

# 關於「A study of Efficient GNSS Coordinate Classification Strategies for Epidemic Management」專題演講之心得報告

## 報告基本資訊

- 日期：2025 年 10 月 14 日
- 講者：陳忠信 副教授
- 題目：A study of Efficient GNSS Coordinate Classification Strategies for Epidemic Management
- 關鍵字：K-Nearest Neighbor、GNSS、座標分類、疫情管理、Point In Polygon (PIP)

## 1. 前言

本報告旨在針對陳忠信副教授關於「高效能 GNSS 座標分類策略於流行病管理之研究」的專題演講內容，提出個人的摘要、分析與心得。在全球公共衛生面臨嚴峻挑戰的今日，如何運用資訊科技提升防疫效能，已成為至關重要的課題。此研究主題直面疫情管理的核心需求——快速、精準地掌握大規模人群的地理分佈，其迫切性與重要性不言而喻。本報告將依序探討演講的核心內容、評估其技術價值與應用前景，並分享個人觀點與未來展望。

## 2. 演講核心內容摘要

本章節將系統性地梳理演講的核心論點，從問題的提出、現有技術的挑戰，到講者所提出的創新解決方案，以建立後續心得分析的基礎。

### 2.1 問題背景與研究動機

演講首先揭示了此研究的現實背景。近年來，如 COVID-19 等高傳染性疾病對全球人類健康、經濟與社會活動造成了深遠的衝擊。在這樣的背景下，「限制、追蹤、隔離」確診或高風險的目標群體（targets），被證實是減緩疫情擴散的關鍵手段。

然而，這項策略的成功與否，高度依賴於公共衛生單位能否即時且準確地掌握大量目標的地理位置。因此，本研究的切入點十分明確：如何利用已相當成熟的全球衛星導航系統（GNSS）技術，對海量的目標座標進行高效能的運算，並將其快速、準確地歸類至特定的管理區域（如行政區、里鄰），進而支援即時的醫療資源分配與防疫決策。

## 2.2 核心技術與現有挑戰

為解決上述問題，研究圍繞著兩項核心技術，並點出了其在實務應用上所面臨的瓶頸：

1. **點在多邊形內判斷 (Point in Polygon, PIP)**：這是地理資訊分析的基礎。簡而言之，PIP 演算法用於判斷一個地理座標點（如某位民眾的位置）是否落在一個特定的多邊形區域（如某個封鎖區）內。這是實現區域化管理的根本前提。
2. **K-鄰近演算法 (K-Nearest Neighbors, KNN)**：傳統的 KNN 演算法在進行分類預測時，通常包含三個步驟：
  - **步驟一**：計算待測點與所有訓練樣本之間的歐幾里得距離（Euclidean distance）。
  - **步驟二**：將所有樣本依據距離由近到遠排序。
  - **步驟三**：選取距離最近的  $K$  個樣本，並以「多數決」的方式決定待測點的類別。
3. 講者特別指出，雖然 KNN 概念簡單且有效，但在處理大規模地理資料時，其效能瓶頸極為顯著。瓶頸主要源於兩個階段：首先是計算待測點與全部  $n$  個樣本的距離，時間複雜度為  $O(nTD)$ ；其次是將這些距離排序以找出最近的鄰居，此步驟的計算成本更高，時間複雜度達到  $O(nTD^2)$ 。隨著樣本數量的增加，運算時間會急遽上升，難以滿足疫情管理所需的即時性。

## 2.3 講者提出的創新策略

為克服傳統 KNN 演算法的準確度與效能瓶頸，講者提出了包含一個準確度優化與兩種效率提升的組合策略：

1. **加權 KNN (Weighting KNN)**：為了解決真實世界中因人口密度等因素導致的樣本分佈不均問題，此方法引入了權重概念。在傳統 KNN「多數決」的基礎上，它根據「歐幾里得距離倒數」賦予鄰近樣本不同的權重。這意味著，距離待測點越近的樣本，在分類決策中擁有越大的影響

