

運用 AI 及 QGIS 等技術 結合跨域資料庫查核 路燈設置情形

蔡聖文、王秀如

（審計部臺灣省屏東縣審計室薦任審計員、簡任審計）

鑑於道路夜間照明不足而發生重大交通事故案件時有所聞。本文介紹審計機關為強化公共交通安全治理，以科學數據分析路燈設置地點與交通事故風險之關聯性，促請轄審鄉公所改善路燈設置情形，提升用路人交通安全，有效發揮以民為本之審計價值。

壹、前言

依據臺灣永續發展目標（TSDGs），核心目標 3：「確保及促進各年齡層健康生活與福祉」，具體目標 3.6 揭示：「降低交通事故死亡人數。」媒體報導，過去有黑暗公路稱號之屏東縣佳冬鄉戰備跑道，因未設置路燈照明設備而發生重大死亡車禍憾事，如 106 年發生老翁被貨車

撞倒後，又被後面車輛陸續輾過之不幸事故，顯示夜間交通事故之發生，與路燈設置完善與否息息相關。為瞭解政府對於路燈之配置是否妥適、設備亮度是否足夠，以期降低交通事故肇事風險，審計人員創新結合鄉公所路燈設置資訊及縣政府警察局交通事故統計等跨機關資料庫，並以 AI、地理資訊系統（QGIS）等數位審計工具進行分析，發掘問題癥結，藉以促請

鄉公所改善路燈設置情形，建立優質舒適的道路光環境，保障用路人安全。

貳、問題分析

縣政府警察局於 106 年發布新聞指出，轄內「縣道 188 線」105 年計有 93 件交通事故，其中人員死亡及受傷計 68 件，占 73.12%，且死傷人數達 85 人。審計人員為瞭解路燈設置間距、位置與夜間交通事故風險之關聯性，經洽請縣政府警察局提供「縣道 188 線」自 108 年至 114 年 6 月間所發生交通事故資料計 624 筆，篩選發生於夜間 6 點至清晨 6 點時段之交通事故計 145 筆（占 23.24%）。又前開「縣道 188 線」所經之同一鄉行政區內，尚有「省道台 1 線」、「縣道 187 甲線」及「縣道 189 線」等 4 條主要道路，經初步分析發現，

「縣道 188 線」長度 2,842 公尺，路燈數量 37 盞，平均每盞路燈間距 76.81 公尺，較另外 3 條主要道路稀疏（如表）。基此，再進一步構思以交通事故座標、時間與路燈設置點位進行空間比對分析，以瞭解其路燈分布之妥適性。

茲將本案查核時需因應解決的問題，分述如次：

一、如何證明夜間照明狀況與交通事故風險之關聯性

根據英國倫敦衛生與熱帶醫學院 Beyer, FR; Ker, K 於 2009 年公布 Street lighting for preventing road traffic injuries（用於預防道路交通傷害的街道照明）研究結果，街道照明可防止道路交通事故，且人們普遍認為街道照明具有安全功能，

表 道路長度及路燈數量間距比較

道路別	道路長度（公尺）	路燈數量（盞）	平均間距（公尺 / 盞）
縣道 187 甲線	3,430	77	44.55
縣道 188 線	2,842	37	76.81
縣道 189 線	2,633	88	29.92
省道台 1 線	2,952	121	24.40

註：1. 道路長度僅計算本文分析之行政區範圍。

2. 資料來源：整理自鄉公所提供資料。

並為道路設計之一部分；該項研究亦指出其侷限性，諸如研究方法之多樣性及實施地點之差異等。因此，本案如何證明道路夜間照明狀況與交通事故間風險之關聯性，以促使鄉公所重視並改善周邊暗巷夜間照明不足之區域，降低交通事故發生頻率，遂成為審計人員查核過程所面臨的第一項挑戰。

