

因此，有必要對台中市的城市熱島效應進行深入研究，以制定有效的對策和措施，減緩城市熱島效應的發展趨勢，改善城市環境質量，提高市民的生活品質。過去對都市熱島的研究方式多透過實地測量、模擬或是遙測等方式(Son et al., 2017; Chen et al., 2018)，但實地測量往往因為測量點為不足而無法有效地呈現因不同區域不同的建成環境狀態而產生的微氣候差異，而模擬方式則會被研究範圍所限制，如欲探討都市尺度的區域將使得數據取得非常不易且費時，同時也須考量到驗證之議題，而遙測的方式則主要透過地表溫度來進行熱島的分布呈現，但時間受限於衛星拍攝的限制無法取得多時段的數據。

而地表覆蓋過去也被發現與熱環境有關聯，但如要取得不同年度的綠地資訊，則透過衛星資訊將會是一個有效率的方式，不同年分的資料可以迅速透過開源的方式進行計算與處理，並且有高空間解析度的圖資可以更好的了解都市內小區域的建成環境特徵。因此本研究議題為 1.大範圍都市尺度高時間解析度的氣候資料取得不易，2.逐年的地表綠化量的資訊較難透過土地使用圖資取得，3.都市熱島造成台中市多處區域形成熱點產生都市發展影響。而研究的目的則是 1.透過空品感測器大數據中空氣溫度的資訊，分析都市中長時間的熱環境分布狀況，2.利用 Landsat8 衛星產製常態化植生指標（Normalized Difference Vegetation Index, NDVI）資訊用於量化都市中綠化長期變化之狀況，3.分析綠化對於降溫之影響以提供都市永續發展之規畫設計建議。

## 二、研究方法

### 2.1 研究地點

本研究的基地位於台中市，該市正積極推動城市化進程，其面積達到 2,215 平方公里，擁有約 282 萬居民，是台灣第二大城市，也是臺灣第二都會區「臺中都會區」的核心。人口密度高達 1,273.86 人／平方公里。台中市屬於台灣亞熱帶氣候區，氣候溫和，全年平均氣溫為 24.7℃，七月份平均氣溫為 29.3℃，且夏季最高溫度常可達到 39℃，年平均相對濕度為 73.7%。

### 2.2 氣候資料

本研究利用臺中市環保局已建置的 1411 台微型感測器系統(圖 1a)，對臺中市的溫度進行監測，並細緻探討了都市熱島現象的演變以及綠化對溫度的影響。這些空氣品質感測器主要設置在電線桿和路燈上，覆蓋臺中市的 20 個行政區，以確保測站的均勻分佈和高密度覆蓋。感測器安裝在離地二公尺高處，並配備夜間儲電系統，以確保全天候的供電。測量項目包括溫度、濕度和懸浮微粒等環境數據，溫度範圍為 0℃ 至 80℃，準確度為 0.1℃。這些微型感測器具有通風、防水、防墜落和通訊等功能(圖 1b)。每三分鐘收集一次數據，並使用 2020 至 2023 年的溫度資訊進行研究分析，本研究透過各熱點區域內的溫度與全市平均溫度之差值來評估溫度變化，以更清楚地了解熱點區域高溫的原因，並量化分析綠化對溫度的實際影響。



圖 1 (a) 臺中市空品感測器分布現況圖, (b) 空氣品質微型感測器

### 2.3 常態化植生指標

本研究使用 NDVI 作為定義綠化量的指標，其是透過衛星拍攝的影像資訊計算的數值，可用於評估特定地區的植被生長情況，常用於綠化變遷的分析。植物的葉綠素吸收可見光進行光合作用，導致可見光的吸收。

同時，植物的葉片對近紅外光有反射，這成為評估植物健康的敏感指標。透過計算兩個波段的輻射差異來觀察植被變化。NDVI 的值範圍介於-1 到 1 之間，當紅光波段為 0 時，NDVI 達到最大值 1；相反，當近紅外波段為 0 時，NDVI 達到最小值-1。數值在 0 以下表示水體，0 至 0.3 表示建築或人造物，而超過 0.3 則表示綠色植被。

