




## 行政院環境保護署

108年度土壤及地下水污染整治基金補助研究與模場試驗專案

# 以人工智慧建立案例推論技術-污染場址 辨識技術與整理工法篩選

期末報告(定稿)

主辦單位：  行政院環境保護署  
專案執行單位： 東海大學／環境科學與工程系所  
專案主持人： 陳鶴文 教授  
專案執行期間： 108 年01月04日起至  
108 年11月30日止

中 華 民 國 108 年 12 月 印製



## 專案基本資料表

|        |                |  |         |               |                  |  |  |
|--------|----------------|--|---------|---------------|------------------|--|--|
| 專案性質   |                | <input type="checkbox"/> 實驗性質 <input checked="" type="checkbox"/> 非實驗性質  |         | 專案類別（單選）      |                  | <input checked="" type="checkbox"/> 研究型 <input type="checkbox"/> 模場型 |  |
| 研究主題   |                | <input type="checkbox"/> 整治 <input type="checkbox"/> 調查 <input checked="" type="checkbox"/> 其他   |         | (AI 人工智慧概念系統) |                  |  |  |
| 申請機構系所 |                | 東海大學環境科學與工程學系  |         |               |                  |  |  |
| 機構地址   |                | 台中市西屯區台灣大道4段1727號  |         |               |                  |  |  |
| 專案主持人  |                | 陳鶴文  |         | 職等／職稱         |                  | 教授   |  |
| 專案名稱   | 中文             | 以人工智慧建立案例推論技術-污染場址辨識技術與整治工法篩選  |         |               |                  |  |  |
|        | 英文             | Establishing Case-based Reasoning Technology by Artificial Intelligence – Contaminated Sites identification and Remediation Treatment Method Selection |         |               |                  |  |  |
|        | 關鍵字            | 案例式推論、機器學習、污染場址  |         |               |                  |  |  |
| 執行期程   |                | 自民國 108 年 01 月 04 日起<br>至民國 108 年 11 月 30 日止   |         |               |                  |  |  |
| 專案主持人  |                | 姓名：陳鶴文 Email：hwchen@thu.edu.tw   |         |               |                  | 專線：04-23590121#33636<br>手機：0928339084                                |  |
| 專任助理   |                | 姓名：孫曲廷 Email：a913982@gmail.com   |         |               |                  | 專線：04-23590121#33629<br>手機：0939913982                                |  |
| 經費分析總表 | 專案預估經費         |  | 第一年金額   | 實際使用金額        | 編列說明             |  |  |
|        | 1.             | 人事費用   | 488,260 | 470,689       | (1~5 項相加之 50%為限) |  |  |
|        | 2.             | 貴重儀器使用含維護費   | 0       | 0             | (與計畫實驗相關)        |  |  |
|        | 3.             | 消耗性器材與主要費用   | 75,849  | 75202         | (與計畫主體相關)        |  |  |
|        | 4.             | 其它研究相關費用   | 10,800  | 9690          | (含差旅與租賃費用)       |  |  |
|        | 5.             | 雜支費用   | 16,000  | 15994         | (1~6 項相加之 5%為限)  |  |  |
|        | 6.             | 行政管理費  | 59,091  | 59091         | (1~5 項相加之 10%為限) |  |  |
|        | 7.             | 自籌款  | 0       | 0             | (自行籌備款項)         |  |  |
|        | 申請補助金額 (1~6 項) |  | 650,000 | 630,666       | 總金額：650,000      |  |  |
|        | 計畫總金額 (1~7 項)  |  | 650,000 | 650,000       | 總金額：650,000      |  |  |

專案主持人：\_\_\_\_\_（簽名及蓋章）      日期：\_\_\_\_\_



申請意見回覆

## 行政院環境保護署「土壤及地下水污染整治基金補助研究與模場試驗專案」

□申請計畫書 □期中報告  
□修正計畫書 ■期末報告 審查意見回覆對照表

|   |                               |  |             |
|---|-------------------------------|--|-------------|
| 計畫年度  | 108 年度                        | 計畫類型   | ■ 研究型 □ 模場型 |
| 計畫類別  | □ 整治 □ 調查 ■ 其它                | 主持人：陳鶴文 NO：C6  |             |
| 計畫名稱  | 以人工智慧建立案例推論技術-污染場址辨識技術與整治工法篩選 |  |             |
| 委員審查意見  |                               | 計畫單位回覆   |             |
| <p>委員一</p> <p>1. 本計畫擬應用人工智慧技術來建立污染場地之辨識，但因使用之案例太少（並非 Big Data），實難確認所使用人工智慧方法之可行性。</p> <p>2. 選用之污染調查之「資料項目」決定了使用人工智慧辨識污染場址之可行性，如何選用使用之資料項目或是可獲得之資料全部使用，請能補充說明。</p> |                               | <p>謝謝委員意見。</p> <p>1. 土基會現有報告與監測數據以具相當規模，監測數據因有相關規範，品質有一定的可信度。唯申報資料與報告書因無因標準規範與品質檢核機制，資料品質落差甚大。監測資料與書面報告之間的連結仍需有效勾機。今年度本團隊從環保專案成果網內下載報告書，建立資料模型後，以爬蟲技術以及人為檢核方式收集案例資料。但資料欄位缺漏嚴重，可做為數據分析之有效樣本數偏少，因此模式的選擇相當困難。未來如能依據本計畫提出之資料模型，有系統地建置報告書的 Meta-Data 資料，將有助於日後度數據或人工智慧的發展與應用。相關資料補充於第六章結論與建議之中。</p> <p>2. 為了未來能進行更有效的資料分析，本研究利用系統分析概念，建立土壤與地下水污染調查與管制的資料模型，該模型將資料分成四大類型，分別為：行為層、地上層、地表層和地下層，這四大類的特徵資料，將有助於未來分析污染物洩漏、擴散與整治之間的關係，這些資料可以透過倆倆之間的交叉分析，來獲得某些必要的決策資訊，然目前的書面、申報或監測資料，並未具備(或部分具備)這些必要的「資料項目」，因此應用上大幅受限，未來應建立資料生產系統，有系統性的蒐集案例基本資料。在本計畫書 p.38-42 中有案例項目說明與蒐集完整</p> |             |



|   |  |
|---|--|
|   | 度表，以及資料特徵完整度對模組的運行的重要性。  |
| <p>委員二</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>摘要並沒有呈現研究結果且詞態仍為未來式。</li> <li>結論無法看過本計畫的貢獻為何，內容太過粗淺，且機器學習的原理流於基本計算，並沒有將目前數據納入整理且呈現出來。</li> <li>成果自評績效為零。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>謝謝委員意見，已修正。</li> <li>謝謝委員意見，結論部分已再補充說明相關資訊於 p.43-52；分析結果分為三大部分，一為模式律定、二為模式驗證；三為模式準確度分析，詳細的模式律定與驗證內容補充於 p.19-26，但因目前案例資料數不足，因而無法進一步進行決策樹分類結果的特性分析。</li> <li>謝謝委員意見，已修正。</li> </ol>   |
| <p>委員三</p> <p>第二章所列研究目的(四)建立新污染場址管理策略之評估機制，是否達成？尚有哪些可再提升或改善之處？宜更具體說明。</p>   | <p>謝謝委員意見。</p> <p>為了建立新污染場址管理策略之評估機制，本計劃建立土壤與地下水污染調查與管制的資料模型，利用該模型收集現有的案例資料，並進行分析。因為報告書資料品質與資料訊息的完整性問題，並未能完成達成當初設定之研究目標。未來的建議有以下三點：1. 建立報告書與監測數據庫之間的連結；2. 建議建立報告書的詮釋資料以利後續的績效評估與資訊應用；3. 大數據與人工智慧仍具有相當的潛力，但為了擴大未來的應用，需建立完整的資料流體系，以目的導向的方式，建立資料生產計劃、資料品質控制計畫以及後續的資料應用模式。</p> |
| <p>委員四</p> <p>土水污染場址資訊複雜，態樣多元，建立更完整調查表單，需時較久，在此限制下，請建議未來可階段性進行之工作。</p>  | <p>謝謝委員意見</p> <p>■ 長期目標建議：</p> <p>為了擴大資料與資訊的應用，需建立完整的資料流體系，包含：以目的導向的方式，建立資料生產計劃、資料品質控制計畫以及後續的資料應用模式。</p> <p>■ 中期目標建議：</p> <p>依據本研究建議的資料模型，建立報告書的詮釋資料系統，進行各式案例的收集。</p> <p>■ 短期目標建議：</p> <p>建立報告書與監測數據庫之間的連結</p>   |



申請意見回覆

|                                |                                 |
|--------------------------------|---------------------------------|
| <p>委員五</p> <p>第陸章建請增加檢討章節。</p> | <p>謝謝委員意見，已增修內容請詳見 p.54-65。</p> |
|--------------------------------|---------------------------------|



## 行政院環境保護署土壤及地下水污染整治基金管理會

## 108 年度土壤及地下水污染整治基金補助研究與模場試驗專案

## 構想書審查意見表

|  |                               |   |                        |           |         |
|--|-------------------------------|---|------------------------|-----------|---------|
| 專案類型                                     | ■研究型 □模場型                     | 申請經費  |                        | 1,470,842 | NO : 18 |
| 專案主持人                                    | 陳鶴文 教授                        | 專案主題  | □整治□調查■其它(AI 人工智慧概念系統) |           |         |
| 服務單位                                     | 東海大學 環境科學與工程學系所               |   |                        |           |         |
| 專案名稱                                     | 以人工智慧建立案例推論技術-污染場址辨識技術與整治工法篩選 |   |                        |           |         |
| 委員一：                                     |                               | 謝謝委員肯定。   |                        |           |         |
| 1. 以人工智慧建立案例推論技術-污染場址辨識技術與整治工法篩選，構想立意良好。 |                               |   |                        |           |         |
| 2. 由於國內環境地質差異性大，如何規劃案例之利用、篩選，請補充說明。      |                               | 謝謝委員指導。本團隊將利用大數據分析技術，依據案例之環境特徵，對案例進行分類，並針對每一個案例類別進行案例建置。未來進行案例推論時，會先判定新案例屬於何種類型，再從該類群中找出相似案例。 |                        |           |         |
| 3. 另可信性的驗證如何進行。                          |                               | 謝謝委員指導。案例將區分訓練案例與驗證案例兩大群，測試案例用於建模，驗證案例用於驗證模式之準確度。   |                        |           |         |



## 申請意見回覆

|  |  |
|--|--|
| <p>委員二：</p> <p>1. 建議補充說明擬建立之資料庫的具體內容。</p>  | <p>謝謝委員指導。本團隊將以 phase I 與 II 之資料表單(現勘報表與調查報表)為基礎進行資料建置。文字描述部分，將透過特徵蒐集且專家會議來探討索引的代表性。而後，將每一案例之文字內容進行數值化儲存至資料庫中。</p> <p>相關內容已補至計劃書中，請查閱 14 頁</p>   |
| <p>2. 大數據的分析方法宜具體說明。</p>   | <p>謝謝委員的指導。大數據分析主要目的為透過資料特徵建置或探討其資料間之預測、分類、關聯性模型或問題。其方法非常多元且根據資料屬性不同，其使用的分析方法也不一樣。本團隊會將過去案例(phase I 及 phase II)部分先利用大數據分析中的非監督式分類技術(如集群分析、最近鄰法)進行案例的差異性分類，相似度較高的為一組。同性質較高的組別，會透過統計分析或多變量分析探討案例之間的環境參數、背景關聯性。</p> <p>相關內容已補至計劃書中，請查閱 16 頁</p> |
| <p>3. 建議補充說明具體之案例式推論模型。</p>  | <p>謝謝委員指導。本團隊將具體內容補至計劃書中，請查閱 16-23 頁</p>   |
| <p>委員三：</p> <p>1. 相關案例如何以污染物與地質、水文條件之首要、必要、次要建置其基礎索引順序作一適切建議。而其建議是對何種人?(整治單位、計畫審查單位...)。</p> | <p>謝謝委員指導。本團隊的研究資料為污染場址之 phase I 及 phase II 之資料，建置模型部分則主要提供至政府機關作為參考依據。</p>  |





## AI 人工智慧概念系統

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| 2. 由決策樹如何以污染濃度、範圍、複雜地質、水文、經費、可能困難點。 | 謝謝委員指導。本團隊將鎖定 phase I 及 phase II 之分類由於每一個案例皆有不同的特徵(包含污染濃度、範圍、複雜地質、水文、經費、可能困難點),而決策樹主要是透過不同特徵進行案例分類,而分類階段則是透過子節點(特徵)將相似度高的分為一類,並且評估其案例是否需要被列管或是整治。資料的完整性與代表性將是建模是最可能遇到的問題。 |
| 3. 後續如何驗證。                          | 謝謝委員指導。案例將區分測試案例與驗證案例兩大群,測試案例用於建模,驗證案例用於驗證模式之準確度。   |





|   |   |
|---|---|
| <p>委員四：</p> <p>1. 計畫書中說明：“...如何選擇適當的整治工法與操作條件需要非常豐富的經驗，也是目前土壤、地下水污染場址整治面臨的最大問題。目前環保署已累積了龐大的案例資料，如何利用人工智慧技術從過去的案例資料中，萃取出相對應經驗和規則，為後續的污染場址控制與整治提供合適的決策建議，將可提升土壤、地下水污染場址的整治效率、避免無效技術的使用...”。</p> <p>2. 計畫書中說明：“...(1)理論面：建立以系統分析為基礎的物件關聯分析，建立以指標系統為概念之案例索引系統，建立以決策樹為基礎的案例推論技術(2)應用面：建立自動化的案例分析技術，節省分類成本，彙整不同案例的整治成效，協助判斷新案例的合適整治技術，達成標竿學習以及錯誤預防的目的...”，誠屬目前國內整治工法選擇評估所需，但此立論需建立在資料充分無誤，執行者與規劃者配合執行既定規劃流程無誤，背景資料調查無誤...等基礎上。若原始資料不完整(甚至錯誤)，本研究計畫的目標是否</p> | <p>謝謝委員指導。本團隊將鎖定 phase I 及 phase II 之分類，若資料不完整或錯誤部分，本團隊會使用大數據分析方法中之非監督分類技術建立案例初步篩選機制，將異常值挑出，探討其此案例是否為資料不完整或錯誤，若為錯誤則與相關單位進行案例確認。</p> |
|---|---|



## AI 人工智慧概念系統

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| 能達成？或是，本計畫本身具有篩<br>選擇優作為？建議討論。                                |                                      |
| 3. 建議參考 USEPA、clu-in、ITRC...<br>等所提供的整治工法篩選與決策流<br>程。         | 謝謝委員指導，本團隊已將相關內容補<br>至計畫書內，請查閱 XXXX。 |
| 4. 經費編列建議再評估。   | 謝謝委員指導，本團隊已重新評估其經<br>費。              |
| 委員五：<br>1. 請補充說明團隊組成成員。                                       | 謝謝委員指導。本團隊已將說明補充至<br>計畫書內，請查閱 XX 頁   |
| 2. 本署歷年執行 phase(I)、phase(II)多<br>樣調查資料，建議加入以人工智慧<br>判斷污染場址情形。 | 謝謝委員指導。本團隊現階段將此部分<br>作為優先考量          |



期中意見回覆

# 行政院環境保護署「土壤及地下水污染整治基金補助研究與模場試驗專案」

□申請計畫書 ■期中報告  
□修正計畫書 □期末報告 審查意見回覆對照表

|   |                               |   |                   |
|---|-------------------------------|---|-------------------|
| 計畫年度  | 108 年度                        | 計畫類型  | ■ 研究型    □ 模場型    |
| 計畫類別  | □ 整治    □ 調查    ■ 其它          |   | 主持人： 陳鶴文    NO：C6 |
| 計畫名稱  | 以人工智慧建立案例推論技術-污染場址辨識技術與整治工法篩選 |   |                   |
| 委員審查意見  |                               | 計畫單位回覆  |                   |
| 委員一   |                               | 謝謝委員意見，未來在執行過程中，會加以探討後續應用及經濟分析。   |                   |
| 3. 於期末報告時建請加強應用於實場實務之經濟效益分析。  |                               |   |                   |
| 4. 由於各場址之污染種類、地質、地下水質、地下水位...等不一，本計畫之成果是否能直接應用建請再加以探討。  |                               |   |                   |
| 委員二   |                               | 謝謝委員意見，已進行修正請參閱 P.50。現階段案例資料持續彙整中，本研究未來將針對重點案例進行探討。                                   |                   |
| 4. 土水污染態樣複雜，各類型案例涉及之資料不同，如以案例庫為研究對象時，請補充對建立索引系統之階段性目標(如廣度、規模)。                                      |                               |   |                   |
| 5. 本研究有時間限制，依研究目的，建議研析並選擇重點案例類型，以呈現具像化運用效果。   |                               |   |                   |
| 委員三   |                               | 謝謝委員意見，說明如下：  |                   |
| 1. 擬用機器學習技術建置污染場址的辨識，研究方法欠缺學習過程的訓練模式說明。   |                               | 1. 已進行補充。   |                   |
| 2. 預測能力有多高？變異有多大？能輔助環保署做決策判斷的實際面為何？   |                               | 2. 預測能力高低，取決與資料品質。本研究將針對現有資料進行模式分析，並說明模式的適用範圍與精確度。同時在期末報告列出建議的資料生產計劃。                 |                   |
| 3. 結果與討論之法規與案例僅 3 行文字且內容太簡略，又有編輯上的錯誤。方法與文獻所提及的場址類別很多，可是在初步結果僅擬以彰化、桃園農地為研究目標，這兩縣市工廠各為 4 家，可進行大數據分析否？ |                               | 3. 根據統計資料，全台污染場址類型主要為農地及工廠，其中農地污染又以桃園市及彰化市最為多數，故本計畫初步僅以彰化及桃園呈現，未來將陸續探討及彙整其他縣市之污染場址資料。 |                   |
| 4. 所建議的未來工作，在文獻與方法中未有說明，實不易想相本計畫全貌能達到的目標。   |                               | 4. 將在期末報告中補充說明。   |                   |



|   |  |
|---|--|
| <p>委員四</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 期中報告內容空洞，仍停留於文獻收集階段，未見具體之成果展現，計畫進度掌控不佳，應積極改進。</li> <li>2. 報告之錯別字多，以 P.11，Line 19 為例，短短一行即出現兩個錯字，「常見」誤植為「當見」，「廣泛」則誤植為「廢泛」，報告提交前應加強校稿，提升報告品質。</li> </ol>   | <p>謝謝委員意見，遵照辦理。</p>  |
| <p>委員五</p> <p>本計畫目前研究成果或欲使用之研究方法，可預測的 True Positive 與 True Negative 百分比各有多少？</p>  | <p>謝謝委員意見，本研究將針對現有資料進行模式分析，並說明模式的適用範圍與精確度。</p>   |
| <p>委員六</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本研究技術是希望未來當有新疑似污染場址，可分析評估是否需要被列管。以目前計畫案例庫皆是應用已列管場址來建立，當如有一處確實無列管疑慮的案件輸入評估後，是否評估出來結果與事實會具有較大落差。</li> <li>2. 此案目前是以桃園及彰化的列管場址來建立案例庫，但因各類型場址在資料端或特性具有一定差異性（如農地類型與工廠類型），當混合建立一套案例推論引擎，推論成效是否會受影響，如依場址類型分別建立是否更為適切。</li> <li>3. 本案提到為應用 80% 資料為訓練、20% 資料為驗證，以上是否有應用交叉驗證方式。</li> </ol> | <p>謝謝委員意見，說明如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本團隊亦有列入探討無列管之場址案例建置，現階段持續加強蒐集相關案例中。</li> <li>2. 針對案例的不同性質，在決策樹分析中，可有效分類其種類，進而預判且推論。</li> <li>3. 本團隊利用混淆矩陣進行判讀，以辨別準確率高低。</li> </ol> |