二、如何以科學方法檢視路燈設置之妥適性

鄉鎮市公所對於新設路燈之地點選擇，往往依據地方民意代表之建議。然而，此種選擇方式雖可滿足特定區域民眾之需求，然缺乏科學方法作為決策依據，常導致同一路燈分布不均，如台 1 線路燈相距最近 8 公尺，最遠 56 公尺，差距 7 倍。由於路燈分布過密將浪費公帑，分布不足則對於道路安全有不良影響，審計人員須思考如何以科學方法（包括對道路交通流量、交通事故發生率等數據分析）為準據，進行完善分析，始能有效促請地方政府更精準規劃轄內夜間照明之需求狀況，並進一步全面檢視評估及完善路燈設置，以確保夜間照明發揮最大效益。

參、創新查核技術方法

為探究上述夜間照明狀況與風險程度，及檢視路燈設置妥適性等所面臨之困

境，審計人員運用公所列管之路燈設置地點、燈杆長度、燈泡照度，及警察單位列管之交通事故清冊等跨機關資料庫，創新結合 AI、地理資訊系統（QGIS）、Excel VBA 等數位審計工具，進行跨機關資料庫大數據分析，查核路燈設置情形；規劃、查核及意見撰擬等階段，則運用 AI 輔助，以提升審計分析方法（Audit Analysis）之作業效率。茲將相關創新審計技術方法，列述如次：

一、規劃階段

（一）利用 ChatGPT 編寫 Excel VBA 程式，文字解析審計機關歷年審核通知，擷取所需，以大幅節省資料探勘時間

審計部「政府審計管理系統」啟用以來已逾 10 年，已累計大量審核通知，其審計意見極具參考價值。該系統可就受查單位、關鍵字等進行搜尋，如查詢關鍵字「路燈」即有高達 3 千多則審核通知；惟因資料量龐大，審計人員須先瞭解攸關路燈設置之相關法令規定後，再人工逐一查閱過濾，耗時費力。為突破此一困境，審計人員採取解析審核通知格式第一段多引據法令規定之特性，及基於引用相同法令規定之審核通知間具一定關聯性，思考使用 Excel VBA 自動解析每則審核通知之引用規定，並擷取所需內容

及排除重複者，以減少不符需求之審核通知，大幅縮短蒐集資料作業時間。

又審核通知常引用多項法令規定，審計人員為編寫 Excel VBA 程式語言，將符合條件之文字自動解析及擷取至指定欄位，遂向 ChatGPT 提問（圖 1），以即時獲得協助。相較於使用 Google 查詢程式語言僅可獲知相關案例，且須具備程式語言進階程度知能，始有能力解讀；而運用 ChatGPT 時，使用者僅需具備程式語言基礎知識即可完成工作，且在與 ChatGPT 答問之對談中，能增進自身程式語言編輯專業技能及修正謬誤之思考邏輯。

（二）運用 ChatGPT 解讀媒體報導，並以利害關係人角度換位思考，擴展審計思維面向

審計人員首先利用 Google 搜尋「路燈」相關媒體報導，再提供予 ChatGPT 解讀內容，並請 ChatGPT 以利害關係人立場解讀同一則新聞。由於 ChatGPT 可提供不同利害關係人（包括政府機關、民衆、環保團體及農業生產者等）觀點，舉如：政府機關通常會強調公共安全及節約能源；民衆大多關注於安全性，或對夜間休息之影響；環保團體較聚焦於光源污染及對生態系統之干擾；農業生

圖 1 利用 ChatGPT 撰寫 Excel VBA 程式語言

審核通知格式
依據○○○第○○條規定：「○○○。」
及○○○第○○條規定：「○○○。」經
查○○○，核有○○○等情事。

向ChatGPT提問，如何
將第1次出現的第
○○○」放在B欄、第
2次出現的第○○○」
放在C欄等等

你可以使用VBA來實現這個需求，以下是VBA代碼，它會將每個儲存格（從A1到A100）的文章中找到的「第○○○○」放到對應的B、C、D欄位中，如果一個儲存格有多於3個這樣的規定，它會繼續擴散在E、F、G欄位等。

打開Excel並按以下步驟操作：

1. 按 'Alt + F11' 打開VBA編輯器。
2. 點擊 'Insert' > 'Module' 插入一個新模組。
3. 複製並貼上以下代碼到模組中。
4. 按 'F5' 執行代碼。

```
vba
Sub ExtractRegulations()
Dim ws As Worksheet
Set ws = ThisWorkbook.Sheets(1) ' 假設數據在第一個工作表中

Dim cell As Range
Dim i As Integer
Dim matches As Object
Dim regex As Object
Set regex = CreateObject("VBScript.RegExp")

With regex
.Global = True
.IgnoreCase = False
.Pattern = "第(1,)"
End With
```