本研究使用 Landsat 8 衛星影像在 Google Earth Engine 平台上計算 NDVI，分別於 2020/05/05、2021/05/24、2022/05/10 和 2023/05/11 取得影像資訊，以五月份的影像作為計算植生指標的基準，因五月份的雲量覆蓋率相對較低，選擇此時段進行分析，本計畫選擇之影像標準為低於百分之十。

### 2.4 環域分析

本研究利用 2020 至 2023 年間六個主要熱點區域，包括大里工業區、南七期重劃區、霧峰工業區、太平工業區、帝國糖廠和大里國小，進行環境域分析。本研究於每個熱點環域內皆設定了規則的點位，以套疊不同年份的 NDVI 和溫度值。

過去的研究指出，環境域範圍的尺寸在 200 到 300 公尺半徑之間時，各因子與氣候資訊之間呈現較高度的相關性(Chen et al., 2018)。因此，本計畫選擇以 250 公尺作為環境域的範圍。透過 QGIS 軟體，計算熱點點位在 250 公尺範圍內的空氣溫度和常態化植生指標值，以進行地表綠覆蓋和熱環境之間的關聯性分析(圖 2)。

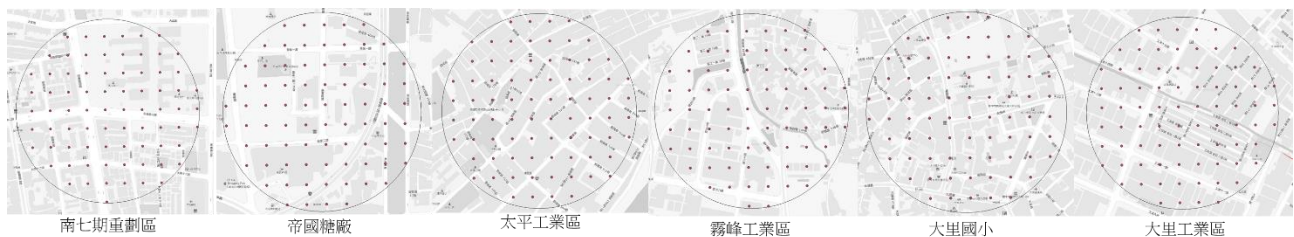


圖 2 熱點環域分布圖

### 三、研究結果

#### 3.1 歷年溫度變化

在臺中市，2020 年五月各熱點區域的平均溫度為大里工業區 27.0℃、南七期重劃區 27.2℃、霧峰工業區 27.3℃、太平工業區 27.1℃、帝國糖廠 27℃、大里國小 27℃。至於 2021 年五月，各區平均溫度分別為大里工業區 28.2℃、南七期重劃區 30.1℃、霧峰工業區 29.4℃、太平工業區 28.3℃、帝國糖廠 29.4℃、大里國小 28.2℃。2022 年五月，各區平均溫度分別為大里工業區 27.2℃、南七期重劃區 26.5℃、霧峰工業區 27℃、太平工業區 27.1℃、帝國糖廠 26.8℃、大里國小 27.4℃。至於 2023 年五月，各區平均溫度分別為大里工業區 28.3℃、南七期重劃區 28℃、霧峰工業區 27.4℃、太平工業區 28.3℃、帝國糖廠 28.2℃、大里國小 28.2℃。透過 2020 年至 2023 年夏季五月溫度資訊進行平均，並運用地理資訊系統中的反距離權重法，結果顯示 2020 年溫度分布約介於 18.9℃至 28.6℃之間，2021 年溫度分布約介於 22.5℃至 31.6℃之間，2022 年溫度分布約介於 15.1℃至 30.5℃之間，2023 年溫度分布約介於 17.7℃至 33.1℃之間(圖 3)。