## 中英文摘要(中文部分)

環保署針對污染場址之土壤及地下水污染調查評估及整治作業已有一系列的工作規範，且執行至 2018 年的統計資料顯示，目前全台約有七千多個土壤及地下水管制場址，但仍有許多污染場址未被發現並管制，每年環保署皆須耗費大量經費處理列管場址及新增列管案例，並進行新污染場址的辨識與列管評估；近年來，人工智慧技術與大數據分析已被開發的相當成熟，若結合過去污染場址案例並透過人工智慧技術與大數據分析工具進行污染場址快速辨識，可節省大量的人力、物力及時間成本。為此，本團隊利用決策樹及機器學習分析法建置其污染場址辨識技術(phase I - phase II)，其架構之標的分別為案例收集與案例詮釋、案例索引建置與案例式推論技術，其中案例收集與案例詮釋則由環保署目前所收集的資料進行初步分析，案例索引建置則透過既有表單項目篩選的方式進行索引建立，決策樹建立分為案例搜集與案例詮釋、建立案例特徵、案例改編、案例測試。在案例擷取部分，本團隊利用大數據分析中的非監督分類法進行案例相似度區分，而後利用機器學習中決策樹分析法或其他方法進行推論疑似場址是否為污染場址，最後利用精準度分析評判其模型準確度並將結果回傳至案例庫進行儲存。以上，此方法可提供決策者判斷其場址是否需要被列管之參考依據。

**關鍵字：**決策樹、機器學習、污染場址



## 中英文摘要(英文部分)

Taiwan environmental protection agency (TWEPA) has already completed a series of working regulations concerning the investigation analysis and remediation operations of the whole soil and groundwater contaminated sites. Also, the regulations has been carried out since then. According to the statistical data of TWEPA in 2018, there are more than seven thousands soil and groundwater monitoring fields with still many of polluting sites not being discovered and monitored. Therefore, massive budget are being spent by TWEPA to only identify, assess, and monitor new polluting sites every year. Recently, Artificial Intelligence and Big Data Analytics have been fully developed, it is of great advantage to conduct rapid identification polluting sites through these technologies in order to reduce considerable amount of budgets. This project aims to construct soil and groundwater contaminated sites identification technology (phase I - phase II) using Machine Learning and Decision tree. Basic Structures consist of Case Collections, Case Interpretations, Build of Index by Cases, and the main core, which are the case-based inference technics. Within the structure, the first two sections are based on data gathered from EPA, while the third part are based on the Expert Conference to construct the case index. As for the Decision tree, it could be mainly split into five major parts, which are the collection of cases, interpretation of case, characteristic of cases, modification of cases and evaluation of cases. From the perspective of capture of cases, this project is using unsupervised learning from the Big Data Analytics to perform classification on likelihood of cases, further then utilizing the decision trees or other learning techniques from Machine Learning to determine whether or not the suspecting sites are actual polluting sites. Lastly, Precision Analysis could help and judge the model then send the result back into the database. To sum, this method could offer the decision makers on the issue of site monitoring.

**keywords: Decision tree, Machine Learning 、 Contaminated Sites**



## 目錄

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 第壹章 前言 .....               | 1  |
| 第貳章 研究目的 .....             | 2  |
| 第參章 文獻探討 .....             | 3  |
| 一、 現有土壤及地下水污染調查與整治標準 ..... | 3  |
| 二、 國內外案件推論之應用 .....        | 11 |
| 第肆章 研究方法與過程 .....          | 14 |
| 一、 研究架構 .....              | 14 |
| 二、 案例收集與案例詮釋 .....         | 16 |
| 三、 案例特徵與索引系統建立 .....       | 18 |
| 四、 案例式推論引擎建立 .....         | 19 |
| 五、 工作進度甘特圖 .....           | 27 |
| 第伍章 結果與討論 .....            | 28 |
| 一、 彙整典型案例與差異分析 .....       | 28 |
| 二、 案例基本資料分析 .....          | 35 |
| 三、 案例系統分析與索引建置 .....       | 40 |
| 四、 案例推論引擎建立 .....          | 46 |
| 第陸章 結論與建議 .....            | 54 |
| 一、 檢討 .....                | 54 |
| 二、 資料模型的建立與建議 .....        | 54 |
| 三、 案例詮釋資料與索引系統之建議 .....    | 60 |
| 四、 案例分析系統與建議 .....         | 65 |
| 第柒章 參考文獻 .....             | 66 |
| 第捌章 專案成果績效自評表 .....        | 68 |





## 表目錄

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 表 1 土壤及地下水污染調查作業參考指引總則 .....         | 10 |
| 表 2 基本資料示意表 .....                    | 16 |
| 表 3 調查結果示意表 .....                    | 17 |
| 表 4 資料變數轉換一覽表 .....                  | 21 |
| 表 5 民國 93 年法案公告案例數表(報告書總數共五份) .....  | 29 |
| 表 6 民國 103 年法案修正案例數表(報告書總數共四份) ..... | 30 |
| 表 7 42 筆列管工廠之基本資料表 .....             | 31 |
| 表 8 事業基本資料表 .....                    | 40 |
| 表 9 環境背景資料表 .....                    | 41 |
| 表 10 污染方式表 .....                     | 42 |
| 表 11 污染影響範圍表 .....                   | 43 |
| 表 12 案例項目蒐集完整度表 .....                | 44 |
| 表 13 案例特徵索引表單 .....                  | 45 |
| 表 14 決策樹第一層分類表(False) .....          | 49 |
| 表 15 決策樹第二層分類表 .....                 | 50 |
| 表 16 場址污染場址狀態之決策樹預測結果 .....          | 53 |
| 表 17 民國 93 年與 103 年修法前後對照圖 .....     | 55 |
| 表 18 污染調查人員調查表單 .....                | 57 |
| 表 19 圖書資料建立示意圖 .....                 | 61 |
| 表 20 國家發展委員會資料標準框架表（節錄） .....        | 64 |



## 圖目錄

|   |    |
|---|----|
| 圖 1 土壤及地下水公告管制場址分布圖 .....   | 1  |
| 圖 2 土壤及地下水污染監測標準及管制標準(資料來源：土基會污染場址判定流程)....                         | 4  |
| 圖 3 美國 ASTM 之 Phase I、Phase II 及 Phase III 程序(資料來源：美國材料與試驗協會) ..... | 6  |
| 圖 4 污染場址之土壤及地下水污染調查評估及整治作業流程 .....                                  | 7  |
| 圖 5 本計畫研究流程圖 .....  | 15 |
| 圖 6 索引系統示意圖 .....   | 18 |
| 圖 7 推論引擎建置流程圖 .....   | 19 |
| 圖 8 決策樹示意圖 .....  | 23 |
| 圖 9 本計畫案例蒐集流程圖 .....  | 29 |
| 圖 10 產業類別分類圖 .....  | 35 |
| 圖 11 主要製程類別分類圖 .....  | 36 |
| 圖 12 產業產品分類圖 .....  | 37 |
| 圖 13 列管場址分類-場址面積 .....  | 38 |
| 圖 14 列管場址分類-場區土質 .....  | 39 |
| 圖 15 案例推論模型結果 .....   | 47 |
| 圖 16 訓練集混淆矩陣圖 .....   | 51 |
| 圖 17 測試集混淆矩陣圖 .....   | 52 |
| 圖 18 美國聯邦地理資料委員會詮釋資料架構圖 .....                                       | 62 |
| 圖 19 國家發展委員會資料集詮釋資料類別 .....   | 63 |



## 附錄目錄

|     |                           |    |
|-----|---------------------------|----|
| 附件一 | 本計畫最初篩選之 91 筆案例資料基本表..... | 71 |
| 附件二 | 決策樹變數分類總表.....            | 81 |
| 附件三 | 決策樹 Python 程式碼.....       | 83 |
| 附件四 | 決策樹使用檔案.....              | 87 |



## 第壹章 前言

土壤及地下水污染除造成環境影響外，往往會影響到企業與居民的生活品質，尤其近年來環境意識抬頭，人民對於居住環境是否遭受污染及污染程度等資訊需求日益增加。根據環境保護署（以下簡稱環保署）2018 年的統計資料，目前全台約有七千多個土壤及地下水管制場址，大略位置如圖 1 所示，目前解除列管的污染場址有 4,281 處，但仍有 3,388 處場址處於公告控制與整治階段，每年環保署光處理列管場址及新增列管案例就需花費大量的經費及人力進行污染場址之控制與整治及新污染場址的評估。主要係因污染場址會受到污染物種類、地下水水質、地下水水文（如：水位變化）、地層透水係數、土壤地質條件以及場址現場配置的影響，導致污染場址的環境特性複雜而富變化，雖然已有離地處理法、土壤整治技術、現地物化整治技術、現地生物整治技術等各種不同的整治工法被應用在污染場址的整治上。由於場址環境條件複雜，因此如何選擇適當的整治工法與操作條件需要豐富的經驗進行判斷，也是目前土壤、地下水污染場址整治面臨的最大問題。近年來，現代科學技術發達，尤其是大數據分析與人工智慧目前正逐漸慢慢成熟(Adeniyi et al., 2016; Nabavi-Pelesaraei et al., 2018)，如何利用人工智慧技術從過去的案例資料中，萃取出相對應經驗和規則，為後續的污染場址控制與整治提供合適的決策建議，將可提升土壤、地下水污染場址的整治效率、避免無效技術的使用，將可節省大量人力、物力、時間等有形與無形成本。

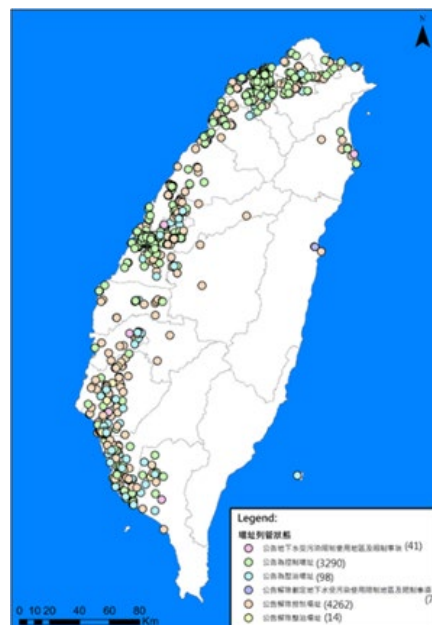


圖 1 土壤及地下水公告管制場址分布圖



## 第貳章 研究目的

根據上述，本專案計畫針對土基會過去污染場址從 phase I 至 phase II 的資料進行彙整，並利用案例式概念結合機器學習技術建置污染場址辨識技術，透過此辨識技術以便未來新疑似污染場址（案例）了解其是否需要被列管，目的規劃如下：

- 一、以系統分析概念解析案例之分類指標
- 二、既有案例的分類與篩選並建立案例索引系統
- 三、建立案例式推論模型-決策樹分類模型
- 四、建立新污染場址管理策略之評估機制



## 第參章 文獻探討

### 一、現有土壤及地下水污染調查與整治標準

目前國內判斷土壤、地下水是否受到污染的方式，主要依據環保署公告之土壤及地下水污染監測基準及管制標準進行研判，其監測標準及管制標準詳如**錯誤！找不到參照來源**。所示，並依採樣調查結果可分為以下 3 種情形，說明如下：

- (一) 污染濃度低於監測標準：無需採取任何行動。
- (二) 污染濃度高於監測標準，但低於管制標準：表示土壤或地下水可能有遭受污染之虞，必須進行定期監測，並及早確認是否有污染物洩漏情形。
- (三) 污染物濃度高於管制標準：該應進行應變必要措施，場址公告為控制場址，經初步評估，有嚴重危害國民健康及生活環境之虞者，應公告為整治場址。同時，污染場址公告後，環保機關將視土壤及地下水污染影響範圍或情況，劃定並公告土壤及地下水污染管制區，限制管制區內之行為。

國內大部分環境顧問公司或檢測機構再進行污染調查作業時，會依土壤及地下水整治法（以下簡稱土污法）第 8、9 條所列事業類別之土壤污染調查工作執行，並參考「土壤污染評估調查及檢測作業管理辦法」內所附之「場址環境評估法」及「網格法」進行場址之調查評估作業。國外在進行污染場址調查作業時均採取階段性調查流程（如美國 ASTM 之環境場址評估 Phase I、Phase II 及 Phase III 程序，如圖 3 所示），藉以確認污染場址土壤及地下水污染的潛勢及範圍；而美國環保署亦針對不同類型之場址擬定調查作業流程進行土壤及地下水污染調查及整治工作，可初步區分為「場址現勘評估」、「場址調查」及「場址整治改善」等 3 個主要階段，各階段工作流程如圖 4 所示，內容說明如下：



## AI 人工智慧概念系統

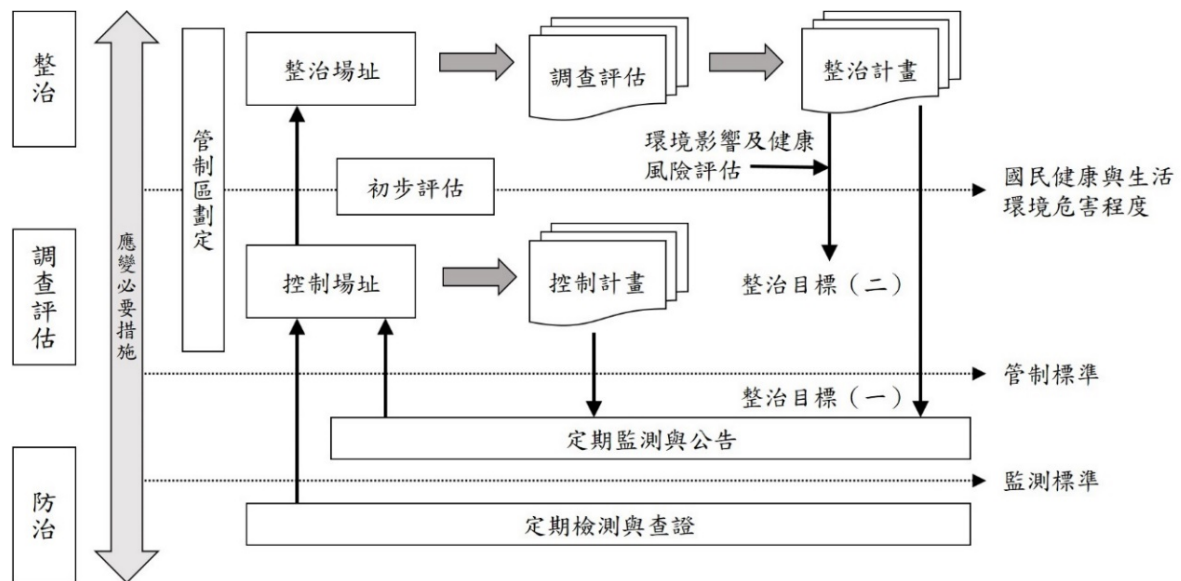


圖 2 土壤及地下水污染監測標準及管制標準(資料來源：土基會污染場址判定流程)

### 1. 場址現勘評估階段(Phase I)：

污染場址可能因場址的產業特徵與作業型態具有高複雜性，導致其污染特性相對複雜。因此污染場址之污染潛勢評估，須蒐集彙整各種不同類型主要產業製程或作業型態、可能使用化合物與歷史運作資料(例如加油站之油料儲存與供油設施)，透過系統性的資料蒐集與彙整、現勘、訪談，對場址背景資料有所瞭解，並確實掌握當地區域性水文地質分布情形後，進一步至執行現場勘查與訪談，研判場址是否存在高污染潛勢區域，待現勘完成後進行資料彙整以供備查。

### 2. 場址調查階段(Phase II)：

依據現勘資訊結果評估場址是否存在高污染潛勢區，如存在高污染潛勢區，則規劃進行土壤及地下水之污染細密調查，然其工作項目包含場址水文地質調查及土壤地下水採樣佈點，進行污染調查工作。當發現有土壤及地下水染情形需進行土壤及地下水污染整治工作時，則需進行更進一步之土壤及地下水細密調查工作，確認污染物之分布、範圍，同時亦需進行水文地質之調查工作，瞭解污染物於土壤及地下水中流布情形，根據調查結果界定場址污染範圍。





### 3. 場址整治改善階段(Phase III)：

當場址依法列為公告整治場址或控制場址，並完成細密調查及建立概念式場址模型後，依污染物特性、濃度、分布範圍、經費考量、水文地質特性、法規要求與期程要求，進行整治工法之選取、設計工作。整治工作正式進行前，應依選擇之工法內容，進行實驗室或模場測試，確認整治工法之可行性後，再進行大規模施作。場址定期監測之數據資料甚為重要，根據長期的監測資料能使場址管理或使用單位掌握整治進度，並瞭解整治是否符合預期成效，進一步針對所採用之整治工法進行檢討或調整，最後經自我驗證及環保署驗證後，可將場址解除列管，重新執行土地利用。