資料來源：擷取自 ChatGPT 網頁及利用生成式 AI 繪圖網站 -KlingAI 繪製。

產者常擔憂影響農作物之生長等。易言之，利用 ChatGPT 可協助擴大審計人員之思維視野，於執行審計業務時，避免因既有框架或過於片面思考，限縮審計之廣度及深度。

二、查核階段

(一) 運用 ChatGPT 羅列影響因子及翻譯外國期刊論文

為瞭解交通事故與路燈設置之關聯性，經運用 Google 搜尋有關路燈設置與交通事故關聯性之國內外期刊及論文，發現 Google 係基於關鍵字與網頁搜尋熱度排序，文章類型、內容相當廣泛，須大量閱讀並篩選符合之文章內容，耗費頗多時間。但改採 ChatGPT 詢問影響因子時，ChatGPT 根據提問，可就個案詳加說明，有益於使用者快速及輕易掌握重點，且透過有效問答增進查核之深度及廣度；另 ChatGPT 基於自然語言生成能力，其提供不同語言之期刊及論文均可進行摘要或全文翻譯，此功能遠勝 Google 機械式翻譯文章。

(二) 運用地理資訊系統 (QGIS) 進行空間及照度分析

為瞭解地方政府路燈分布情形，經蒐集具地理空間屬性之路燈及交通事故數據資料，並導入地理資訊系統 (QGIS) 進行處理、分析及整合，繪製路燈分布圖，瞭解是否存有路燈分布過於稀疏、過於密集或夜間交通事故熱區未設置路燈等資源配置不均情事；另為衡量路燈平均照度是否充足，運用路燈瓦數、燈炮數、燈杆高度、間距等參數，代入平均照度公式¹及照度平方比定律²計算，並匯入地理資訊系統 (QGIS)，繪製平均照度地圖，瞭解是否存有同路段路燈照度不一之情事。

三、撰擬審核意見階段

為周延審核意見，可利用 ChatGPT 模擬利害關係人立場，提供審計人員多種不同版本之審核意見撰擬參考，再由審計人員審查 ChatGPT 編寫之意見內容，配合實際查核情形，進行綜整修正，以加速作業效率，提出融入利害關係人觀點及更多元兼富具體可行之審核意見。

¹ 按平均照度 (Average Illumination) 之計算公式： $E = (F \times N \times U) / S \times W \times D$ (E：平均照度，單位為流明每平方公尺；F：光源全光束，單位為流明；N：燈具排列係數，單側排列為 $N = 1$ 、雙側排列為 $N = 2$ ；U：燈具照明率，由 W/H 而定，約在 0.2 至 0.4 之間；S：燈具間隔，單位公尺；W：道路寬度，單位公尺；D：減光補償率 $D = 1.5-1.7$ 視養護程度而定；H：燈柱有效高度，單位公尺。)