力。此舉能有效校正因某個區域樣本數較少，而在投票時被鄰近但更遠的大量樣本點所誤導的情況，從而提升分類的準確性。

為解決運算效率問題，講者進一步提出了兩種截然不同的優化路徑：

1. **動態過濾策略：自適應 KNN 分類 (Adaptive KNN Classification with ARF)**：此策略的核心在於避免對全體樣本進行暴力搜尋。它以待測點為中心，從一個小的矩形搜尋範圍開始，以迭代方式逐步擴大，直到找到足夠的  $K$  個鄰近點為止。這種「由內而外」的智慧搜尋方式，能大幅減少不必要的距離計算，尤其在資料密集區更為有效，從而顯著提升運算效率。
2. **預處理策略：網格初始化 KNN (Weighting-KNN with GI)**：此策略採取「先預處理，後查詢」的思路。它在運算前先將整個地理樣本空間網格化，將每個樣本點預先歸類到特定的格子中。當需要查詢時，演算法從待測點所在的格子開始，沿著預先定義的路徑向外逐層搜尋相鄰的格子，直到找到足夠的樣本為止。由於搜尋範圍從全體樣本縮小到幾個格子，其近鄰搜尋的時間複雜度可趨近於常數時間  $O(1)$ ，實現了極致的查詢速度。

總體而言，ARF 提供了一種動態、即時的過濾方案，而 GI 則是一種透過預處理換取極致查詢速度的方案，兩者共同為即時疫情管理提供了技術上的可行性。

### 3. 心得

在理解演講的核心內容後，本章節將從技術價值、應用前景及個人觀點三個層面，深入探討此研究帶來的啟示與思考。

#### 3.1 技術層面的價值評估

本研究最大的技術價值，在於並未提出單一的萬靈丹，而是針對「大規模即時地理資訊處理」此一特定場景，提供了兩種不同思維的優化路徑：動態過濾（ARF）與靜態預處理（GI），讓使用者能依據情境權衡「準確度」、「即時性」與「前置成本」。

ARF 策略的優勢在於其靈活性與通用性，它在不犧牲準確度的前提下，顯著改善了傳統 KNN 的效能，且無需額外的前置處理，適用於動態變化的資料集。

相比之下，GI 策略則展現了對極致效能的追求。實驗數據顯示，在處理大量資料時，GI 的處理時間比 ARF 快上數個數量級，幾乎不受樣本總數影響。然

而，這種速度是以「預處理成本」與「微小的準確度犧牲」換來的。在樣本數較少時，GI 的準確度略低於 ARF，但此差距會隨著樣本增加而彌合。

這種雙軌並進的解決方案，不僅是演算法的優化，更是針對公衛應用現實需求的務實考量，展現了研究者對問題深度的洞察。

### 3.2 應用前景與潛在影響

此研究的技術組合拳（ARF 的靈活性與 GI 的速度）在公共衛生與流行病管理領域具有廣泛的應用前景：

1. **精準防疫決策：** 在疫情爆發初期，疾病管制中心（CDC）等公衛機構可利用此技術，根據任務的急迫性與資料的動態性選擇最合適的演算法，在極短時間內將數以萬計的確診者或接觸者座標，快速歸類到其所屬的行政區域。這能幫助決策者即時識別出高風險熱區，從而進行更精準的資源調度與封鎖決策。
2. **跨領域應用潛力：** 此高效能的地理座標分類技術，其價值遠不止於疫情管理。它可以輕易地延伸至其他領域，例如：
  - **智慧城市：** 分析大型活動的人流分佈與疏散路徑，或進行交通流量監控。
  - **災害管理：** 在地震或洪水發生後，快速劃定受災範圍，並定位受困民眾以利救援。
  - **商業分析：** 零售業者可藉此分析顧客的地理來源，優化門市選址與行銷策略。

### 3.3 個人觀點與未來展望

我個人高度讚揚此研究，它不僅展現了扎實的技術深度，更重要的是直面大數據時代下傳統演算法在實際應用中所遭遇的效能瓶頸，並提出了具體、可行的優化方案。

演講內容也啟發了更深層次的實務性思考。鑑於 ARF 與 GI 兩種策略的鮮明權衡，未來研究或可探討：在何種公衛應用情境下，ARF 的動態靈活性會優於 GI 的極致速度？例如，對於需要頻繁、即時更新的疫情熱點劃定，GI 所需的預處理時間是否會成為瓶頸，從而使 ARF 成為更合適的選擇？反之，在進行基於靜態人口普查區塊的資源分配規劃時，GI 的一次性預處理成本是否就顯得微不足道？

總結而言，這次的專題演講內容豐富且深具啟發性，其研究成果對於未來公衛資訊系統的設計與開發，無疑提供了寶貴的參考方向與技術基礎。

#### 4. 參考文獻

郭浚銘，「應用於流行病管理之 KNN 為主的 GNSS 座標分類研究」，碩士論文，朝陽科技大學資訊與通訊系，2025。