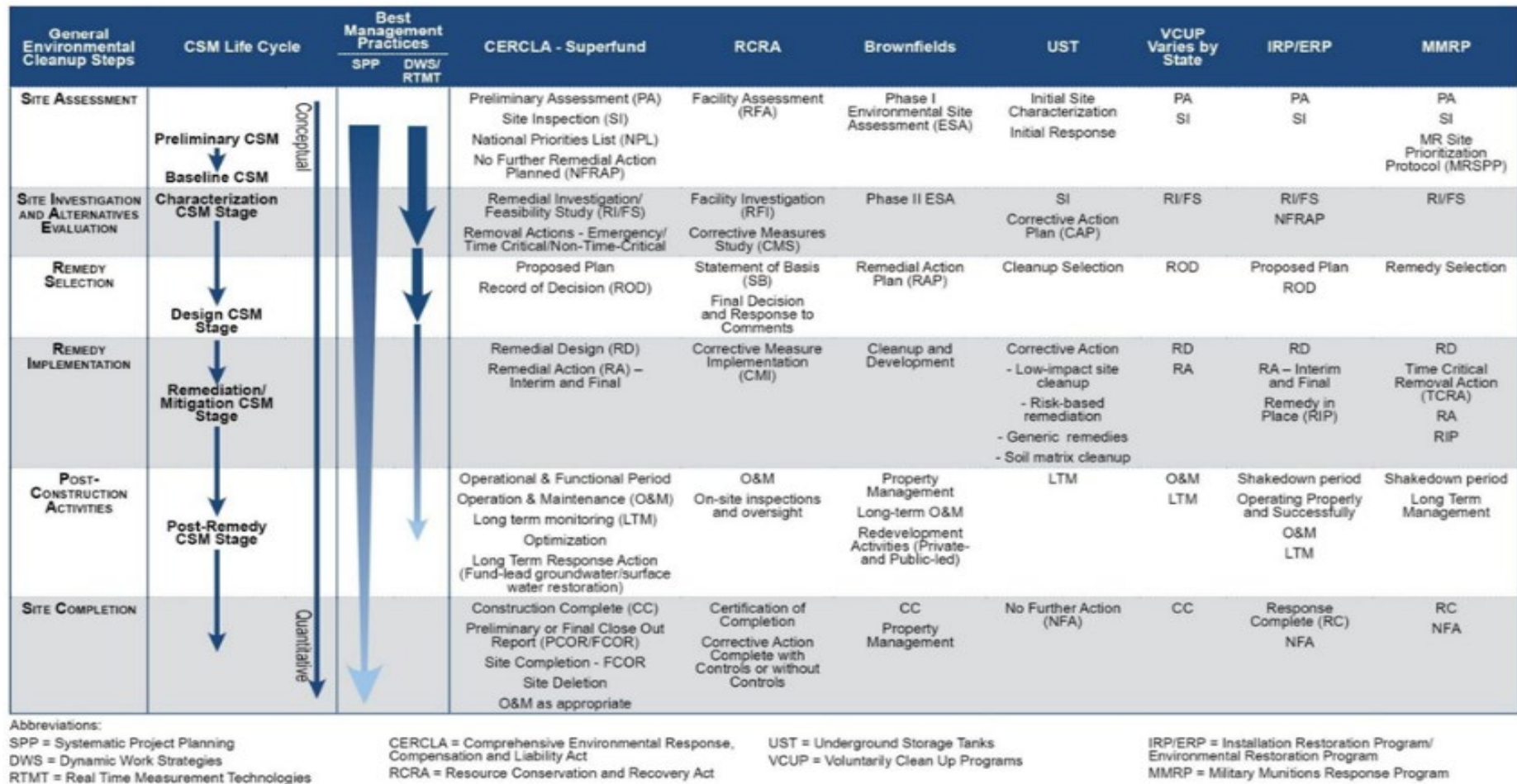


圖 3 美國 ASTM 之 Phase I、Phase II 及 Phase III 程序（資料來源：美國材料與試驗協會）

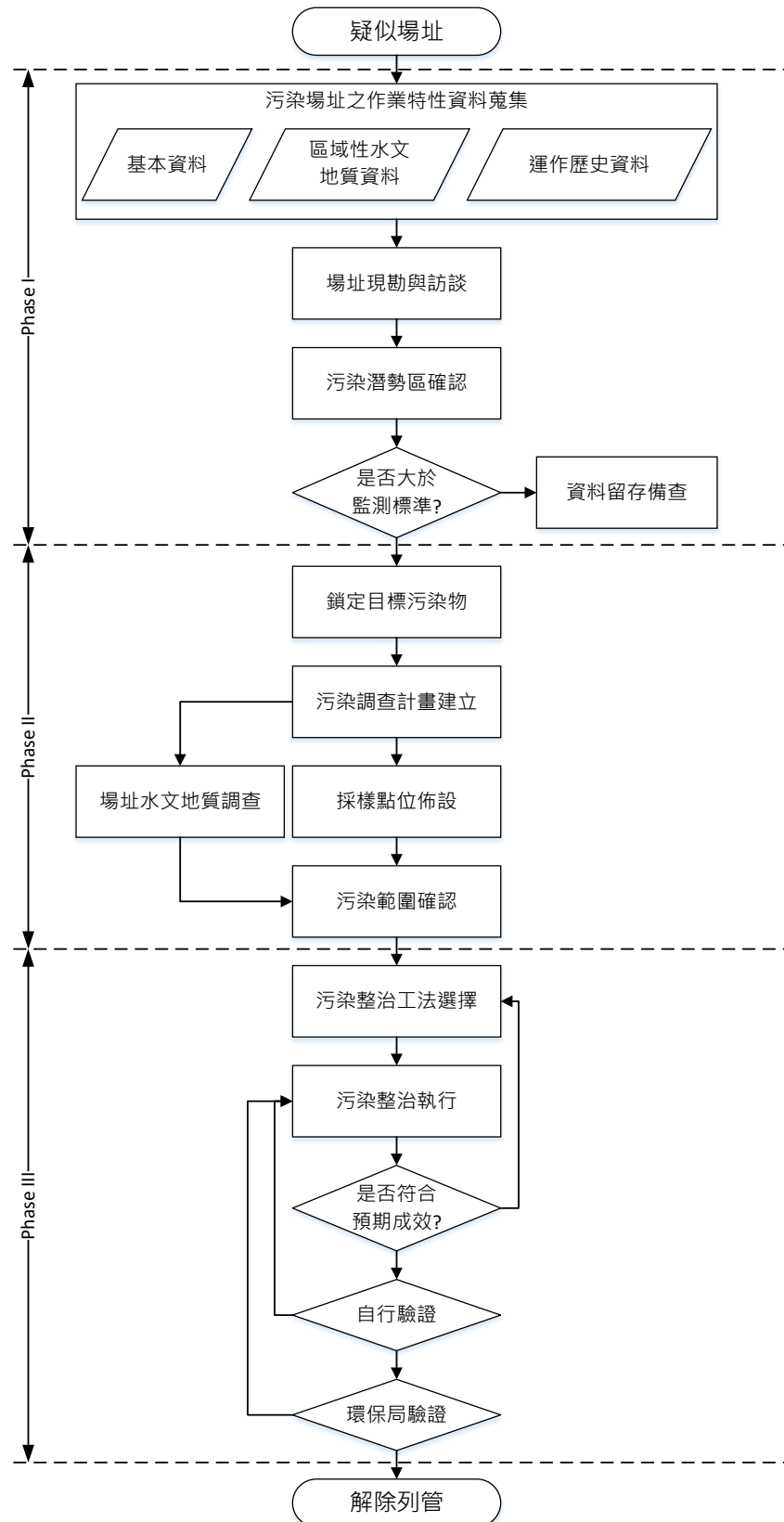


圖 4 污染場址之土壤及地下水污染調查評估及整治作業流程

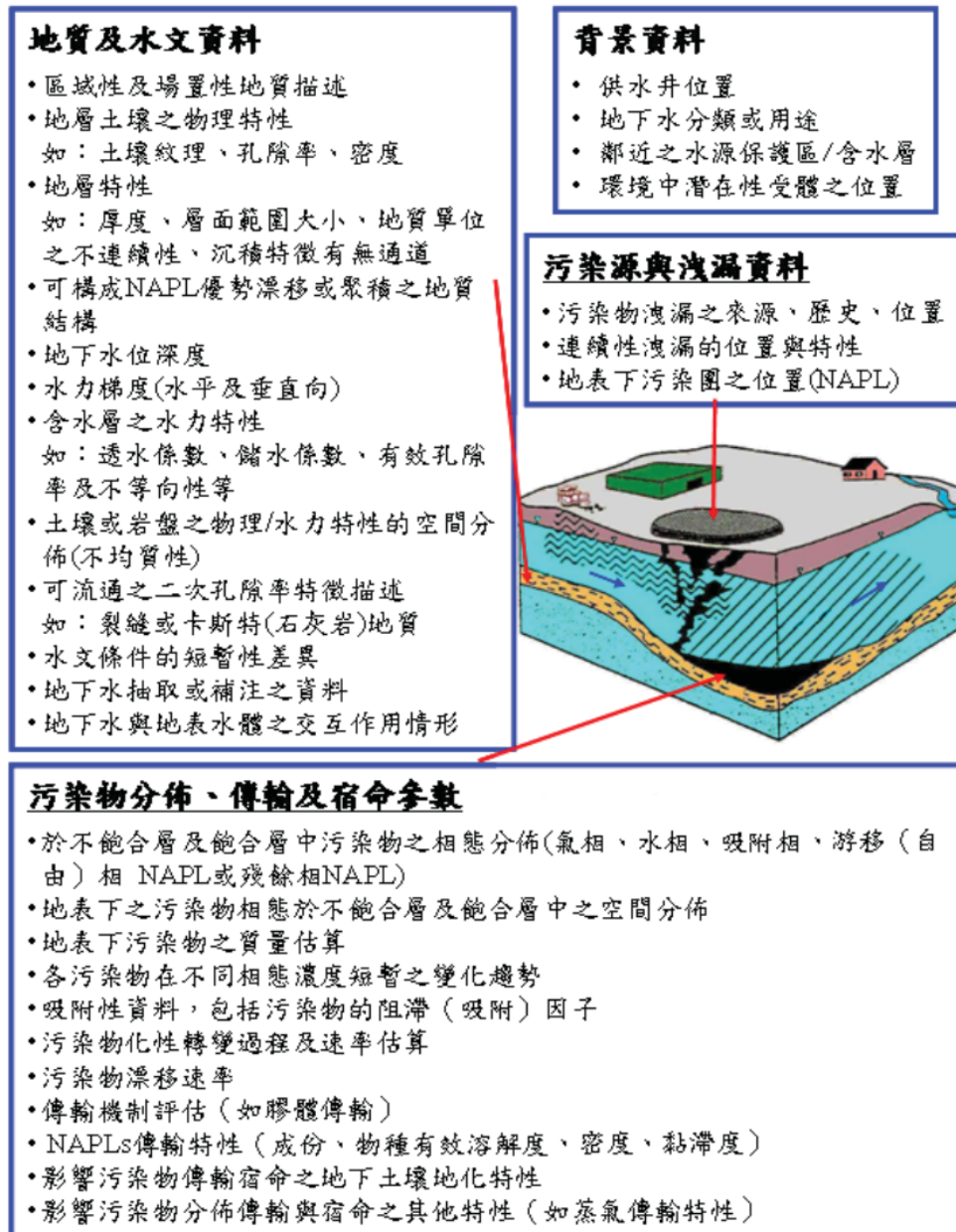


圖 5 不同區位之資料需求示意圖（資料來源：土壤及地下水污染場址調查作業參考指引總則，2015）



### (一) 場址環境評估

當場址存在污染之虞並啟動場址污染調查作業時，先進入場址污染評估調查階段，該階段重點工作項目為背景資料收集與審閱、現場勘查及人員訪談。背景資料應根據當地污染物特性、實際場址周圍情況，並依照表 1 土壤及地下水污染調查作業參考指引總則內容進行資料蒐集。蒐集過程中，應以眾所皆知且可供公眾利用之資料，且在合理時間及成本之前提下取得。進行場址環境評估之前，調查單位將進行案例的書面資料審視，然後挑出部分名單，辦理現場勘查與更精密調查，以累積項目積分最高的案例編輯成高污染潛勢場址案例表，安排進廠採取樣本以及其他必要之行動。

### (二) 污染調查規劃

經初步評估後仍有污染疑慮者，須再在進一步採用現場採樣與實驗室分析工作確認場址是否有遭受污染。而現場採樣工作根據是否須送入實驗室分析則可分為初步篩試/快速調查與現場採樣調查兩類，前者可研判污染潛在區域，並可於現場採樣工作時隨時調整原規劃內容，待確認為潛在污染區域後再進一步規劃採樣工作，將樣品送至實驗室分析，進一步了解場址確切污染情形。

### (三) 調查結果評估

當污染調查作業結束後，須利用污染物檢測濃度結果判定調查結果並進行評估，調查結果分為四種情境：未檢測出污染物濃度、檢測出污染物濃度但未超過監測標準、超過監測標準但未超過管制標準，以及超過管制標準等。

現場勘查時應逕可能包含場址內部及外部，除非受環境或障礙物所阻礙，任何場址內的結構物皆應納入勘查動線，針對敏感之環境受體區域應特別留意，並詳細記錄場址目前狀況、場址過去使用情形、毗鄰場址使用現況、建築物座落位置、現場水體分布及天候狀況等。場址人員訪談是執行場址污染調查潛評估污染潛勢區重要環節之一，應於現場勘查後依照現場情況及適當時機提出合適問題，並盡可能詳實記錄受訪者基本資料。最後將上述所得結果經由評估人員專業判斷，判定場址是否存在污染潛勢。污染調查規劃階段本階段中，場址調查評估人員根據調查目的不同，分為污染事實的確認及污染範圍的評估。在進行高污染潛勢區調查的執行過程，場址評估人員或顧問機構應依場址環境評估執行之結果為基礎，針對評估後判釋為高污染潛勢之區域，進行土壤及地下水污染調查規劃工作，研擬高污染潛勢區採樣調查之執行方式，擬定後續土壤及地下水採樣工作。





必要時應委託環檢所認證核可之檢測機構執行必要之採樣佈點規劃，與樣品分析作業，確認場址之土地是否有遭受污染。當進行污染範圍確認時，則應根據污染事實確認工作評估結果，修正場址概念模型後，進一步評估可能污染範圍分佈，再擬定污染調查規劃工作。於開始規劃採樣行程前，針對不同的要求及狀況，可以透過設定調查目標、擬定調查策略、組織工作團隊及建立初步場址概念模型方式來達成計畫目標所需之數據品質。主要說明如下：

表 1 土壤及地下水污染調查作業參考指引總則

| 場址管理階段   | 功能   |
|----------|--|
| 場址環境評估   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 協助建立場址內收集有關之污染來源、傳輸途徑及受體間的關聯性</li> <li>● 透過潛在影響關聯性評估，避免多餘的調查行為</li> <li>● 為後續調查工作之基礎，規範出後續之工作項目及範圍</li> </ul>   |
| 污染調查規劃   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 場址內之物理、化學、生物特性進行特徵描述</li> <li>● 描述污染物洩漏、移動及暴露途徑</li> <li>● 與場址污染無關的訊息文件化（歷史資料、自然環境背景、人為污染來源）</li> </ul>   |
| 整治方案選取   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 找出潛在暴露途徑，並定義對人體健康及環境的潛在風險</li> <li>● 評估可能之整治方案</li> <li>● 協助進行整治方案選取，並盡可能避免對受體產生不可接受的暴露風險，以確保人體健康及環境的保護</li> <li>● 去除空白數據的不確定性，進行明確整治方案選取規劃</li> <li>● 彙整所有收集資訊、評估結果及殼形性測試結果，進行整治方案的選取</li> <li>● 選取積極的整治方法進行場址污染改善</li> <li>● 討論已選定之整治方案。應如何進行人體健康及環境保護</li> </ul> |
| 污染改善作業後期 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 將整治成效文件化，並說明過程中如何減緩對人體健康及環境的衝擊</li> <li>● 將充足的調查資料繪製成圖，強化其選定之整治方案的克蓋性，並作為工程及體制監控的依據</li> <li>● 可作為緊急應變措施的參考</li> <li>● 證實所有污染調查及整治階段的工作，皆符合相關法令或手冊</li> <li>● 作為污染改善完成後的監測計畫參考</li> </ul>   |

資料來源：土壤及地下水污染場址調查作業參考指引總則(2015)



## 二、國內外案件推論之應用

余志偉(2004)因環境影響評估說明書都是以文件形式來保存，日復一日的結果，將使文件在保存及管理上遭遇到很大的困難，而要尋找相似的案例時，龐大的資料量將會使得找尋及比對工作相當費時且耗力；二為審查結論的預測：編撰後的環評書，最關心其是否能通過審查之可能性。因此，此研究提出：（1）利用案例式推理(Case-Based Reasoning, CBR)來建立案例資料庫，並擷取出最相似案例以提供參考。（2）結合模糊邏輯(Fuzzy Logic)推測最相似案例審查結論的適用機率。（3）以重要-績效分析法(Important Performance Analysis, IPA)進行環境因子審查結論風險分析。劉建華(2004)因營造廠對於類似案例或估算之經驗不易傳承，所以河川整治工程之專業估算人員只能憑藉著數量不多之工程估算經驗，加上對河川生態工法所使用之構造單元、材料與數量不甚熟悉，無法準確地控制其估算成本或工程預算之執行，導致工程成本浪費或發包困難等現象發生，因此，研究利用案例式推理根據過去相似之工程經驗資料作為知識擷取之方式，建立一套河川生態工法於規劃設計階段的工程成本估算系統，以便解決河川生態工法工程成本估算不易的問題。

國外的物聯網、人工智慧技術已發展得相當成熟且環境變化是屬於一動態系統，許多學者為解決其環境問題，已經利用收集到的資料建置案例式推論技術作為環境管理之工具，建立一系列各領域之專家系統，提供相對應策略給決策者。Faia et al. (2017)利用案例式推論與最近鄰法(knearest neighbors algorithms, kNN)建置建築物之能源管理專家系統，其系統先利用 KNN 演算法將過去案例進行非監督式分類鑑定其相似案例，接著利用 Particle Swarm Optimization (PSO)針對每一建築物之能源案例進行特徵選擇。結果發現此方法針對客戶對環境的舒適度不變下，其專家系統是有效降低能源的使用量。Cabrera and Sanchez-Marre (2018)認為環境資料的挖掘技術流程對資料科學是一大挑戰，過去傳統方法常使用於靜態，並且提供其靜態模型。環境系統屬於動態且生產大量的連續資料(continued data)，由靜態模型進行環境動態系統時，有時無法確切了解其現實狀態是否為靜態模型的現象，因此，此研究針對每一時間點的環境資訊建立一動態的案例庫(Dynamic Adaptive Case Library)，並且利用隨機方法(stochastic method)進行新案例學習，並管理及增加新案例至動態案例庫中。此研究是利用都市內的空氣品質做為案例式推論之案例，其結果展示此推論技術之準確度比靜態模型低 5%-7%，其可能因資料數量不足之原因所導致，但對於未來此系統可針對不同空氣污染事件，可作為事先預防與決策。Yu et al. (2018)利用案例式推論技術探討水供應網路所帶來的致病風險，此推論技術著重三個部分，第一部分對疾病領域之知識本體(knowledge ontology)了解與策略制定；第二部分為二階段式的案例回放方法是透過相似度的





方式進行過去既有資料中的風險值進行比對；透過不同的情境模擬，找出最佳的方案。

國內過去也有利用案例式推論方法推論其環境中新案件與舊案件之相似程度，但卻較少應用於污染場址辨識，可能因當時資料不足及相關知識並不完善，導致當時無法有效推動其案例式推論技術。由於現代人工智慧的軟體與硬體設備皆以發展相當成熟，因此，本專案認為結合案例式推論概念及機器學習技術建置污染場址快速辨識技術是非常可行的。機器學習是由輸入資料（X）、輸出資料（Y）、未知目標函數（f）、訓練資料集（D）與假說（g）等五個基本元件所組成（林軒田，2015），其目標是要模擬連結輸入資料（X）與輸出資料（Y），並產生未知且複雜的目標函數（f），最後藉由觀察訓練資料集（D），使用數學演算法從一群候選函數（H）中選出最合適的一個或多個函數，最後產出一假說（g），此假說（g）將非常類似未知的目標函數（f），其中最常使用則是決策樹。決策樹可將一個複雜的系統簡化成幾個簡單的決策問題來解決，使整體目標更為容易理解且具有一定的預測準確率與解釋能力，優點包含演算法簡單且有效率、可同時處理分類與迴歸問題且為有效率的非線性模型。

賈皓鈞(2016)運用機器學習探討受體暴露特徵，結合民眾生活習慣問卷、社會經濟公開資料（如自來水普及率、人口密度、教育程度、年齡、收入等）、及土地利用圖資等資料，將複雜、困難、異質性資料進行分析，找尋特徵化受體暴露潛勢區域。利用決策樹與地理圖資顯示受體暴露潛勢地圖，使用 CART 兩種不同類型決策樹，若輸出資料為區域民眾接觸土壤與地下水可能性預測等分類資料，則建立分類型決策樹；輸出資料為判定土壤與地下水不同途徑接觸暴露潛勢預測及作為連續型資料，則使用迴歸型決策樹，其結果發現土壤與地下水接觸特徵不太相同，但兩者與土地利用特徵有強度關連，建議健康風險評估暴露參數應強化與土地利用連結。而在國外應用決策樹處理土壤元素的使用上，Geissen et al. (2007)以墨西哥東南部塔巴斯科州不同形式的水蝕和岩溶或假岩溶地層為主，根據基本環境變量（例如地質構造、土壤類型或植被覆蓋度）對表層和地下水蝕進行建模，蒐集沉積岩，石灰岩，砂岩和礫岩組成，並建立各種土壤流失的方式，例如小溪和溝壑侵蝕、質量運動、下沉坑和隧道，且增加在現場收集的數據，例如實際的土地使用、植被覆蓋度和傾斜度等，並以決策樹進行運算，並成功預測下沉坑和隧道的發生，且即使在數據缺乏的地區，也可以識別高風險地區，僅在針對不同形式的表層土壤流失之預測成功率較低，然而依舊是可作為資料缺乏地區對於數據初步分析和假設生成的有價值的工具，並可作為侵蝕風險圖和土壤保持規劃之參考。