² 照度平方反比定律 $E = \psi / A = 4 / A = 4 \pi l / 4 \pi r^2 = l / r^2$ 。

肆、審計成果及影響

一、質性與量化效益

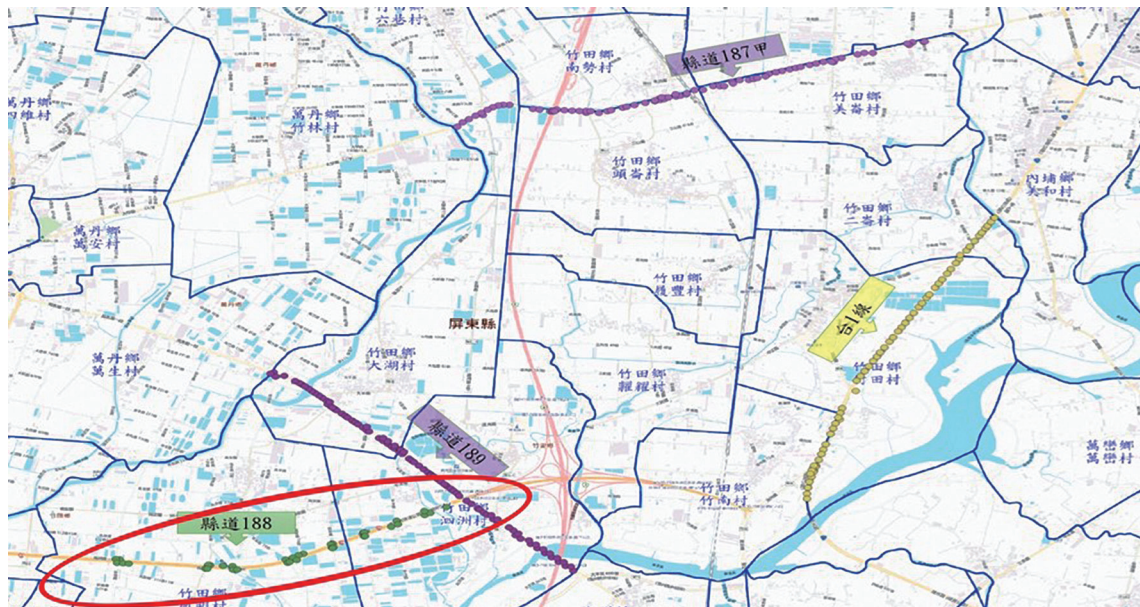
(一) 訂定路燈設置制度規章，增進公共資源配置之妥適性

審計人員運用地理資訊系統 (QGIS)、Eexcl 及 AI 等多元數位審計軟體分析公所列管路燈資料，發現「縣道 188 線」間有路燈稀疏，部分路段路燈甚達 500 公尺，或相鄰路燈距離僅 4 公尺 (圖 2)，公共資源分配未臻妥善等情事。經建請鄉公所改善，業已訂立路燈設置、管理及維護制度規章草案送地方民意機關審議，有助於建立及統一路燈管理系統，避免設

置過度密集浪費公共資源，或不足而危及民衆使用道路安全，有效提升政府施政效能。

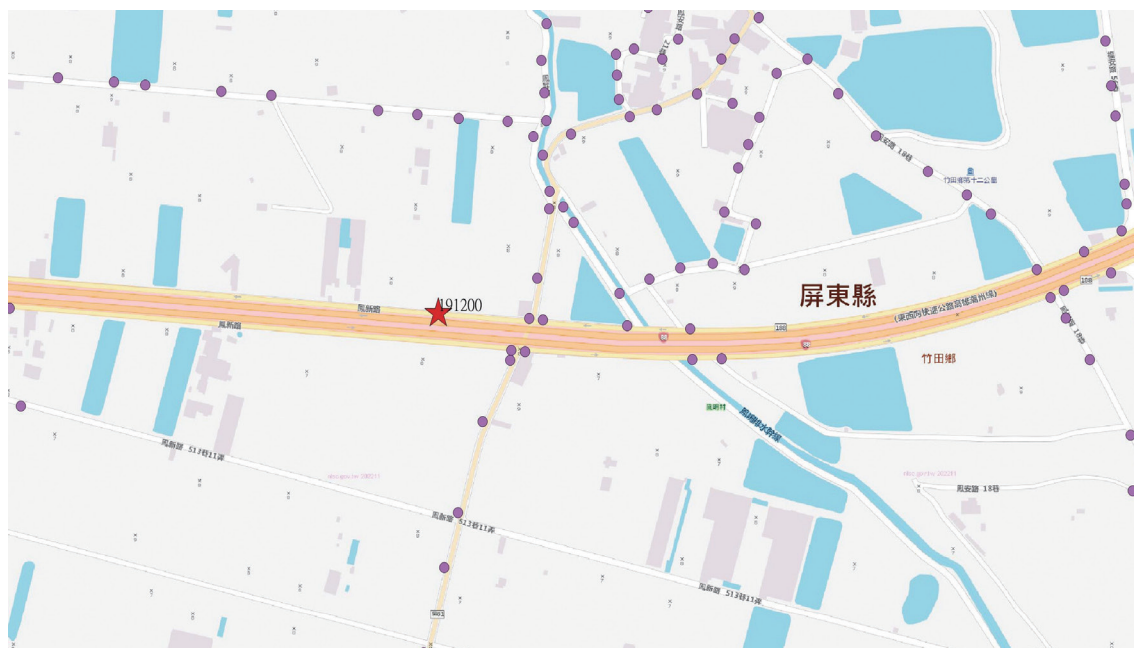
(二) 重視路燈設置之重要性，積極增加預算以改善高風險路段夜間照明
根據管理單位列管之路燈資料及警察單位列管之交通事故清冊等跨機關資料庫，運用多元數位審計軟體大數據分析結果發現，「縣道 188 線」夜間交通事故地點周圍 80 公尺內未有路燈 (圖 3)，夜間照明未臻適足。經建請鄉公所改善，獲其重視並積極籌措經費，就交通事故高風險及車流較多之路段，積極研謀增設路燈，改善夜間照明不足高風險區域。