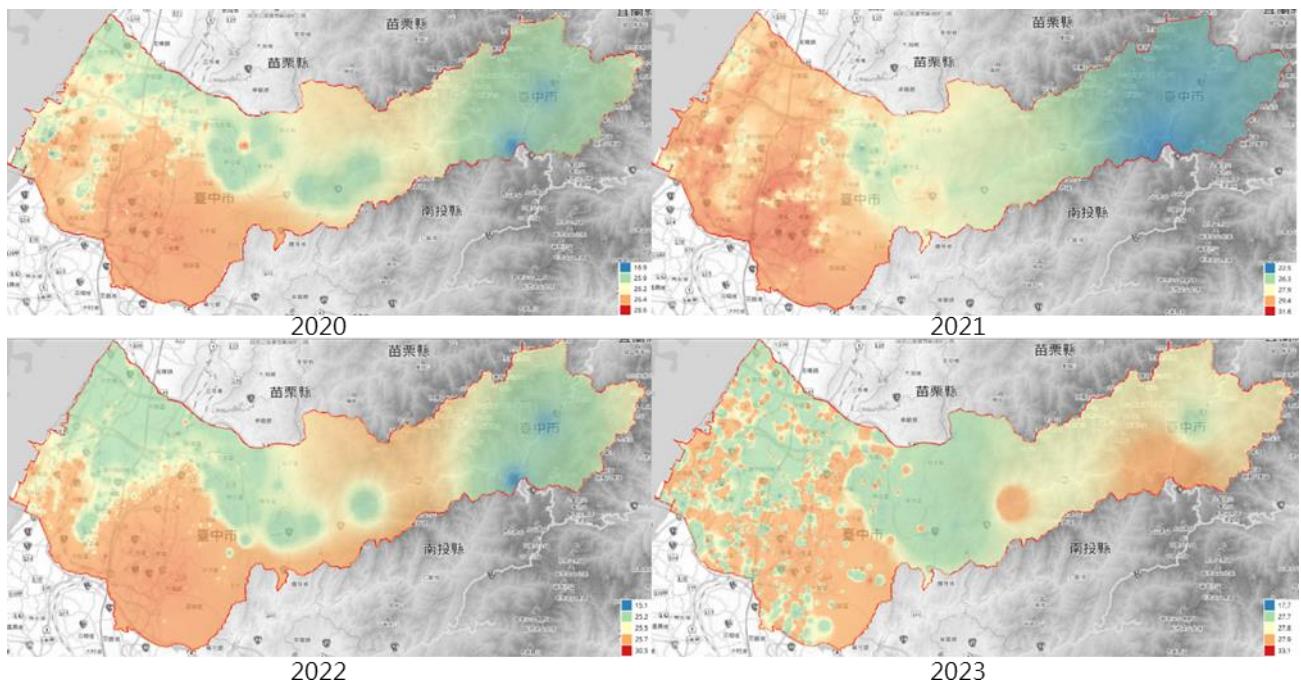


圖 3 台中市 2020-2023 歷年年平均溫度變化圖

#### 3.2 環境綠化變遷

本研究以環域方式分析 2020 至 2023 年間六個熱點區域的 NDVI 分佈，避免僅使用單點數據分析的限制，以較完整的資訊涵蓋範圍。大里工業區 2020 年五月環域內平均 NDVI 為 0.13，2021 年為 0.28，2022 年為 0.14，2023 年為 0.15。南七期重劃區 2020 年五月環域內平均 NDVI 為 0.2，2021 年為 0.16，2022 年為 0.12，2023 年為 0.16。霧峰工業區 2020 年五月環域內平均 NDVI 為 0.14，2021 年為 0.23，2022 年為 0.18，2023 年為 0.23。太平工業區 2020 年五月環域內平均 NDVI 為 0.15，2021 年為 0.29，2022 年為 0.15，2023 年為 0.16。帝國糖廠 2020 年五月環域內平均 NDVI 為 0.2，2021 年為 0.19，2022 年為 0.16，2023 年為 0.18。大里國小 2020 年五月環域內平均 NDVI 為 0.18，2021 年為 0.17，2022 年為 0.15，2023 年為 0.17(圖 4)。