決策樹方法具有不錯的預測正確率(Predict accuracy)與解釋能力(Interpretability)(Mesarić and Šebalj, 2016)。在建置過程中會建立一樹狀結構，其結構由根節點(Root Node)、子節點(Child Node)、葉節點(Leaf Node)或類別所組成(Myles et al., 2004)。當決策樹停止衍生時，代表該案例屬性都已被有效歸類至同一類別中，且已無法再從中找到新的索引來進行新節點分割或已無未處理的資料。當樹狀結構建立後，新案例測試時是由決策樹根部節點開始進行測試，根據各分割選擇其索引值，移至另一子節點，依此遞迴方式繼續進行，直至達到葉節點，而此葉節點即為新案例需要使用的管理策略。其方法之學習過程是用監督式學習，經由輸入與輸出的關係找出最好的來做分割，一般都是上往下生成，最根本的節點為根結點，最後生長完的樹末節點為葉節點。樹狀的大小取決於輸入資料的大小，輸入資料越多樹長得越大，輸入資料少樹長得越少，但因為過度適應(Overfitting)的問題，會導致葉節點的資料量過少而呈現單一化的趨勢所以樹長得越大不一定是好。因此在樹長好後，會經過修剪的步驟讓樹變小，以避免過度適應的問題。

而決策樹具有以下優點：

1. 決策樹形成的樹狀圖形是很容易讓人了解的決策模型。
2. 計畫量相對的較小，可以了解到輸入資料對於決策的重要性關係，而決策樹在建立完成後，對以後測試資料分類也會很快速。
3. 節點關連性都是以最高的關聯作為分割，所以節點彼此關聯性很高。
4. 決策樹演算法可降低雜訊，也可以避免過度適應的問題產生。



## 第肆章 研究方法與過程

### 一、研究架構

本專案計畫的研究架構如圖 5 所示，主要分為：案例收集與案例詮釋、案例索引建置與決策樹技術建立等四大部分。(1)案例收集與案例詮釋階段：將以土基會既有之歷史案例及相關法規為對象進行系統分析，建立案例之詮釋資料(metadata)；(2)案例索引建置階段：將透過既有污染調查表單評估指標的合理性分析並建立案例索引系統；(3)案例式推論技術建立階段：將利用案例索引系統針對案例庫資料建立案例式推論技術；(4)決策樹技術建立：利用人工智慧技術中的決策樹分析進行推論規則與模型推論建立，其中推論規則將以索引庫為主，透過決策樹的權重分析進而將案例分類及預測，以達成案例推論引擎建置。最後，本專案計畫將以目前案例做為測試對象，進行案例推論引擎的測試，探討其分類結果是否符合環保署之處理流程，以完成本專案計畫之目標，在計畫執行階段，將以python 進程式語言撰寫。本專案計畫之詳細內容說明於各小節中。

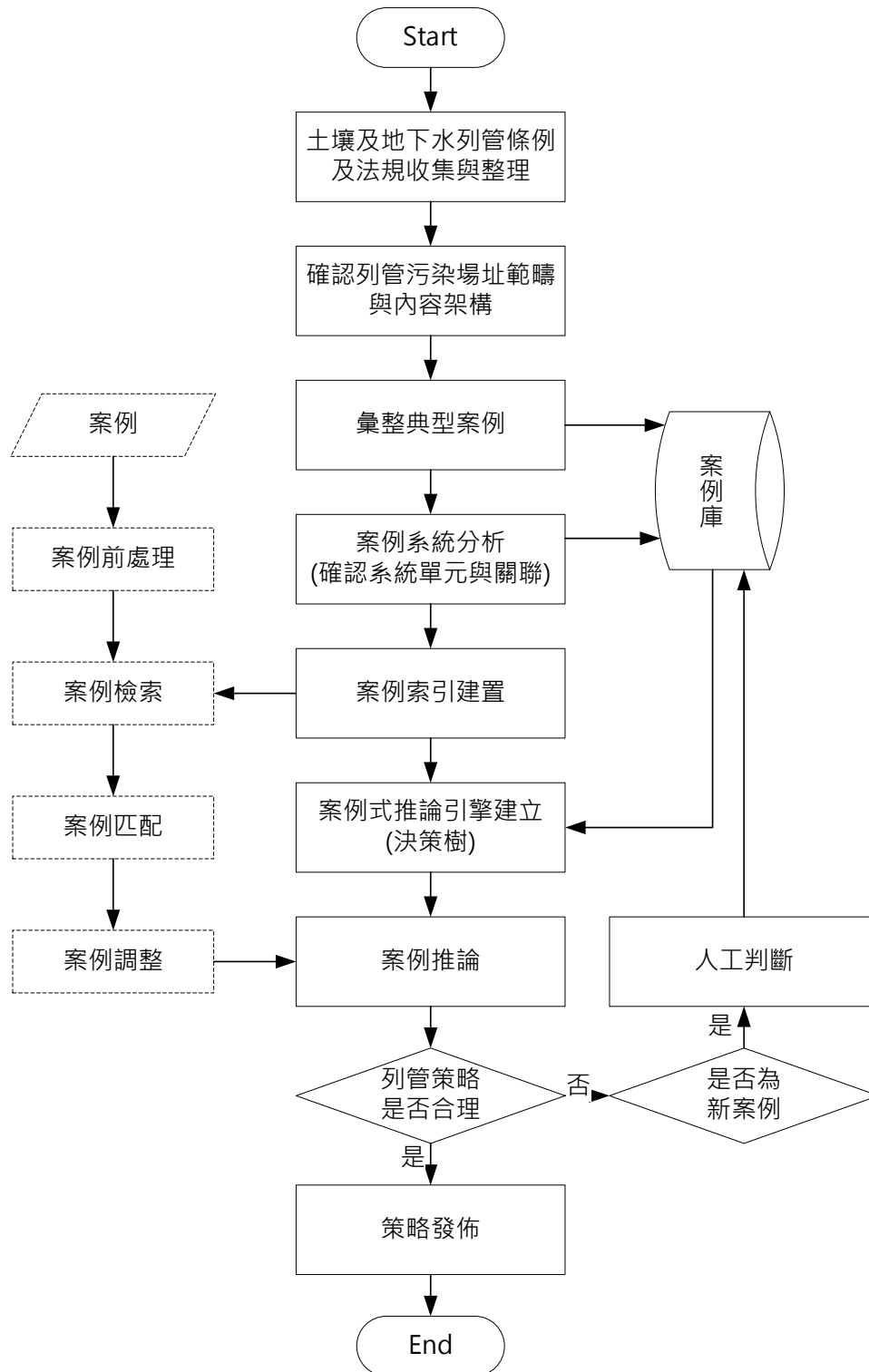


圖 5 本計畫研究流程圖



## 二、 案例收集與案例詮釋

本團隊針對土基會發布於網站之報告書資訊，針對過去不同類型場址進行的場址調查擬定調查作業流程中的 phaseI 至 phaseII 資料進行蒐集彙整，並蒐集 91 筆原始資料。目前資料主要分為工廠基本資料與高污染潛勢場址調查結果，其中工廠基本資料可分為場址名稱、列管日期、列管狀態、場址地址或地號、場址面積、場址座標、場址類別、產業類別、現況概述、可能污染物或污染源、周邊環境描述；表單內容由彰化縣、桃園縣土壤及地下水污染調查及查證計畫報告書中，有土壤及地下水污染疑慮工廠查證結果小節中彙整而來，基本資料如表 2 所示，從表中可反映出當時工廠的現況與資本資料。

表 2 基本資料示意表

|           |   |                 |                      |
|-----------|---|-----------------|----------------------|
| 場址名稱      | 立督科技股份有限公司秀水廠   |                 |                      |
| 列管日期      | -   | 列管狀態            | 依土壤及地下水污染整治法第六條定期監測  |
| 場址地址或地號   | 彰化縣秀水鄉彰馬街 1 之 11 號                                    |                 |                      |
| 場址面積      | 666 m <sup>2</sup>                                    | 場址座標<br>(TWD97) | X:199798 ; Y:2662064 |
| 場址類別      | 工廠  |                 |                      |
| 產業類別      | 金屬表面處理業   |                 |                      |
| 現況概述      | 立督科技股份有限公司秀水廠已無運作，廠房用地由恒鎰五金股份有限公司購入，作為倉庫使用，並設置射出成型設備。 |                 |                      |
| 可能污染物與污染源 | 重金屬：銅   |                 |                      |
| 周遭環境描述    | 場址四週均為工廠，附近則有農地與廠房建物，附近用地以工業與農業用途為主，東側有新增廠房建物。        |                 |                      |



除工廠基本資料外，為防範環境受到嚴重危害，土基會對於具備高污染潛勢的工廠將作為優先調查的區域，並填寫高污染潛勢場址調查結果等表單，相關調查結果表如表 3 所示，土基會於表單中針對調查場址本身的採樣深度、採樣點數、廠區污染物、污染類別、廠區土質進行分析，藉以了解工廠周遭環境是否有遭受到污染，以及污染程度的嚴重性等。

表 3 調查結果示意表

| 分析項目         |             | 汞           | 砷  | 銅   | 鉻   | 鎘  | 鉛    | 鋅    | 鎳   |
|--------------|-------------|-------------|----|-----|-----|----|------|------|-----|
| 採樣點位-深度 (cm) |             | 檢測值 (mg/kg) |    |     |     |    |      |      |     |
| XRF 篩測       | LD105S01-30 | <5          | 7  | 54  | 89  | 28 | 138  | 16   | 7   |
| 土壤污染監測標準     |             | 10          | 30 | 220 | 175 | 10 | 1000 | 1000 | 130 |
| 土壤污染管制標準     |             | 20          | 60 | 400 | 250 | 20 | 2000 | 2000 | 200 |

但由於不同報告書中的表單項目完整程度皆有所不同，因此本研究針對可判斷場址受污染的項目進行篩選與擷取，並考慮到資料完整度以及資料詮釋性較佳案例項目，彙集成本研究主要進行分析的案例項目。本計畫最後將擷取並進行分析的上述表單項目包含原始表單中所擷取的場址列管狀態、產業類別、主要製程、主要產品、廠房總面積、場址土質、設置點位數、污染類別、污染物、污染物濃度等。





### 三、 案例特徵與索引系統建立

為減少資料搜尋與篩選時間，因此須建立案例特徵與索引系統，藉由案例特徵進行搜尋資料之屬性值(Features)、描述及相關問題等關鍵字建立，透過案例索引系統快速在資料庫中尋找合適的案例，逐步篩選出須要的案例資料以有效解決問題。案例特徵建立如圖 6 中所示，依照不同界面之特徵分為行為層、地上層、地表層、地下層等，藉由不同層面建立索引表單，進而建置索引系統。

1. 代表代表代表代表行為層：表示工廠的行為模式，包含主要製程、主要產品、可能產生污染物或污染源等。

地上層：表示工廠基本資料與現況，包含工廠名稱、列管日期、場址地址或地號、場址面積、場址座標、場址類別、產業類別、現況概述與周邊環境描述。

地表層：針對地質項目進行設計，包含區域性及場置性地質描述、地層土質之物理特性、地層特性。

地下層：針對地表以下的案例特徵，包含污染物的空間分佈、傳輸機制評估、污染物之質量估算。

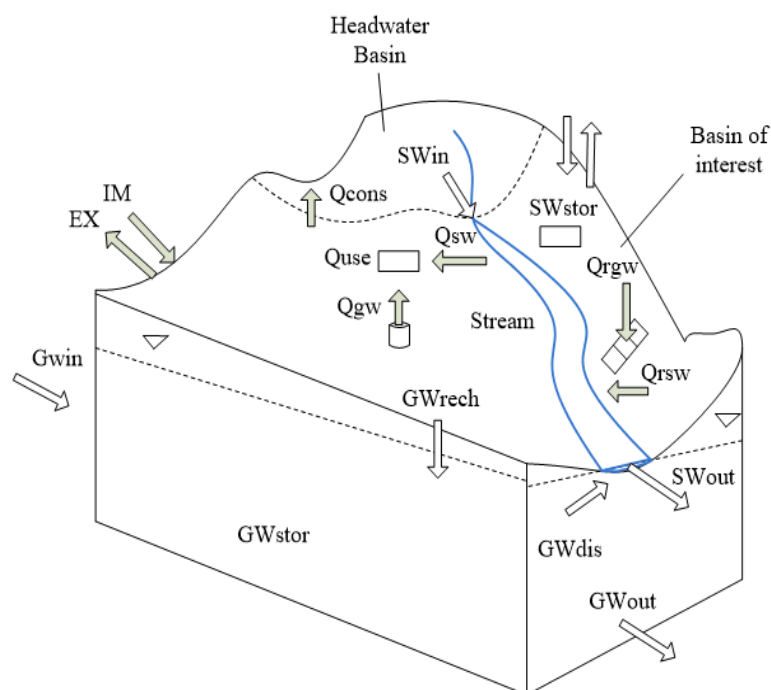


圖 6 索引系統示意圖





#### 四、案例式推論引擎建立

當收集完上述資料後，因資料格式不一，包含數值資料、文字資料、不對稱資料等，因此為降低資料分析的困難，本計畫透過圖 7 流程進行建置案例式推論引擎。在此流程中，分別進行資料轉換、資料歸一化、資料前處理-資料分割、決策樹模型建立、模型驗證、敏感度分析等，以下小節針對每一步驟進行詳細介紹。

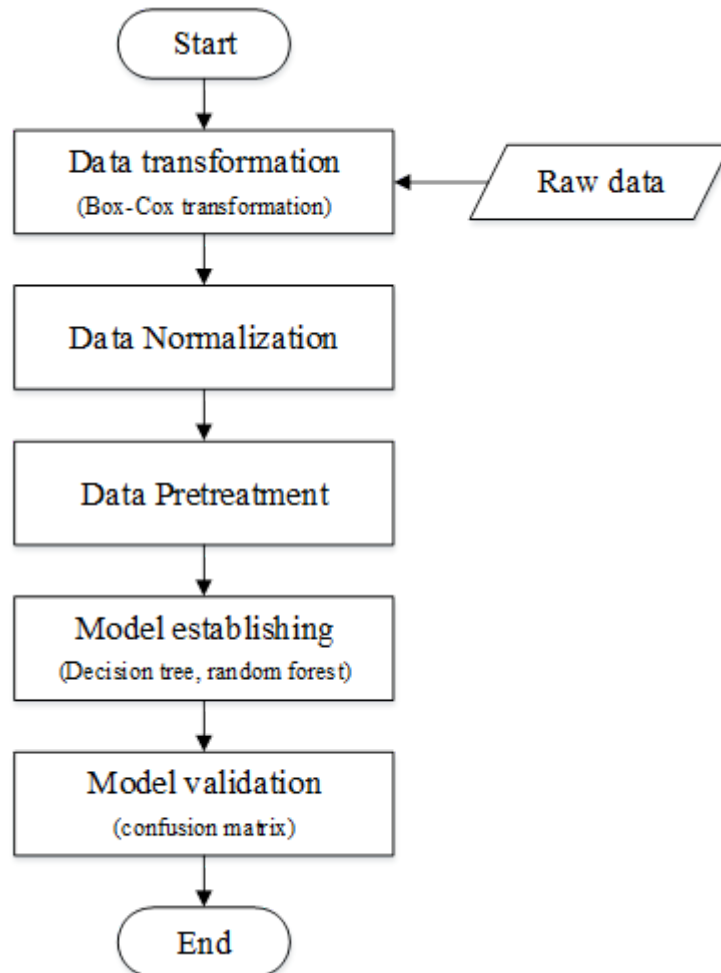


圖 7 推論引擎建置流程圖



## (一) 資料轉換-數值分布型態變更

由於資料中的變數大部分非常態的分布，為了使模型較準確，本研究利用 Box-Cox transformation 進行資料轉換(Sakia, 1992)，其主要概念為誤差為非常態、非線性、誤差平方非齊性的數值狀態，經過 Box Cox transformation 會轉換成接近線性的函式。Box-Cox 轉換方式有三種，分別為依變量 Y、單變數轉換及黃金分割搜索法，本團隊針對單一變數進行轉換，故選擇單變數轉換法，其原理如下：

設變數  $y$  經變換後，其函式為 (1)：

$$y^{(\lambda)} \sim N(\mu, \sigma^2) \quad (1)$$

對固定的  $\lambda, \beta, \sigma^2$  的概似函數為：

$$L(\beta, \sigma^2) = \frac{1}{(\sqrt{2\pi}\sigma)^2} \exp \left\{ -\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n \left( y_i^{(\lambda)} - \mu \right)^2 \right\} \quad (2)$$

J 同為變換 Jacobi 的行列式

$$J = \prod_{i=1}^x \left| \frac{dy_i^{(\lambda)}}{dy_i} \right| = \lambda^x \prod_{i=1}^x y_i^{\lambda-1} \quad (3)$$

求得  $\beta, \sigma^2$  最大概似估計為：

$$\hat{\mu} = \bar{y}^{(\lambda)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^x y_i^{(\lambda)} \quad (4)$$

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^x \left( y_i^{(\lambda)} - \hat{\mu} \right)^2 \quad (5)$$

對最大概似函數做對數轉換

$$\ln l_{\max}(\lambda) = -\frac{n}{2} - \frac{n}{2} \ln(2\pi) - \frac{n}{2} \ln(\hat{\sigma}^2) + \ln J \quad (6)$$

化簡可得：

$$\ln l_{\max}(\lambda) = -\frac{n}{2} - \frac{n}{2} \ln(2\pi) - \frac{n}{2} \ln \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (z_i^{(\lambda)} - \bar{z}^{(\lambda)})^2 \right) \quad (7)$$

其中：

$$z^{(\lambda)} = gm(y^{(\lambda)})^{1-\lambda} \cdot y^{(\lambda)} \quad (8)$$

$$gm(y^{(\lambda)}) = \exp \left( \sum_{i=1}^x \frac{1}{n} \ln(y_i^{(\lambda)}) \right) \quad (9)$$

簡化其方程式，可改為：

$$Y^{(\lambda)} = \begin{cases} gm(Y)^{1-\lambda} \cdot \frac{Y^{\lambda}-1}{\lambda}, & \lambda \neq 0 \\ gm(Y) \cdot \ln Y, & \lambda = 0 \end{cases} \quad (10)$$



## (二) 資料轉換-非結構性資料轉換

由於本計劃所收集來的工廠資料大多為文字資料，為使模型方便運算，本計畫將表 5 之變數進行虛擬變數與名義變數轉換，虛擬變數為場址列管狀態，分為列管場址與非列管場址；名義變數為產業類別、主要製程、主要產品、場址土質；產業類別包含了金屬製品製造業、汽車及其零件製造業、其他運輸工具及其零件製造業、機械設備製造業、化學原材料、肥料、氮化合物、塑橡膠原料及人造纖維製造業、皮革、毛皮及其製品製造業、塑膠製品製造業、橡膠製品製造業、金屬表面處理業；主要製程包含金屬電鍍製程、染色程序、五金零件加工製程、氧化物、鈮化物、鎳化合物製造程序、再製橡膠、再製塑膠之原料製造及加工；主要產品包含金屬加工處理、其他金屬製品、汽車零件、機車及其零件、自行車及其零件、通用機械設備、化學原材料、皮革、毛皮及其製品、塑膠製品、自行車及其零件、橡膠製品、金屬刀具、手工具及模具；場址土質裡包含無、粘板岩老沖積土、粘板岩新沖積土、粘板岩及砂頁岩混合沖積土。