圖 2 主要道路路燈分布情形



- 註：1. 圓點代表路燈設置地點。
2. 資料來源：擷取自地理資訊系統 (QGIS)。

圖 3 夜間車禍地點與路燈分布情形



- 註：1. 圓點代表路燈設置地點。
- 2. 紅色星形代表車禍地點，數字代表發生時間。
- 3. 資料來源：擷取自地理資訊系統（QGIS）。

(三) 檢討劃一路燈之設置及維修規格，以改善同路段平均夜間照度

按車輛行駛於亮度變化大之路段，駕駛人眼睛需不斷適應不同之光照條件，容易產生視覺疲勞，影響行車反應時間及判斷力，進而影響行車安全。本案運用平均照度公式及照度平方比定律計算結果，套繪至地理資訊系統（QGIS），發現同路段間有路燈照度不一情事（圖 4）。經促請鄉公所檢討結果，日後新設或維護路燈時，將檢討劃一路燈規格，以提供用路人清晰視線及減少視覺疲勞，提升道路駕駛舒適性及安全性。

二、影響轄審機關層面及延續擴大運用情形

審計機關將地方政府建置之路燈及交通事故資料，運用 Excel VBA、地理資訊系統（QGIS）、ChatGPT 等數位審計技術分析，提出相關審計建議，除有利於建置路燈管理相關制度規章外，亦提升用路人安全。又路燈設置尚非僅侷限於省道、縣道，甚至擴及市道乃至國道，為全臺各市縣均會面臨之課題。本文介紹審計人員連結縣政府警察局交通數據、媒體報導及運用數位審計技術，並將相關分析數據套疊於地理資訊系統（QGIS），以科學數據分析方式，發掘路燈設置缺

圖 4 路燈平均照度分析



- 註：1. 顏色越紅代表照度越高。
2. 資料來源：擷取自地理資訊系統 (QGIS)。

失，相關查核方法可供其他審計單位參考，以加強查核所轄路燈設置情形之妥適性。

伍、結語

司法院自 112 年起，已推行 AI 量刑資訊系統及智慧化裁判草稿自動生成系統，以供量刑及常見案件裁判草稿參考，展現運用 AI 輔助公務執行之巨大潛力。本文主要敘明運用 AI 技術輔助執行審計業務，包含查核前運用 ChatGPT 撰擬 Excel VBA 程式語言，進行大量審核通知內容文字解析，瞭解路燈設置常見缺失態樣；查核過程中蒐集國內外期刊進行解譯

及數據分析；撰擬查核意見時，彙整不同利害關係人觀點，拓展審計思維，研提更具體可行之改善建議；又原以文字解析審計機關歷年審核意見需耗時費力，經運用 ChatGPT 協助將構思之創意一一克服並轉換實現，大幅提升資料探勘、審計分析及意見撰擬之作業效率及效益。由於隨著 AI 技術不斷發展和成熟，運用 AI 輔助公務勢將成為趨勢，在審計工作應用前景將更加多元，各審計單位允宜參考借鑒，以「智能審計」之面向推動審計業務，加速突破查核人力限制，從而督促政府以科學數據分析方式，有效運用及管理公共資源，增進公共治理效能。❖