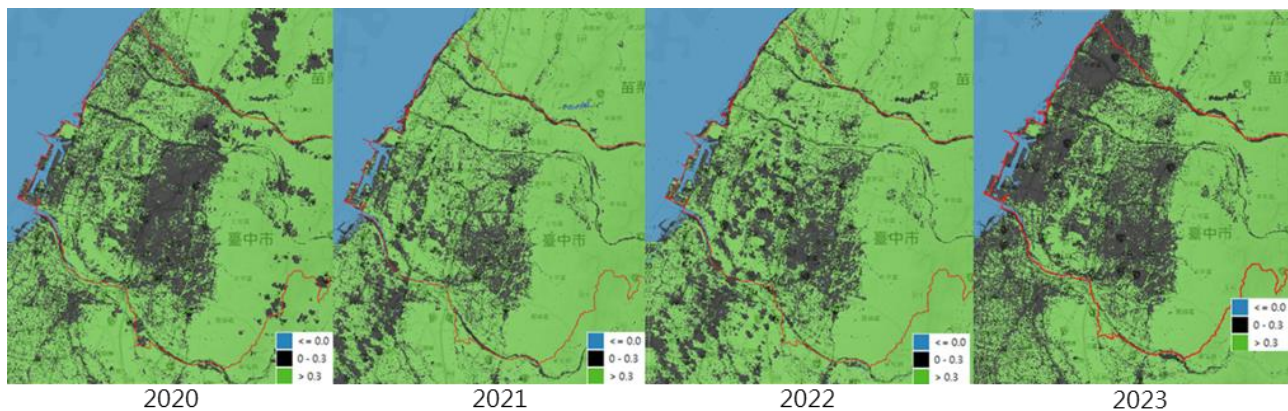


圖 4 台中市 2020-2023 歷年常態化植生指數歷年分布

### 3.3 綠化對降溫之影響

比較不同年度的地表覆蓋差異及時段內溫度值，無法充分理解大尺度整體環境氣候對溫度差異的影響。因此，本計畫使用各熱點區域內溫度與全市平均溫度之差值作為評估指標，以更清楚了解熱點區域造成較高溫的原因，並量化分析常態化植生指標對溫度的實際影響。透過分析 2020 至 2023 年不同年度五月份的熱點環境範圍內的平均常態化植生指數，以及熱點區域平均溫度與全市平均溫度之差異，結果顯示常態化植生指數越高，熱點區域內溫度與全市平均溫度之差值越小，即熱點區域內溫度升高受到綠地覆蓋率提高的抑制效果。

在量化分析方面，每增加 0.05 的常態化植生指數，熱點與平均溫度的差距可減少 0.6℃，相關係數為 0.78，決定係數為 0.6097。研究顯示六個熱點區域的常態化植生指標介於 0.1 至 0.2 之間，屬於較低綠化狀態，因此即使數值在不同年份有所增減，對成為都市熱點的潛力影響有限，降溫效果也有限。然而，在常態化植生指標較低的區域，如低於 0.2 的範圍內進行綠化，若能提升至 0.3，則具有減少與平均溫度溫差 1.2℃的潛力(圖 5)。

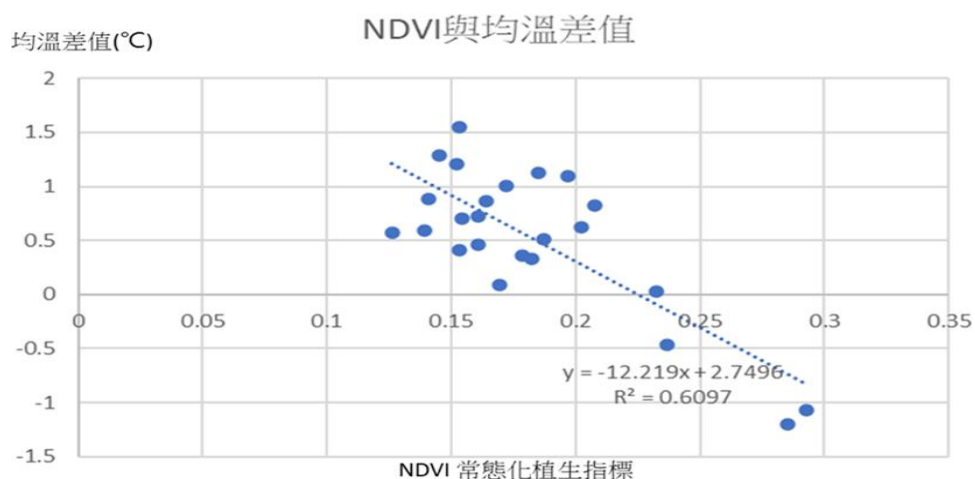


圖 5 台中市 2020-2023 常態化植生指標與單溫差質之關聯

## 四、研究建議

常態化植生指數是一種用於評估地表植被狀態的指標，可應用於城市規劃，以減緩城市熱島效應，改善城市氣候。本計畫根據常態化植生指標與溫度的關聯性結果，提出透過常態化植生指數進行降溫的都市規劃建議：1.增