表 4 資料變數轉換一覽表

| 變數類別   | 虛擬變數   | 名義變數                         |
|--------|--------|------------------------------|
| 工廠基本資料 | 場址列管狀態 | 產業類別<br>主要製程<br>主要產品<br>場址土質 |

## (三) 資料歸一化

由於部分資料變數間的數值有極大差異，使得在了解變數資訊時，不易看出變數間之關聯性，除此因素外，也可能在模型訓練過程中因變數間數值差異過大，造成數值較小的變數常發生被刪除的現象，因此本團隊將利用歸一化的方式，將資料轉換至 0~1 之間，公式如下：

$$Z_i = \frac{(x_i - x_{\min})}{(x_{\max} - x_{\min})} \quad (11)$$



#### (四) 資料前處理-資料分割

完成數值歸一化後，為了讓模型可以被驗證，並了解其分類準確度，本團隊將每一資料集切分成訓練集與測試集，其比例分別為 90%與 10%。由 80%資料集進行模型訓練，透過 10%測試集進行模型驗證。

#### (五) 決策樹分析模型

決策樹分析方法有 Iterative dichotomiser 3 (ID3)、C4.5 與 Classification and regression tree (CART)三種，本團隊以 CART 作為本研究之理論基礎進行推論引擎建置，成果如示意圖 8 所示，分類與迴歸樹為決策樹分析方法之一，此方法是用 Gini index 來做為分割基準，計算每個輸入與輸出參數的 Gini index，Gini index 最小的就用該輸入參數來作為分割點，分割完後再利用其他輸入參數與輸出值計算 Gini index，再利用計算出最小的值作為分割點，以此類推，進而生成決策樹，其 Gini index 可用下式進行表示：

$$\text{Gini index} = 1 - \sum_{i=1}^m [p(i|t)]^2 \quad (11)$$

其中  $p(i|t)$  表示在節點  $t$  中屬於類別  $i$  的資料比例，有時候會忽略節點  $t$ ，直接用  $p_i$  來表示比例。在確定案例表達方式和案例庫建構後，接著即根據系統所遭遇到之問題描述，將之視為一個疑問案例(query case)，此疑問案例即為一尚待解決之案例，故其解答部份(solution part)為空集合，基於此疑問案例之問題描述，系統會從案例庫中搜尋和疑問案例吻合度最高之最佳案例(best case)出來，擷取的過程之技術包含了相似度測量(similarity measure)與案例索引(case indexing)技術(Sebag and Schoenauer, 1994)。

決策樹常被使用於分類或預測的技術，屬於非線性資料分類法，可有效解決僅能線性區隔方法的缺點，如邏輯斯迴歸(Logistic Regression)。分析結果以樹狀圖呈現，其結構如圖 8 所示，由樹的根節點(Root Node)開始，按照分類的問題或屬性展開，樹的中間節點(Non-Leaf Node)代表測試的條件，每個節點代表一個屬性，分支(Branches)代表條件測試的結果，葉節點(Leaf Node)則代表分類的類別。

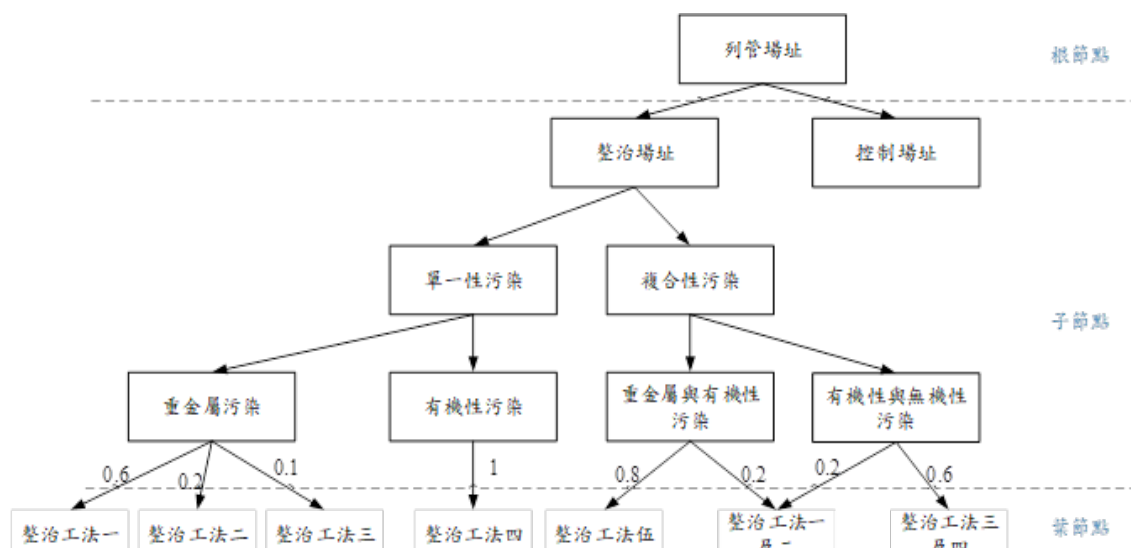


圖 8 決策樹示意圖

決策樹有許多不同的方法，因建構的方法不同，步驟可能也有所不同。一般而言，要建立決策樹，先以訓練資料(Training Data)建立模式(Model)，再以測試資料(Testing Data)修剪決策樹，提高整體正確率後，才能以此模式去預測新的資料。建置決策樹的過程大致上可分為以下五個步驟：

### 1 決定分隔變數(Attribute Selection Measure)：

決策樹透過遞迴分割(Recursive Partitioning)建立而成，它是一種將資料分割成不同小的部分的疊代過程。如有下列情況，決策樹將停止分割：該群的每一筆資料都已歸類到同一類別；該群資料已無法再找到新的屬性做節點分割；該群已無任何尚未處理的資料。

### 2 培育完整的樹(Full Tree)：

將所有資料放置根節點，由根節點開始分隔出兩個或更多的節點，再以相同方式將每個節點分隔，不斷重複這個動作，直到無法找到可以顯著降低一個節點分散度的分隔，就將其標示為葉部節點，直到每一個分割都只剩下葉節點，就已培育出完整的樹。但完整的決策樹通常無法配適出最好的結果，很容易出現過度擬和(Overfitting)，所以這棵樹需要被評估與修剪。

### 3 評估每個節點及整體錯誤率：

決策樹建構完成後，訓練組的每一筆資料都被分配到各個葉節點，每個葉節點都有一個錯誤率，所有葉節點的錯誤率的加權總數就是整棵樹的錯誤率，可以用以評估及修正。



#### 4 修剪決策樹(Tree Pruning)：

完全生長的決策樹容易出現過擬和(Overfitting)的狀況，像是特殊樣本這樣的離群值。例如：某一項分類經過了十個以上的節點，而最後留在葉節點的資料量極少，很有可能就是某種特例。此時，以測試組的資料，來測試修剪後的分支錯誤率，選擇最低留下來的值，此值經過修剪已去除掉 Overfitting 的狀況，又不會修剪掉有價值的資訊。修剪決策樹，其實在做的事就是刪除離群值(Outlier)，避免過度學習。

#### 5 應用所建立模型套用在新資料上：

決策樹學習的關鍵在於，在每個分裂節點處如何選擇最優劃分屬性。一般而言，隨着劃分過程不斷進行，我們希望決策樹的分支節點所包含的樣本儘可能屬於同一類別，即節點的「純度」越來越高。以下我們介紹三種決策樹最常使用到的特徵選擇準則：

##### (1) 信息增益(Information Gain)：

在訓練過程中決策樹會問出一系列的問題，像是年齡是否>30 歲，年收入是否<100 萬之類的是非問題。由最上方的樹節點開始用資料的特徵將資料分割到不同邊，分割的原則是：這樣的分割要能得到最大的資訊增益(Information gain)。如公式(?), 可解釋為：獲得的資訊量=原本的資訊量-分割後的資訊量。

$$IG(D_p, f) = I(D_p) - \sum_{j=1}^m \frac{N_j}{N_p} I(D_j) \quad (?)$$

其中， $D_p$ ：整體資訊量； $N_p$ ：整體資料總數； $D_j$ ：第  $j$  個分割資訊量， $j=1,2,\dots,m$ (特徵總數)； $N_j$ ：第  $j$  個資料總數， $j=1,2,\dots,m$ (特徵總數)，

由於我們希望獲得的資訊量要最大，因此經由分割後的資訊量要越小越好，信息增益的資訊量最常使用的是熵(Entropy)，其公式如(?)：

$$I_H(t) = - \sum_{i=1}^c p(i|t) \log_2 p(i|t) \quad (?)$$

其中， $p(i|t)$ ：屬性的機率； $c$ ：分類類別； $i$ ：第幾個類別的資料總數

##### (2) 增益率(Gain Ratio)：

實際上，信息增益準則對可取值數目較多的屬性有所偏好，為減少這種偏好可能帶來的不利影響，C4.5 決策樹算法不直接使用信息增益，而是使用增益率(Gain Ratio)來選擇最優劃分屬性。因為增益率偏向選擇可取值數目較





少的屬性，C4.5 算法並不是直接選擇增益率最大的候選劃分屬性，而是使用了一個啟發式的方法：先從候選劃分屬性中找出信息增益高於平均水平的屬性，再從中選擇增益率最高的。

### (3) 基尼指數(Gini Index)：

基尼指數是另外一種數據的不純度的度量方法，採用基尼指數的代表是 CART 決策樹，它的概念與「熵」雷同，最大的差別在於「熵」一次可產生多個不同節點，基尼指數一次僅能產生兩個，即 True 或 False 的 Binary 分類。基尼指數也是決策樹衡量資訊量最常使用的指標之一，其公式如(?)：

$$\text{Gini index} = 1 - \sum_{i=1}^m [p(i|t)^2] \quad (?)$$

其中，D 包含 n 個樣本， $p(i|t)$  為屬性的機率，當  $\text{Gini}(D)=0$  時，在此節點處所有的資料都屬於同一類別，此時能獲得有用的資訊量最大；當  $\text{Gini}(D)=1$  時，即此節點的資料屬性均勻分佈，能獲得有用的資訊量最小。如果將集合切分為 l 個部分，則進行分割的  $\text{Gini Index}(\text{Ginisplit})$ ，如下列公式(?)：

$$\text{Gini}_{split}(D) = \sum_{i=1}^l \frac{n_i}{n} \text{Gini}(i) \quad (?)$$

其中，l 為子節點個數，n 為節點母體樣本數， $n_i$  為子節點屬於 i 的樣本數，使用公式(?)找出最小的  $\text{Gini}(D)_{split}$ ，用以作為此節點處屬性分裂的標準。

## (六) 模型驗證

為測試模型準確度，模型評估(Case Evaluation)主要的工作是在測試輸出解答的正確與否，會先對經由案例適應修改步驟後之案例，將其解答部份應用於真實環境中，並以系統評估機制或人為方式衡量效果好壞；此外，亦有可能發生改編後之案例並不適合解決所遭遇問題之情況；此時，系統就必再重返案例擷取階段再一次重新擷取出另一最佳案例。在此部分，本團隊利用混淆矩陣將測試集進行準確度分析以確保推論引擎的準確度，混淆矩陣對有監督學習分類算法準確率進行評估的工具(Hay, 1988)，通過將模型預測的數據與測試數據進行對比，使用準確率對模型的分類效果進行度量；其中 actual value 為測試集的真實結果值，而 predicted value 為利用測試集的資料帶入模型後所得之預測結果值，經過互相比對，可得其對應結果，若預測為真且真實值也為真，則 TP 則加 1，代表其預測準確，反之，若預測為真但真實為





假，則 NP 加一，代表其預測錯誤。根據這樣計算，可得知其模型準確率是否可信。以下介紹其每一項的計算方式：

1. TP 為 true positive，表示測試集中是 Positive，模型預測結果是 Positive 的資料數量。
2. FP 為 false positive，表示測試集中是 Negative，模型預測結果是 Positive 的資料數量。
3. FN 為 false negative，表示測試集中是 Positive，模型預測結果是 Negative 的資料數量。
4. TN 為 True negative，表示測試集中是 Negative，模型預測結果是 Negative 的資料數量。

當瞭解每一項目之分類結果後，其模型準確率的公式如下：

$$\text{Accuracy} = \frac{TP+TN}{TP+FP+FN+TN} \quad (12)$$



## 五、工作進度甘特圖

| 年月<br>工作項目  | 1  | 2   | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12  | 備註 |
|---|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|
| 案例收集與案例詮釋   |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |
| 案例特徵建立  |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |
| 索引系統建立  |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |
| 案例庫建置   |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |
| 案例擷取  |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |
| 期中報告撰寫  |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |
| 資料前處理   |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |
| 污染場址辨識與推論技術<br>(決策樹分析)  |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |
| 案例測試與精準度分析  |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |
| 期末報告撰寫  |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |
| 工作進度估計百分比(%)  | 5  | 10  | 15 | 30 | 40 | 50 | 55 | 70 | 75 | 80 | 90 | 100 |    |
| 預定查核點   | 期中 | 1. 案例蒐集與案例詮釋完成<br>2. 案例特徵建立<br>3. 案例建置與變數建立 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |
|   | 期末 | 1. 污染場址辨識與推論技術<br>2. 模型精準度分析<br>3. 期末報告撰寫   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |
| 說明：工作項目請視專案性質及需要自行訂定。預定進度以粗線表示其起迄日期。「工作進度百分比」欄係為配合管考作業所需，累積百分比請視工作性質就以下因素擇一估計訂定：(1) 工作天數，(2) 經費之分配，(3) 工作量之比重，(4) 擬達成目標之具體數字。「預定查核點」，請在條形圖上標明※符號，並在「預定查核點」欄具體註明關鍵性工作要項。 |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |



## 第五章 結果與討論

### 一、彙整典型案例與差異分析

案例數蒐集為本計畫最首要的目標，而如何蒐集並彙整有效案例數的方式如圖 9 本計畫案例蒐集流程圖，主要為四大步驟，其說明如下：

#### (一) 環保專案成果報告查詢系統查詢

由於並未有土壤及地下水污染之相關線上整合資訊，因此本計畫初步先以環保署「環保專案成果報告查詢系統」（以下簡稱「環保成果網」）中針對「土壤及地下水污染調查及查證計畫」相關報告書，進行全國各縣市各年度報告書案例蒐集，本團隊透過各類污染報告書蒐集本計畫所使用的案例。但在蒐集過程中發現各項報告書資料有所差異不同，其關鍵字「土壤及地下水污染調查及查證計畫」為計畫年度有持續且報告書內容符合蒐集的特徵項目，因此選此關鍵字進行案例蒐集。

#### (二) 103 年度後之資料蒐集

本計畫以 103-108 年報告書為主要目標，主要係因民國 93 年雖公告「土壤及地下水污染控制計畫撰寫指引」，並訂立污染調查及查證計畫格式與撰寫內容，但細項內容並未詳列規劃，因此經由本團隊查證後發現民國 103 年後的修正撰寫指引中，其資料與格式較 93 年度指引皆有大幅度的調整與詳列內容，103 年之後的報告書蒐集資料較為容易且完整，因而主要選用 103 年度之修正後的案例報告書作為本計畫所鎖定的目標。

#### (三) 案例蒐集範圍

本計畫原計畫蒐集全國的案例，但經本團隊蒐集全國縣市的調查及查證計畫並審視計畫書內容後，發現 103 年以後之「彰化縣」與「桃園市」的報告書內容最為完整且報告書較多，因而選用「彰化縣土壤及地下水污染調查及查證計畫」以及「桃園市土壤及地下水污染調查及查證計畫」作為本計畫主要案例來源。

#### (四) 案例相關蒐集內容

案例如本計畫第二章案例蒐集與詮釋中，蒐集原始狀態由內文

表 5、表 6、表 7 所示，分為工廠基本資料與針對高污染潛勢的工廠污染調查結果，但因無線上開放之相關調查資料，且因報告書中撰寫單位之在進行報告書撰寫時的文字詮釋皆不同，因而無法使用程式語言進行篩選，僅能透過人工方



式進行蒐集，最後由 103 年至 106 年於兩縣市年度報告書整理出之原始資料共計 91 筆，如錯誤！找不到參照來源。所示。

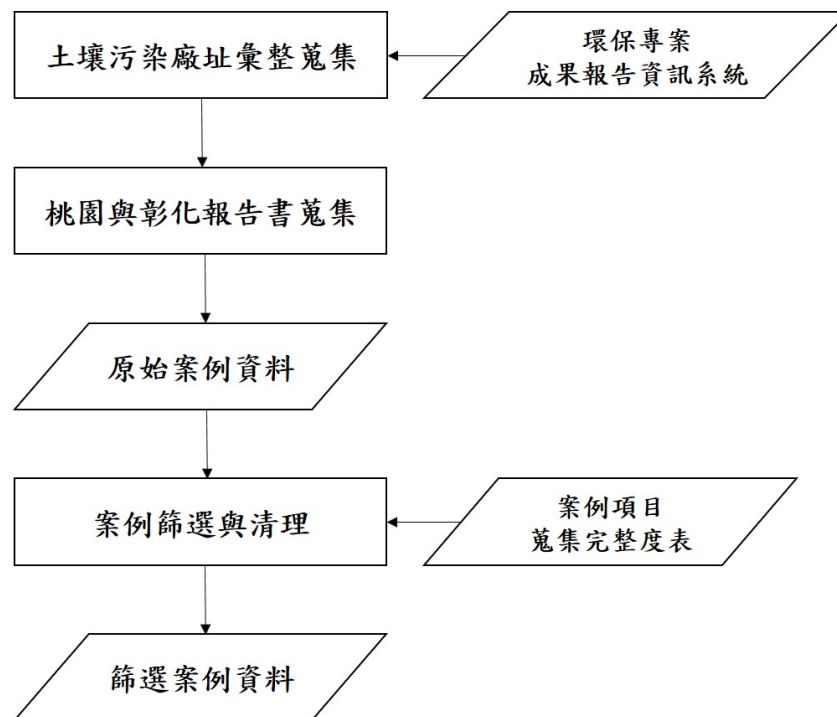


圖 9 本計畫案例蒐集流程圖

表 5 民國 93 年法案公告案例數表(報告書總數共五份)

| 法案目錄            | 計畫書名稱                             | 種類    | 案例數量 |
|-----------------|-----------------------------------|-------|------|
| 計畫提出者、撰寫者及執行者資料 | 100 年度彰化縣土壤及地下水污染調查及查證工作計畫        | 工廠    | 12   |
| 場址基本資料          | 101 年度土壤污染評估調查及檢測資料申報審查與查核計畫(乙)   | 無工廠案例 |      |
| 場址現況及污染情形       | 102 年度彰化縣土壤及地下水污染調查及查證計畫期末報告(定稿本) | 無工廠案例 |      |
| 污染物、污染範圍及污染程度   | 102 年度土壤污染評估調查及檢測資料申報審查與查核計畫(乙)   | 無案例   |      |
| 污染控制及防治方法       | 總和                                | 12    |      |
| 污染監測方式          |                                   |       |      |
| 工地安全衛生管理        |                                   |       |      |
| 控制結果之驗證方式       |                                   |       |      |
| 計畫執行期程          |                                   |       |      |
| 其他經主管機關指定之事項    |                                   |       |      |
| 參考資料            |                                   |       |      |



表 6 民國 103 年法案修正案例數表(報告書總數共四份)

| 法案目錄               | 計劃書名稱                    | 種類 | 案例數量 |
|--------------------|--------------------------|----|------|
| 計畫提出者、撰寫者及執行者資料    | 103 年度彰化縣土壤及地下水污染調查及查證計畫 | 工廠 | 12   |
| 計畫大綱               |                          |    |      |
| 場址基本資料             | 104 年度彰化縣土壤與地下水污染調查及查證計畫 | 工廠 | 14   |
| 場址現況及污染情形          |                          |    |      |
| 污染調查方式             | 105 年度彰化縣土壤與地下水污染調查及查證計畫 | 工廠 | 14   |
| 污染物、污染範圍及污染程度      |                          |    |      |
| 污染監測方式             | 106 年度彰化縣土壤與地下水污染調查及查證計畫 | 工廠 | 11   |
| 清理或污染防治            |                          |    |      |
| 場址安全衛生管理           |                          |    |      |
| 控制結果之自行驗證方式及採樣檢測規劃 |                          |    |      |
| 計畫執行期程             | 總和                       |    | 51   |
| 經費預估               |                          |    |      |
| 其他主管機關指定之事項        |                          |    |      |
| 參考資料               |                          |    |      |

表 7 42 筆列管工廠之基本資料表

| 項目 | 場址列管狀態 | 產業類別                            | 主要製程              | 主要產品                              | 廠房總面積<br>(m <sup>2</sup> ) | 場址土質    | 設置點位 |
|----|--------|---------------------------------|-------------------|-----------------------------------|----------------------------|---------|------|
| 1  | 未列管    | 金屬製品製造業                         | 電鍍製程              | 金屬加工處理                            | 496                        | 無       | 7    |
| 2  | 未列管    | 金屬製品製造業、汽車及其零件製造業、其他運輸工具及其零件製造業 | 金屬電鍍程序            | 金屬加工處理、其他金屬製品、汽車零件、機車及其零件、自行車及其零件 | 965                        | 粘板岩老沖積土 | 4    |
| 3  | 未列管    | 機械設備製造業                         | 金屬電鍍及水洗程序         | 通用機械設備                            | 747.77                     | 無       | 4    |
| 4  | 未列管    | 化學原材料、肥料、氮化合物、塑橡膠原料及人造纖維製造業     | 氧化物、鈮化合物、鎳化合物製造程序 | 化學原材料                             | 31926.67                   | 無       | 8    |
| 5  | 未列管    | 金屬製品製造業                         | 金屬電鍍程序            | 金屬加工處理                            | 2430                       | 粘板岩老沖積土 | 5    |
| 6  | 未列管    | 金屬製品製造業                         | 金屬電鍍程序            | 金屬加工處理、其他金屬製品                     | 483                        | 粘板岩老沖積土 | 5    |
| 7  | 未列管    | 皮革、毛皮及其製品製造業                    | 染色程序              | 皮革、毛皮及其製品                         | 7200                       | 粘板岩老沖積土 | 5    |
| 8  | 未列管    | 皮革、毛皮及其製品製造業                    | 染色程序              | 皮革、毛皮及其製品                         | 3000                       | 粘板岩老沖積土 | 6    |
| 9  | 未列管    | 皮革、毛皮及其製品製造業                    | 染色程序              | 皮革、毛皮及其製品                         | 1290                       | 無       | 10   |
| 10 | 未列管    | 皮革、毛皮及其製品製造業                    | 染色程序              | 皮革、毛皮及其製品                         | 1290                       | 粘板岩老沖積土 | 6    |
| 11 | 未列管    | 皮革、毛皮及其製品製造業                    | 染色程序              | 皮革、毛皮及其製品                         | 747                        | 粘板岩老沖積土 | 8    |
| 12 | 未列管    | 金屬製品製造業                         | 五金零件加工製程          | 金屬加工處理、其他金屬製品                     | 4389                       | 粘板岩新沖積土 | 2    |



| 項目 | 場址列管狀態 | 產業類別                | 主要製程     | 主要產品                         | 廠房總面積<br>(m <sup>2</sup> ) | 場址土質         | 設置<br>點位 |
|----|--------|---------------------|----------|------------------------------|----------------------------|--------------|----------|
| 13 | 未列管    | 金屬製品製造業、<br>機械設備製造業 | 鎳、鋅電鍍    | 金屬加工處理、其他金屬製品、通用機械設備         | 462                        | 粘板岩及砂頁岩混合沖積土 | 10       |
| 14 | 未列管    | 金屬製品製造業             | 鎳、鋅、銅電鍍  | 金屬加工處理                       | 843                        | 粘板岩及砂頁岩混合沖積土 | 10       |
| 15 | 列管     | 金屬製品製造業             | 鍍鋅及鍍鉻    | 金屬加工處理                       | 1283                       | 粘板岩老沖積土      | 11       |
| 16 | 列管     | 金屬表面處理業             | 鍍銅及鍍鎳    | 金屬加工處理、金屬加工處理                | 424                        | 粘板岩及砂頁岩混合沖積土 | 6        |
| 17 | 列管     | 塑膠製品製造業、<br>金屬製品製造業 | 金屬電鍍     | 金屬加工處理、金屬刀具、<br>手工具及模具、 塑膠製品 | 2264                       | 粘板岩老沖積土      | 5        |
| 18 | 列管     | 金屬製品製造業             | 金屬電鍍     | 金屬加工處理                       | 13840                      | 粘板岩老沖積土      | 7        |
| 19 | 列管     | 金屬製品製造業             | 金屬電鍍     | 金屬加工處理                       | 249                        | 粘板岩及砂頁岩混合沖積土 | 6        |
| 20 | 列管     | 皮革、毛皮及其製品製造業        | 染色程序     | 皮革、毛皮及其製品                    | 50136.93                   | 粘板岩及砂頁岩混合沖積土 | 8        |
| 21 | 列管     | 化學製品製造業             | 化學材料製造製程 | 其他化學製品                       | 50136.93                   | 無            | 5        |
| 22 | 列管     | 金屬製品製造業             | 五金鍍鋅     | 金屬加工處理                       | 497                        | 粘板岩及砂頁岩混合沖積土 | 6        |

| 項目 | 場址列管狀態 | 產業類別            | 主要製程   | 主要產品          | 廠房總面積<br>(m <sup>2</sup> ) | 場址土質         | 設置<br>點位 |
|----|--------|-----------------|--------|---------------|----------------------------|--------------|----------|
| 23 | 列管     | 金屬製品製造業         | 五金鍍銅、鎳 | 金屬加工處理        | 148                        | 粘板岩及砂頁岩混合沖積土 | 5        |
| 24 | 列管     | 金屬製品製造業         | 五金鍍古銅  | 金屬加工處理        | 120                        | 無            | 6        |
| 25 | 列管     | 金屬製品製造業         | 五金電鍍   | 金屬加工處理        | 248                        | 粘板岩及砂頁岩混合沖積土 | 6        |
| 26 | 列管     | 金屬製品製造業         | 五金電鍍   | 金屬加工處理        | 3540                       | 粘板岩及砂頁岩混合沖積土 | 10       |
| 27 | 列管     | 金屬製品製造業         | 五金電鍍   | 金屬加工處理        | 165                        | 粘板岩及砂頁岩混合沖積土 | 6        |
| 28 | 列管     | 金屬製品製造業、機械設備製造業 | 五金鍍鉻、鎳 | 金屬加工處理、通用機械設備 | 235.15                     | 粘板岩及砂頁岩混合沖積土 | 5        |
| 29 | 列管     | 金屬製品製造業         | 五金鍍鉻、鎳 | 金屬加工處理        | 231                        | 粘板岩及砂頁岩混合沖積土 | 3        |
| 30 | 列管     | 金屬製品製造業         | 五金鍍鉻、鎳 | 金屬加工處理        | 624                        | 無            | 4        |
| 31 | 列管     | 皮革、毛皮及其製品製造業    | 染色程序   | 皮革、毛皮及其製品     | 3748                       | 無            | 1        |
| 32 | 列管     | 金屬製品製造業         | 鎳、鉻電鍍  | 金屬加工處理        | 48                         | 無            | 4        |
| 33 | 列管     | 金屬製品製造業         | 鎳、銅電鍍  | 金屬加工處理        | 221.2                      | 無            | 7        |
| 34 | 列管     | 金屬製品製造業         | 鎳、銅電鍍  | 金屬加工處理        | 119                        | 粘板岩及砂頁岩混合沖   | 7        |

| 項目 | 場址列管狀態 | 產業類別                | 主要製程                      | 主要產品           | 廠房總面積<br>(m <sup>2</sup> ) | 場址土質                 | 設置<br>點位 |
|----|--------|---------------------|---------------------------|----------------|----------------------------|----------------------|----------|
|    |        |                     |                           |                |                            | 積土                   |          |
| 35 | 列管     | 金屬製品製造業             | 鎳、銅電鍍                     | 金屬加工處理         | 254                        | 粘板岩老沖<br>積土          | 6        |
| 36 | 列管     | 金屬製品製造業             | 鎳、銅電鍍                     | 金屬加工處理、其他金屬製品  | 333                        | 粘板岩及砂<br>頁岩混合沖<br>積土 | 4        |
| 37 | 列管     | 金屬製品製造業             | 鎳、鉻電鍍                     | 金屬加工處理         | 10692                      | 無                    | 7        |
| 38 | 列管     | 金屬製品製造業             | 五金零件金屬電<br>鍍製程            | 金屬加工處理、 其他金屬製品 | 245                        | 粘板岩及砂<br>頁岩混合沖<br>積土 | 6        |
| 39 | 列管     | 橡膠製品製造業、塑膠製品<br>製造業 | 再製橡膠、再製<br>塑膠之原料製造<br>及加工 | 橡膠製品、塑膠製品      | 6009                       | 無                    | 4        |
| 40 | 列管     | 金屬製品製造業             | 五金電鍍加工                    | 金屬加工處理、 其他金屬製品 | 500                        | 粘板岩老沖<br>積土          | 2        |
| 41 | 列管     | 金屬表面處理業             | 各種小五金零件<br>之表面電鍍處理        | 金屬加工處理         | 2913                       | 粘板岩老沖<br>積土          | 10       |
| 42 | 列管     | 金屬製品製造業             | 五金電鍍加工                    | 金屬加工處理         | 945                        | 粘板岩老沖<br>積土          | 3        |



## 二、案例基本資料分析

### (一) 產業分類

在 42 筆案例中,共有十個產業類別,金屬製品製造業共計 25 個,佔整體 60%,皮革、毛皮及其製品製造業共計 7 個,佔整體 17%,金屬製品製造業與金屬製品製造業、機械設備製造業皆共有 2 個,佔整體 2.5%,其餘的產業類別皆為一個,由此可得知,工廠類別以金屬製品製造業為大宗,皮革、毛皮及其製品製造業其次,在非管制場址的產業類別中以「皮革、毛皮及其製品製造業」、「金屬製品製造業」與「機械設備製造業」為前三未列管產業,在管制場址的產業類別中以「金屬製品製造業」佔了其中約 90%的列管產業,以圖 10 所示。

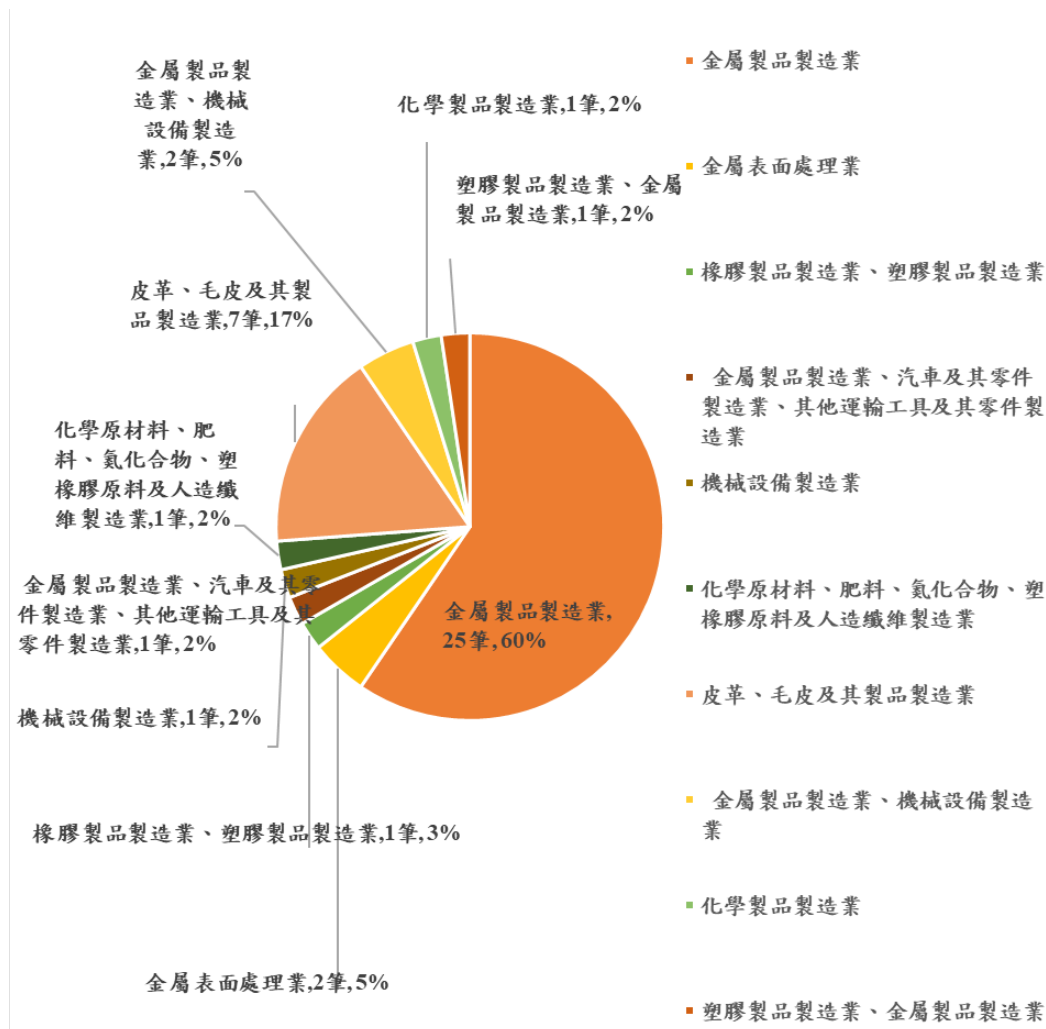


圖 10 產業類別分類圖



## (二) 主要製程分類

本計畫中的案例表中，將案例主要可以分為 15 個主要製程，其中金屬電鍍共有 14 個，佔整體 33%，電鍍銅鎳共有 5 個，佔整體 12%，電鍍鎳鉻共有 5 個，佔整體 12%，從前述三項製程大多為電鍍製程等等，以圖 11 所示。其中，在非管制場址中「染色程序」、「金屬電鍍程序」約略佔了其中 80% 的案例主要製程，在管制場址中「鎳、銅電鍍」、「五金鍍鉻、鎳」、「五金電鍍」在產業主要製程中佔了主要的案例。

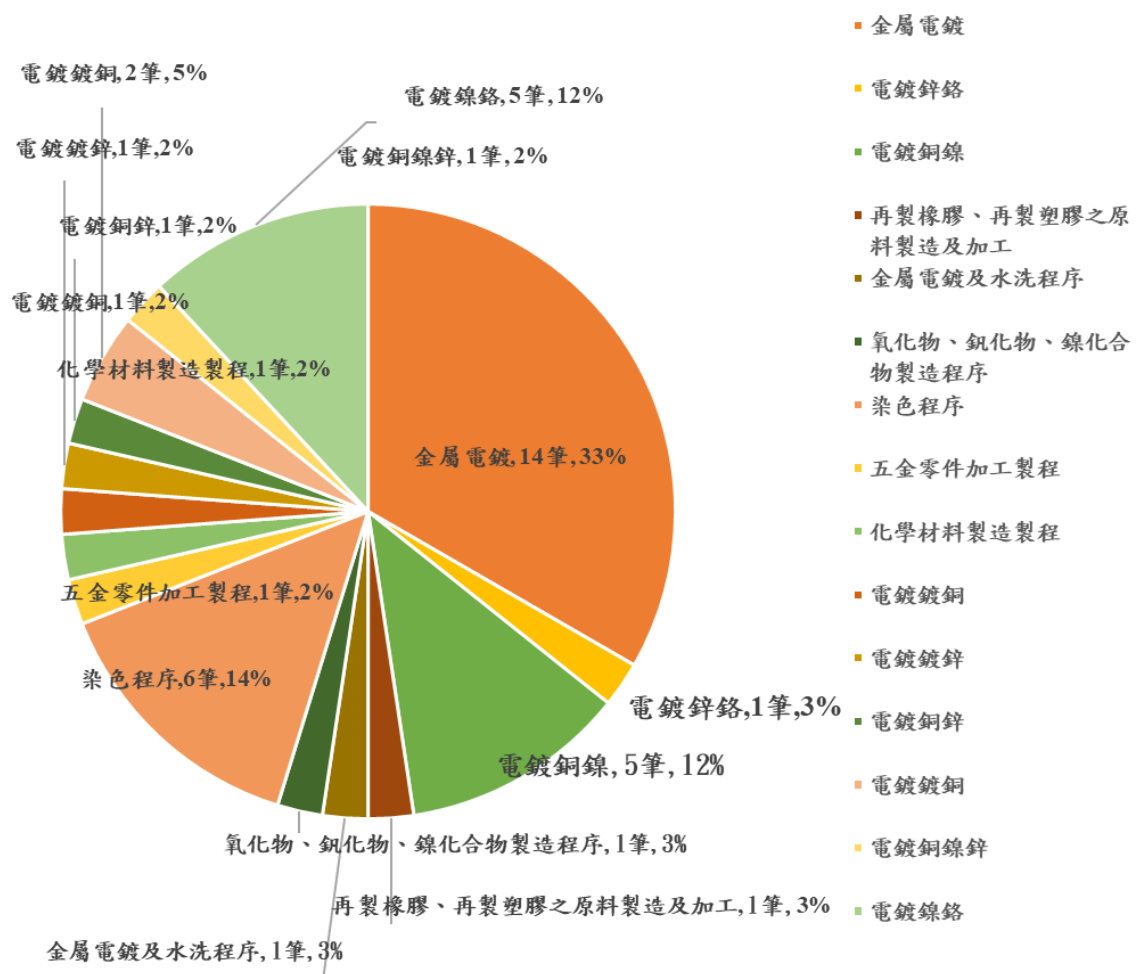


圖 11 主要製程類別分類圖



### (三) 主要產品分類

依據土基會案例表單中，42 筆案例統計金屬加工共有 22 個，佔 52%，皮革、毛皮及其製品共 7 個，佔整體 17%，金屬加工處理、其他金屬製品共有 5 個，佔 12%，在非列管場址中以「皮革、毛皮及其製品」、「金屬加工處理」佔有最大的案例筆數，以列管場址中「金屬加工處理」、「其他金屬製品」在案例表單中佔有極大比例，以圖 12 所示。