加綠化面積：擴大台中市的公園、綠地和樹木面積，提升城市整體的常態化植生指數值，有助於降低全市平均溫度。每增加 0.1 的常態化植生指數，可使都市溫度降低 0.08 度。在相同面積下，將公園綠地零碎化布局，如口袋型和街角型公園，能增加綠地與城市環境的接觸邊緣，提高降溫效果。2.選擇適合的植物品種：過去研究顯示，葉面積指數與常態化植生指數高度相關。因此，選擇適合的植物品種種植，如枝葉茂密、葉面積密度高的喬木，如夾竹桃、茄苳、落羽松等，有助於提高常態化植生指數值，增加城市綠化的降溫效果。3.設計綠屋頂和垂直綠化：在建築物上增設綠色屋頂和垂直綠化，能提高區域內的常態化植生指數值，同時降低建築物表面溫度，減少室內空調的能源使用，進而減緩台中市熱點的高溫現象和熱島效應。4.鼓勵民眾及企業種植植物：透過政策鼓勵居民在家中陽台、庭院或社區空地種植植物，並提供企業進行植樹的建議，尤其優先考慮在熱點位置進行植樹。這些措施有助於提高台中市整體的常態化植生指數值，達到降溫效果。透過以上方式，可以使台中市在應對高溫威脅時更具有氣候適應性和降溫潛力，實現永續環境的城市韌性。

## 五、結論

透過對臺中市熱點區域的環境和溫度變化進行深入分析，本研究發現綠化對於城市溫度的重要影響。臺中市作為台灣第二大城市，其高人口密度和快速都市化過程使得熱島效應日益嚴重。然而，透過使用臺中市環保局已建置的 1411 台微型感測器系統，對溫度資料進行監測，並使用常態化植生指數作為評估指標，本研究藉由都市長年處於高溫狀況的六個熱點，發現高綠化程度的區域顯示出較低的溫度，說明了綠化對溫度調節的積極作用。而綠化對於降溫的效果在量化分析結果上發現，每增加 0.05 的常態化植生指數，熱點與平均溫度的差距可減少 0.6℃，相關係數為 0.78，決定係數為 0.6097。因此，建議採取多項措施以增加城市綠化，包括增加綠化面積、選擇適合的植物品種、設計綠屋頂和垂直綠化，以及鼓勵民眾和企業參與植物種植。這些措施不僅有助於減緩熱島效應的惡化，還可以改善居民的生活品質，提升城市的生態環境。本研究為臺中市未來的都市規劃和氣候適應策略提供了參考，有助於建設更加宜人和永續的城市環境。

## 參考文獻

1. Yu-Cheng Chen, Yu-Jie Liao, Chun-Kuei Yao, Tsuyoshi Honjo, Chi-Kuei Wang, Tzu-Ping Lin (2019). The application of a high-density street-level air temperature observation network (HiSAN): The relationship between air temperature, urban development, and geographic features. *Science of the Total Environment*, 685, 710-722.
2. Wan-Yu Shih, Sohail Ahmad, Yu-Cheng Chen, Tzu-Ping Lin, Leslie Mabon (2020). Spatial Relationship between Land Development Pattern and Intra-Urban Thermal Variations in Taipei. *Sustainable Cities and Society*, 62, 10245.
3. Tzu-Ping Lin, Yu-Cheng Chen, Andreas Matzarakis (2017). Urban thermal stress climatic mapping: Combination of long-term climate data and thermal stress risk evaluation. *Sustainable Cities and Society*, 34, 12-21.
4. Kim, Y.-M., Kim, S., Cheong, H.-K., Ahn, B., Choi, K. (2012). Effects of heat wave on body temperature and blood pressure in the poor and elderly. *Environ.Health Toxicol.* 27. e2012013.
5. Yu-Cheng Chen, Chun-Kuei Yao, Tsuyoshi Honjo, Tzu-Ping Lin (2018). The application of a high-density street-level air temperature observation network (HiSAN): Dynamic variation characteristics of urban heat island in Tainan, Taiwan. *Science of the Total Environment*, 626, 555-566.
6. Son, N.T., Chen, C.F., Chen, C.R., Thanh, B.X., & Vuong, T.H. (2017). Assessment of urbanization and urban heat islands in Ho Chi Minh City, Vietnam using Landsat data. *Sustainable Cities and Society*, 30, 150-161.