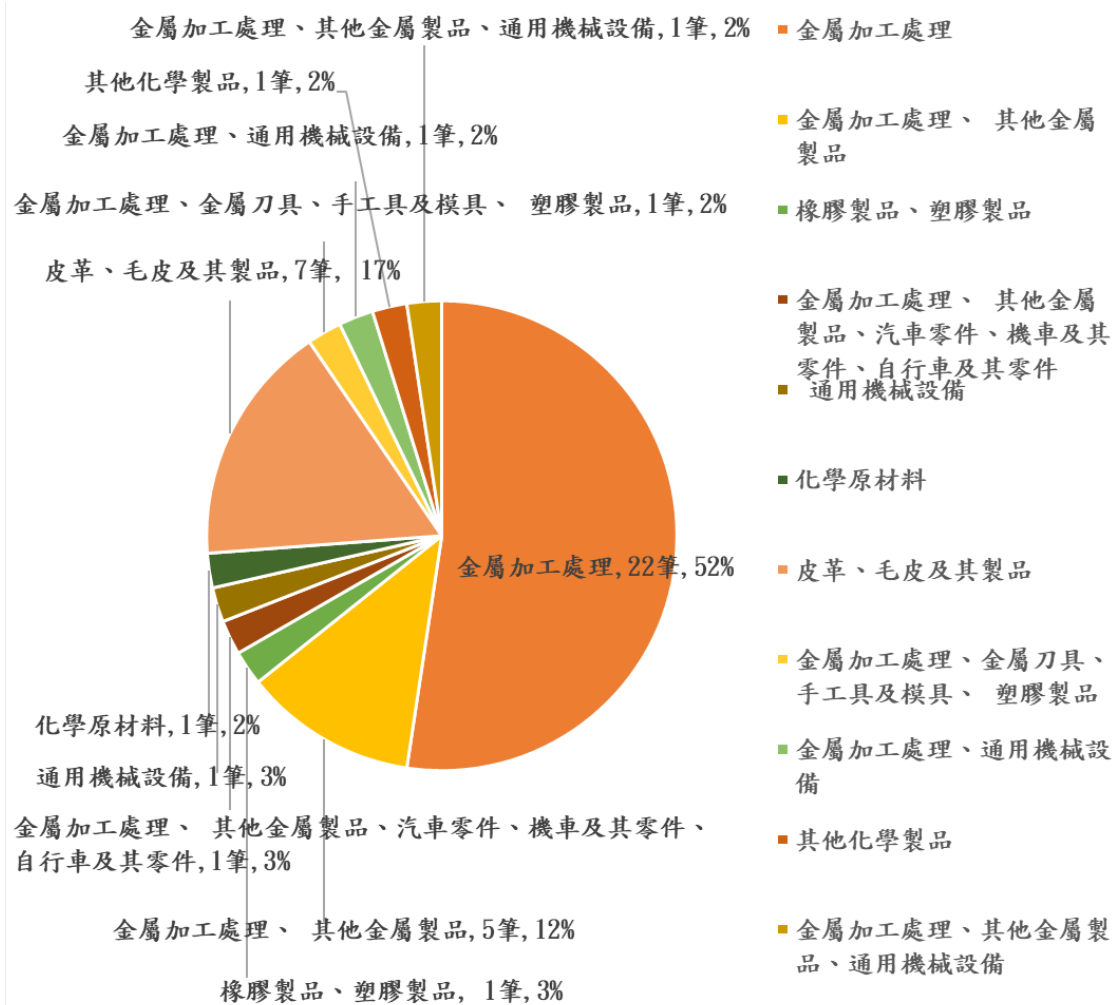


圖 12 產業產品分類圖





#### (四) 場址面積

本團隊依據土基會所公告的調查表單中，擷取其中分類場址面積的類別，用以分類本計畫所使用的案例，其中 $>100 \sim \leq 2,500 \text{ m}^2$  共有 28 個，佔比例 67%， $>2500 \sim \leq 5,000 \text{ m}^2$  共有 6 個，佔比例 14%，在非管制場址其中以「 $>100 \sim \leq 2,500 \text{ m}^2$ 」所佔的比例最大，在 14 筆的案例共有 9 筆的佔比。在管制場址裡「 $>100 \sim \leq 2,500 \text{ m}^2$ 」依舊是佔有最大的比數，可以得知此案例蒐集案例面積數量皆為土基會所公告的分類場址面積最小的為主要群體，以圖 13 所示。

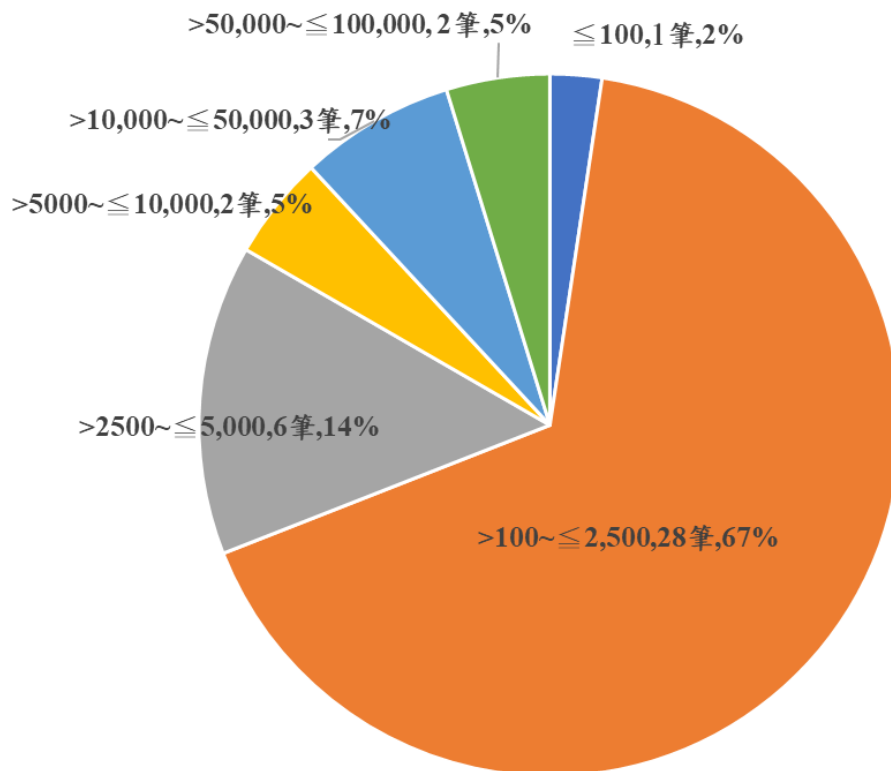


圖 13 列管場址分類-場址面積



### (五) 場區土質

在報告書中蒐集案例中，本團隊發現場廠區土質在報告書裡並不是都會揭露在資料裡，所以利用 GIS 的圖層系統進行該地段的土壤土質蒐集，是藉由場址廠區的經緯度搜集而來。粘板岩及砂頁岩混和沖積土共計 15 個，約佔整體 36%，粘板岩沖積土共計 14 個，約佔整體 33%，從上述兩個佔整體 70% 的土質來看，皆為沖積土類型，以圖 14 所示。

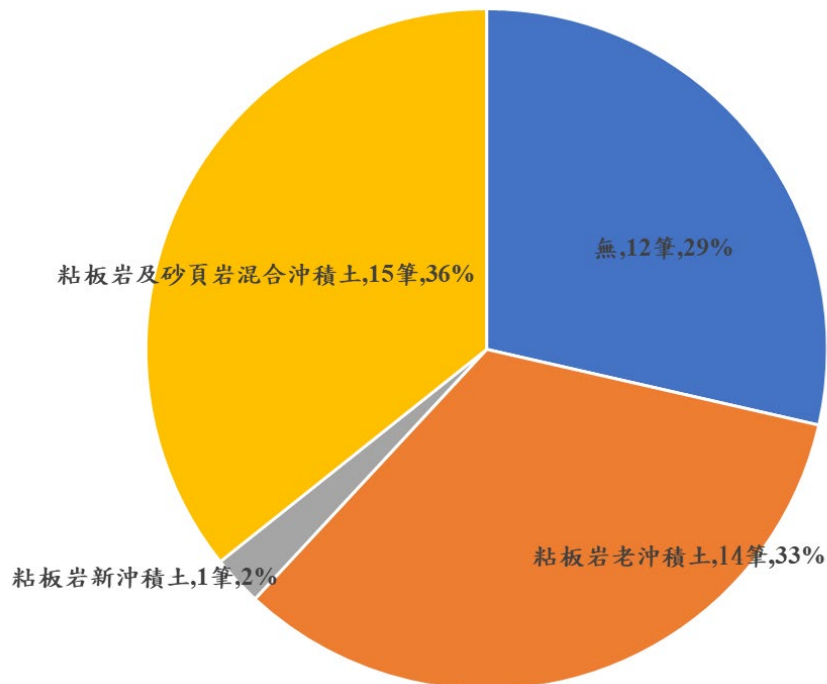


圖 14 列管場址分類-場區土質

### (六) 案例差異分析

原始資料在進行分析前，還須進行案例整理，將其細部內項進行統整與分類，但因案例項目資料有部分缺漏，考量到後續模型運作，因此針對案例項目蒐集的完整度進行第二次篩選，並因應本計畫模型建立需求，在篩選過程中採用 1 比 2 比例進行列管場址資料篩選，最後共篩選出最後篩選出 42 筆案例資料，以未列管場址 14 筆與列管場址 28 筆作為後續模組處理資料。



### 三、 案例系統分析與索引建置

案例系統為索引系統之基礎，而索引系統主要可快速篩選資料，依關鍵字尋找所需案例。因此為減少資料收集時間，本計畫針對案例系統分析與索引建置，將索引系統中可以分成四個大類：事業基本資料、環境背景資料、污染方式、污染影響範圍，藉此了解所要探討的資料及其基本特徵，並將案例進行分類，作為後續索引系統建置的基礎。

#### (一) 事業基本資料

表 8 為本團隊確認目前工廠之狀態所設計之表單，主要敘述工廠的基本資料，以確定工廠的現況，其中包含縣市別、地號工廠登記編號、產業類別、主要製程、主要產品、可能產生之污染物、廠房總面積、產能、場址列管狀態、污染物洩漏歷史資料及位置，因蒐集案例在產業類別、主要製程、主要產品、廠房總面積、場址列管狀態較為容易蒐集與分析，其他類別資料皆要額外蒐集且難以確認是否為該案例，因而無法放入表單。

表 8 事業基本資料表

| 表單     | 原則與目的                                | 項目  |
|--------|--------------------------------------|---|
| 事業基本資料 | 用以確認每個案例所收集之資訊獨特性，避免分類過程將不同筆資料非列為同筆。 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 縣市別</li> <li>2. 地號</li> <li>3. 工廠登記編號</li> <li>4. 產業類別</li> <li>5. 主要製程</li> <li>6. 主要產品</li> <li>7. 可能產生之污染物</li> <li>8. 廠房總面積</li> <li>9. 產能</li> <li>10. 場址列管狀態</li> <li>11. 污染物洩漏歷史資料及位置</li> </ol> |



## (二) 環境背景資料

環境背景資料主要是指場址所在之環境特徵，且為使污染場址調查能更透徹，並由廠區外部環境至廠內環境進行邏輯性的詳細調查，因此將環境背景分為區內與區外。如表 9 所示，區內包含區域性地質描述、場址之地形、地貌、地層土壤之物理特性、地層特性、地下水位深度、地層剖面資料、地下水分類或用途；區外包含了鄰近之用地狀態、鄰近之敏感受體位置、地表水體之位置及特性。環境資料在蒐集的過程中，會因報告書中撰寫方式增加資料蒐集難度，主要是因在部分報告書中針對環境資料如區域性地質描述、場址之地形、地貌、地層土壤之物理特性、地層特性、地下水位深度、地層剖面資料、地下水分類或用途是以文字方式敘述，或因內容缺漏而導致無法蒐集與利用，使此部分資料並無列入本計畫的案例特徵中。

表 9 環境背景資料表

| 區域 | 分類            | 項目   |
|----|---------------|--|
| 區內 | 區域性地質描述(單一類別) | 黏土層<br>粉砂層<br>砂層<br>湧沙含水層<br>礫石層<br>一般土壤特性 |
|    | 場址之地形、地貌      | 山地<br>高原<br>平原<br>丘陵<br>盆地                 |
|    | 地層土壤之物理特性     | 土壤紋理<br>孔隙率<br>密度                          |
|    | 地層特性          | 厚度層面<br>範圍大小<br>地質單位之不連續性沉積特徵<br>有無通道      |
|    | 地下水位深度        |  |



|    |            |  |
|----|------------|--|
|    | 地層剖面資料     | 含水層數<br>目阻水層之連續性<br>阻水層之厚度<br>阻水層之剖面資料<br>水文地質邊界 |
|    | 地下水分類或用途   |  |
| 區外 | 鄰近之用地狀態    | 學校<br>工廠<br>農地<br>空地                             |
|    | 鄰近之敏感受體位置  |  |
|    | 地表水體之位置及特性 |  |

### (三) 污染方式

污染方式是為了解析場址污染方式，藉此得知污染的行為模式藉此推論，包含污染洩漏來源、連續性洩漏位置、連續性洩漏特性。其中污染洩漏來源其中包含了儲槽、管線、清洗、廢棄物堆疊、掩埋、工業放流水、底泥、落塵；連續洩漏位置是為了可以更準確地得知在工廠營運下，因工廠作業下連續洩漏的位置，連續洩漏特性在確定洩漏位置後；連續性洩漏特性可作為快速得知廠區污染狀態的重要特徵之一，如表 10 所示。在蒐集報告書之案例蒐集污染方式表中，污染來源部分報告書有提供相關資訊，但大多敘述模糊且僅用文字描述，因而無法利用；而連續洩漏位置與連續洩漏特性因在報告書資料無提供與描述，因而無列入本計畫案例特徵中。

表 10 污染方式表

| 污染洩漏來源  | 儲槽管線 | 清洗廢棄物堆疊 | 掩埋工業放流水 | 底泥落塵 |
|---------|------|---------|---------|------|
| 連續性洩漏位置 |      |         |         |      |
| 連續性洩漏特性 |      |         |         |      |



#### (四) 污染影響範圍

污染影響範圍主要是針對廠區內污染的面積與範圍，包含土壤及地下水監測站位置、土壤及地下水監測站設置點數、土壤及地下水監測頻率、地表下污染團位置、污染影響面積、污染影響深度、污染影響濃度。地表下污染團位置又分為重金屬污染、有機化合物污染、農藥污染、其他有機化合物污染，如表 11 所示。在此部分的蒐集資料中，由於廠區內具土壤及地下水監測站設置點數可由報告書中進行蒐集且資料型態容易使用，但土壤及地下水監測站位置與土壤及地下水監測頻率則因報告書內容無撰寫或資料型態難以利用，因而無列入本計畫案例特徵表內。

表 11 污染影響範圍表

|        |               |       |         |
|--------|---------------|-------|---------|
| 污染影響範圍 | 土壤及地下水監測站位置   |       |         |
|        | 土壤及地下水監測站設置點數 |       |         |
|        | 土壤及地下水監測頻率    |       |         |
|        | 地表下污染團位置      | 重金屬污染 | 農藥      |
|        |               | 有機化合物 | 其他有機化合物 |
|        | 污染影響面積        |       |         |
|        | 污染影響深度        |       |         |
|        | 污染影響濃度        |       |         |

#### (五) 蒐集完整度

本計畫原先規劃蒐集全台灣相關計畫書，但因蒐集情況不如預設表單，主要是因蒐集資料中包含許多跨部會與跨領域的資料，因而使資料整合較為困難，須至不同部會或領域系統查閱相關資訊；且案例資料蒐集方式因報告書撰寫方式會因年度、縣市及顧問公司而導致所製作的報告書也有所不同，以致資料尚有缺少或者敘述難以歸類的項目，且所採用的兩大項表單並沒有統一格式，僅能以人工方式進行蒐集，因此本計畫僅能依照現有的資料進行蒐集，所使用的細項及蒐集之比例如表 12。





表 12 案例項目蒐集完整度表

| 項目                      | 未列管 | 列管             |             |              | 合計 | 百分比 |
|-------------------------|-----|----------------|-------------|--------------|----|-----|
|                         |     | 已達<br>管制<br>標準 | 整<br>治<br>中 | 整<br>治<br>完成 |    |     |
| 案例筆數                    | 14  | 35             | 13          | 30           | 92 | 100 |
| 縣市別                     | 14  | 35             | 13          | 30           | 92 | 100 |
| 地號                      | 10  | 19             | 9           | 19           | 57 | 62  |
| 工廠登記編號                  | 0   | 0              | 0           | 0            | 0  | 0   |
| 產業類別                    | 14  | 29             | 13          | 28           | 84 | 9   |
| 主要製程                    | 14  | 23             | 0           | 10           | 47 | 51  |
| 主要產品                    | 0   | 3              | 0           | 6            | 9  | 10  |
| 可能產生之污染物                | 0   | 0              | 13          | 29           | 42 | 46  |
| 廠房總面積 (m <sup>2</sup> ) | 14  | 34             | 13          | 30           | 91 | 99  |
| 產能                      | 0   | 0              | 0           | 0            | 0  | 0   |
| 場址列管狀態                  | 14  | 35             | 13          | 30           | 92 | 100 |
| 污染物洩漏歷史資料及位置            | 1   | 24             | 4           | 22           | 51 | 55  |
| 區域性地質描述                 | 0   | 0              | 0           | 0            | 0  | 0   |
| 場址之地形、地貌                | 0   | 0              | 0           | 0            | 0  | 0   |
| 地層土壤之物理特性               | 0   | 0              | 0           | 0            | 0  | 0   |
| 地層特性                    | 0   | 0              | 0           | 0            | 0  | 0   |
| 地下水位深度 (井深) m           | 0   | 1              | 0           | 0            | 1  | 1   |
| 地層剖面資料                  | 0   | 0              | 0           | 0            | 0  | 0   |
| 地下水分類或用途                | 0   | 2              | 0           | 0            | 2  | 2   |
| 鄰近之用地狀態                 | 13  | 35             | 13          | 30           | 91 | 99  |
| 鄰近之敏感受體位置               | 0   | 0              | 0           | 0            | 0  | 0   |
| 地表水體之位置及特性              | 0   | 0              | 0           | 0            | 0  | 0   |
| 污染洩漏來源                  | 1   | 10             | 4           | 22           | 37 | 40  |
| 連續性洩漏的位置                | 0   | 0              | 0           | 0            | 0  | 0   |
| 連續性洩漏的特性                | 0   | 0              | 0           | 0            | 0  | 0   |
| 土壤及地下水監測點位置             | 0   | 0              | 0           | 0            | 0  | 0   |
| 土壤及地下水監測點設置點數           | 14  | 35             | 12          | 30           | 91 | 99  |
| 土壤及地下水監測頻率              | 0   | 0              | 0           | 0            | 0  | 0   |
| 地表下污染團位置                | 0   | 0              | 0           | 1            | 1  | 1   |



## 第伍章 結果與討論

|                          |    |    |    |    |    |     |
|--------------------------|----|----|----|----|----|-----|
| 污染類別                     | 0  | 35 | 12 | 30 | 77 | 84  |
| 污染物                      | 1  | 35 | 12 | 29 | 77 | 84  |
| 污染影響面積 (m <sup>2</sup> ) | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1   |
| 污染影響濃度                   | 1  | 35 | 8  | 20 | 64 | 70  |
| 污染影響深度 (cm)              | 0  | 11 | 0  | 3  | 14 | 15  |
| 地址                       | 14 | 21 | 11 | 24 | 70 | 76  |
| 場址名稱                     | 14 | 35 | 13 | 30 | 92 | 100 |
| 場址代碼                     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   |
| 場址座標 (E.N)               | 0  | 0  | 5  | 23 | 28 | 30  |
| 改善深度 (m)                 | 0  | 0  | 8  | 27 | 35 | 38  |
| 改善工法                     | 0  | 0  | 12 | 30 | 42 | 46  |
| 列管日期                     | 0  | 0  | 12 | 30 | 42 | 46  |
| 解除列管                     | 0  | 0  | 1  | 30 | 31 | 34  |
| 原物料                      | 13 | 27 | 4  | 17 | 61 | 66  |

資料來源：環保專案成果報告資訊系統

(<https://epq.epa.gov.tw/Default.aspx?rn=1429602832>)

表 13 案例特徵索引表單

|        |       |      |
|--------|-------|------|
| 場址列管狀態 | 產業類別  | 主要製程 |
| 主要產品   | 廠房總面積 | 場址土質 |
| 設置點數   | 污染物   |      |



## 四、案例推論引擎建立

根據土基會所提供之資料，本計畫彙整上述資料，做為案例彙整及案例庫建置所使用，將使用該項目所取得之內容資料運用階層式集群分析(Hierarchical method)中的單一連結法(Single Linkage, 又稱「最近法」)或是完全連結法(Complete Linkage, 又稱「最遠法」)進行分群，用以找出各個類別中的典型案例，因此決策樹是作為本計畫案例決策的最佳方式。

### (一) 決策樹模型建立

本研究使用 python 程式語言所編譯的決策演算法作為決策樹模型建立工具，用以構建預測場址列管狀態預測模型，並預測高潛勢污染場址的列管狀態，因此將「場址列管狀態」作為預測特徵，其他七項作為分類用特徵，並以此建立預測模型。

本研究共使用 37 筆訓練資料，採用 python 程式語言的方式，進行模型的建立，結果如圖 15 所示。決策樹之結果僅用到（主要製程）A3 與（廠房總面積）A5 個屬性，此決策樹有兩個枝節點，三個葉節點；除了葉節點（終端節點）外所有節點共分五個部分（圖 15），而特徵 A3 的值有兩個答案(Ture or False)，數據點會根據問題的答案在決策樹中生長。本研究將透過此模型模擬預測污染場址的污染狀態，其訓練集與測試集之預測結果，其中訓練集筆數 37 筆資料，測試集為 5 筆資料，本計畫決策樹經由 A3 開始進行分類，可將 37 筆訓練案例進行案例分類，分成 TURE 的案例有 12 筆，並可以兩項分類特徵(A3、A5)可整理出三項規則：

1. 如果高污染潛勢場址的『A3 小於 0.539』，是無列管場址的機率為『35.1%』。
2. 如果高污染潛勢場址的『A3 小於 0.539』，是列管場址的機率為『67.56%』。
3. 如果高污染潛勢場址的『A3 小於 0.539』且『A5 小於 2.966』，是無列管場址的機率為 100%。

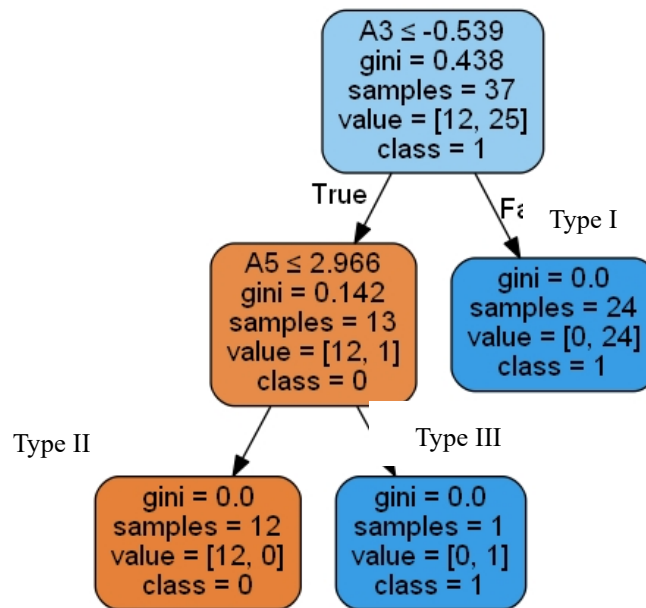


圖 15 案例推論模型結果

1. Gini：為此節點的基尼係數。當案例沿著決策樹向下移動時，平均加權的基尼係數數值必須下降。基尼係數數值為 0 時最為完美，這意味著隨機選取的樣本不可能被錯誤標示，且只有當此節點的所有樣本都屬於同一個特徵，係數才等於 0。
2. Samples：節點中用以觀察的案例數量。
3. Value：在決策樹中，每一個案例類別中樣本的數量。
4. Class：即代表節點中類別分類。

## (二) 案例推論結果

### 1. Type I：

FALSE 的案例有 25 筆，以產業類別分析是以金屬製品製造業為 76%(19/25)，其他產業類別皆為少數；以主要產品來看金屬加工處理為 76%(19/25)，因產業皆為「金屬製品製造業」主要產品的類別皆為「金屬加工處理」；場址土質以粘板岩及砂頁岩混合沖積土為大宗約佔有 44%(11/25)。在 FALSE 內的整體趨勢在產業類別是金屬製品製造業、主要產品是金屬加工處理、場址土質是粘板岩及砂頁岩混合沖積土，污染狀態是列管場址的機率 76%(19/25)，非列管場址的機率為 34%(6/25)。



## 2. Type II：

此處分類結果有 12 筆，皆為 TURE 的案例，從表 14 中可以得知分類結果，以產業類別分析是以染色程序為佔比較多的產業有 41.67%，其他產業皆為少數；以主要產品來看皮革、毛皮及其製品 41.67%；場址土質以粘板岩老沖積土為多數約佔 58.33%，從中可以發現，在產業類別是染色程序、主要產品為皮革、毛皮及其製品、場址土質以粘板岩老沖積土為多數的案例，列管場址的機率為 50%，非列管場址的機率為 50%。

## 3. Type III：

此處分類結果僅有 1 筆 FALSE 的案例，係為編號 20 的列管場址，產業類別為化學製品製造業、主要製程為染色程序、主要產品為皮革、毛皮及其製品、場址土質為粘板岩及砂頁岩混合沖積土為列管場址的機率為 100%。

表 14 決策樹第一層分類表(False)

| 項目 | 列管狀態   | 產業類別   | 主要製程   | 主要產品   | 廠房總面積  | 場址土質   | 設置點位   | 鎘(Cd)  | 鉻(Cr)  | 銅(Cu) | 鎳(Ni)  | 鉛(Pb)  | 鋅(Zn)  | 總石油碳氫化合物(TPH) |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|---------------|
| 25 | -0.656 | 0.616  | -0.736 | -0.129 | 1.195  | 1.715  | 6.000  | -0.178 | -0.644 | 0.000 | -0.259 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 28 | -0.656 | 0.770  | -0.736 | -0.402 | 1.195  | -1.327 | -0.167 | -0.101 | -0.276 | 0.000 | -0.259 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 11 | -0.656 | -0.923 | -0.736 | -0.058 | 0.391  | -1.762 | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.051 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 31 | -0.656 | 0.923  | -0.736 | -0.417 | -1.217 | -0.893 | -0.167 | 0.044  | -0.736 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | 1.038  | -0.167        |
| 29 | -0.656 | 0.770  | -0.736 | -0.369 | -1.217 | -0.893 | -0.167 | 5.454  | -0.167 | 0.000 | 0.285  | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 20 | 2.008  | 0.000  | 2.289  | 3.718  | -1.217 | -0.458 | -0.167 | -0.346 | -0.143 | 0.000 | 0.222  | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 2  | 0.528  | -1.385 | -0.064 | -0.359 | -1.217 | -0.893 | -0.167 | -0.346 | 1.937  | 0.000 | -0.357 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 41 | -0.656 | 1.539  | -0.736 | -0.343 | -0.413 | -1.327 | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 18 | -0.656 | -0.154 | -0.736 | -0.400 | 1.195  | -0.023 | -0.167 | -0.346 | 1.363  | 0.000 | 5.516  | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 15 | -0.360 | -0.308 | -0.736 | -0.386 | 1.195  | -0.023 | -0.167 | -0.346 | -0.268 | 0.000 | 0.149  | -0.167 | -0.166 | -0.167        |
| 22 | -0.656 | 0.308  | -0.736 | -0.409 | 1.195  | -0.458 | -0.167 | -0.346 | 0.644  | 0.000 | -0.357 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 13 | -0.656 | -0.616 | -0.736 | -0.351 | 1.195  | 1.715  | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 17 | -0.656 | -0.154 | -0.736 | 0.722  | -0.413 | 0.411  | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | 0.287  | -0.167        |
| 32 | -0.656 | 0.923  | -0.736 | -0.402 | -1.217 | 0.411  | -0.167 | -0.346 | -0.440 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | 0.746  | -0.167        |
| 14 | -0.656 | -0.462 | -0.736 | -0.315 | -0.413 | 2.150  | -0.167 | -0.188 | 1.625  | 0.000 | -0.357 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 34 | -0.656 | 0.923  | -0.736 | -0.400 | -0.413 | -0.023 | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | 0.212  | -0.167        |
| 1  | 0.232  | -1.539 | -0.400 | -0.341 | -0.413 | -0.893 | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 26 | -0.656 | 0.616  | -0.736 | -0.407 | 1.195  | -0.023 | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 33 | -0.656 | 0.923  | -0.736 | -0.411 | 1.195  | 0.411  | -0.167 | 0.403  | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | 0.395  | -0.167        |
| 24 | -0.656 | 0.616  | -0.736 | -0.400 | 1.195  | -0.023 | -0.167 | 0.184  | 1.592  | 0.000 | -0.357 | -0.167 | 0.009  | -0.167        |
| 23 | -0.656 | 0.462  | -0.736 | -0.411 | -1.217 | -0.023 | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 21 | -0.656 | 0.154  | -0.736 | -0.380 | 1.195  | -0.023 | -0.167 | 0.799  | -0.644 | 0.000 | 0.014  | -0.167 | 0.087  | -0.167        |
| 40 | -0.360 | 1.693  | -0.736 | -0.180 | -0.413 | 1.715  | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 3  | 0.824  | -1.231 | 0.272  | 2.215  | -1.217 | 0.846  | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 0  | -0.656 | -1.693 | -0.736 | -0.380 | -1.217 | 0.411  | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |



表 15 決策樹第二層分類表

| True/False | 項目 | 列管狀態   | 產業類別   | 主要製程  | 主要產品   | 廠房總面積  | 場址土質   | 設點位    | 鎘(Cd)  | 鉻(Cr)  | 銅(Cu) | 鎳(Ni)  | 鉛(Pb)  | 鋅(Zn)  | 總石油碳氫化合物(TPH) |
|------------|----|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|---------------|
| True       | 37 | -0.656 | 1.231  | 0.608 | -0.401 | 1.195  | -0.023 | -0.167 | 1.527  | -0.189 | 0.000 | -0.357 | 6.000  | 5.610  | -0.167        |
| True       | 39 | -0.656 | 1.539  | 0.608 | -0.379 | -0.413 | -1.762 | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | 0.766  | -0.167        |
| True       | 16 | 1.416  | -0.154 | 1.953 | -0.234 | -0.413 | -0.458 | -0.167 | 0.945  | -0.341 | 0.000 | 0.335  | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| True       | 38 | 2.600  | 1.385  | 2.961 | 0.075  | -1.217 | -0.893 | -0.167 | -0.346 | 0.628  | 0.000 | -0.009 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| True       | 8  | 1.120  | -1.077 | 0.945 | -0.314 | -1.217 | 1.715  | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| True       | 5  | -0.656 | -1.539 | 0.608 | -0.381 | -0.413 | -0.458 | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| True       | 35 | -0.656 | 0.923  | 0.608 | -0.393 | 1.195  | -0.893 | -0.167 | -0.346 | 0.349  | 0.000 | 0.148  | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| True       | 7  | 1.120  | -1.077 | 0.945 | -0.173 | -0.413 | -0.023 | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.183 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| True       | 12 | 2.600  | -0.770 | 1.281 | -0.383 | 1.195  | 1.715  | -0.167 | -0.346 | -0.277 | 0.000 | 0.049  | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| True       | 6  | 1.120  | -1.077 | 0.945 | 0.174  | -0.413 | -0.458 | -0.167 | -0.346 | 1.733  | 0.000 | 0.198  | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| True       | 19 | 1.120  | -1.077 | 0.945 | 3.718  | 1.195  | 0.846  | -0.167 | 0.095  | 3.231  | 0.000 | 1.793  | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| True       | 9  | 1.120  | -1.077 | 0.945 | -0.314 | -0.413 | -0.023 | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| False      | 20 | 2.008  | 0.000  | 2.289 | 3.718  | -1.217 | -0.458 | -0.167 | -0.346 | -0.143 | 0.000 | 0.222  | -0.167 | -0.333 | -0.167        |



模型解釋完畢後，本計畫利用訓練集與測試集來判斷其準確度，圖 16 為訓練集之混淆矩陣結果，從中可以發現 37 筆資料完整被分類，有 12 筆為未列管(0)，而 25 筆屬於列管(1)，準確度為 100%；圖 17 為測試集之混淆矩陣結果，在 5 筆資料中，有 4 筆資料分類正確，但有 1 筆資料分類錯誤，其準確率 80%，可能為模型有 overfitting 的現象。但更可能為樣本數量較少，無法將模型建立的更完整，使得有誤判的現象。為了驗證資料對於模型的適用性，本團隊共測試兩個資料集的資料，分別為訓練資料集以及測試資料集。訓練資料集共採 90% 的原始資料進行訓練模型，結果以圖 16 訓練集混淆矩陣圖所示。測試資料集共採 10% 的原始資料做為測試資料。

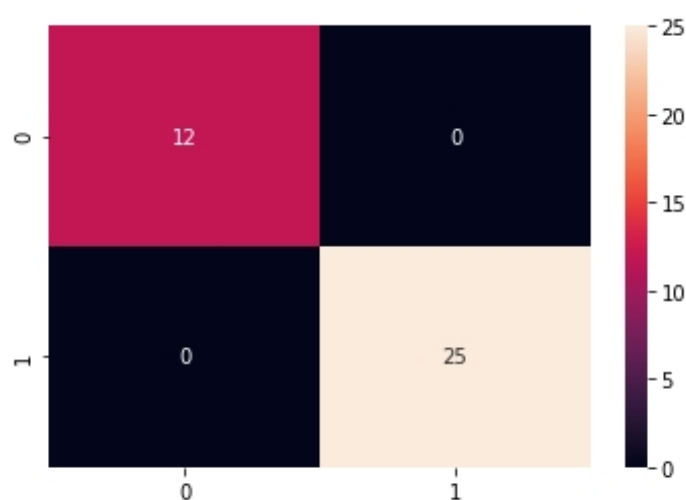


圖 16 訓練集混淆矩陣圖

此混淆矩陣是以案例資料表單預測高污染潛勢場址認定，共分四個部分，TP、FP、FN 與 TN，如圖 16 所示。訓練集混淆矩陣中的 TP 為 12 筆，代表案例在表單中是無列管場址者，檢測出來同樣為無列管者具有 12 筆資料；而訓練集混淆矩陣中的 FP 為 0 筆，代表案例在表單中不是無列管場址，檢測出來同樣為無列管場址數為 0。而訓練集混淆矩陣中的 FN 為 0 筆，代表案例在表單中是列管場址，卻檢測出來為無列管場址數為 0；TN 則為 25 筆，代表案例在表單中是列管場址，檢測出來亦為管制場址數為 25 筆資料。綜合以上的資訊，即可得知案例的準確度 (Accuracy) 為 100%，以參考 (1) 計算。精確度透過 (2) 所示，可以得知精準度 (Precision) 為 100%。召回率 (Recall) 經由 (3) 所計算，可得知為 100%。上述三項的驗證可以得知，本模型的準確度、精準度、召回率的表現皆為量好且可以運行的。

$$Accuracy = (TP + TN) / (TP + FP + FN + TN) = (12 + 25) / (12 + 0 + 0 + 25) \quad (1)$$



$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} = \frac{12}{12+0} = 1 \quad (2)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} = \frac{12}{12+0} = 1 \quad (3)$$

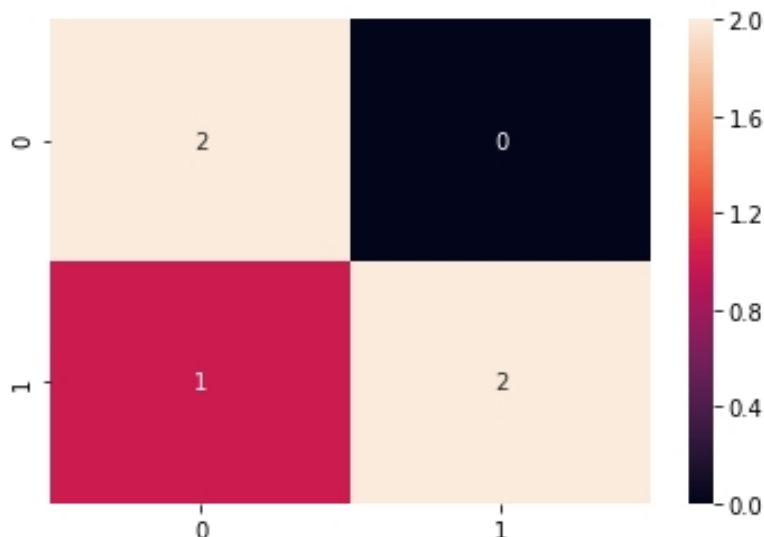


圖 17 測試集混淆矩陣圖

混淆矩陣是以測試資料表單預測高污染潛勢場址認定，共分四個部分：TP、FP、FN 與 TN，如圖 16 所示。測試集混淆矩陣中的 TP 有 2 筆，代表案例在表單中是無列管場址，檢測出來同樣為無列管的資料有 2 筆；FP 有 0 筆，代表案例在表單中不是無列管場址，檢測出來為無列管場址者有 0 筆；FN 有 1 筆，代表案例在表單中是列管場址，檢測出來卻為無列管場址資料有 1 筆；而 TN 有 2 筆，代表案例在表單中是列管場址，檢測出來也是管制場址者為 2 筆。綜合以上的資訊，即可得知案例的準確度（Accuracy）為 100%，以參考（1）計算。精確度透過（2）所示，可以得知精準度（Precision）為 66.67%。召回率（Recall）經由（3）所計算，可得知為 66.67%。上述三項的驗證可以得知，本模型的準確度、精確度、召回率的表現皆為良好且可以運行的。

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+FP+FN+TN} = \frac{2+2}{2+0+1+2} = 0.8 \quad (1)$$

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} = \frac{2}{2+0} = 1 \quad (2)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} = \frac{2}{2+1} = 0.6667 \quad (3)$$

由圖 16、圖 17 混淆矩陣所示，經整理後可從表 16 中可發現，訓練集精準度為 100%，測試集精準度為 100%。在觀察訓練集部分，37 筆資料中分為 12 筆資



料原本資料為 0 的資料，與 25 筆原本資料為 1 的資料，在透過模型預測後皆無預測失誤的情形。在觀察測試集部分，共有 5 筆資料，原始資料之場址污染狀態為 0 的共有 2 筆，且資料皆預測正確，僅有 1 筆資料分類錯誤，因此精準度為 80%。整體來看，此模式具一定的精準度，但可能因案例數目實在太少，對於模型運作帶來的影響，尚需要在資料建置與蒐集花更多的功夫進行處理。

表 16 場址污染場址狀態之決策樹預測結果

| 訓練集 |   | 真實值  |    | 測試集 |   | 真實值 |   |
|-----|---|------|----|-----|---|-----|---|
|     |   | 0    | 1  |     |   | 0   | 1 |
| 預測值 | 0 | 12   | 0  | 預測值 | 0 | 2   | 0 |
|     | 1 | 0    | 25 |     | 1 | 1   | 2 |
| 樣本數 |   | 37   |    | 樣本數 |   | 5   |   |
| 精準度 |   | 100% |    | 精準度 |   | 80% |   |



## 第陸章 結論與建議

### 一、檢討

人工智慧在進行模擬與訓練上須具大量資料作為訓練樣本，資料說明越清楚且整體資料型態相近，會使整體資料完整度較高，使人工智慧在進行模擬與訓練後之判斷結果會更加精準，並可確切依所期望之類別進行分類。以決策樹為例，倘若所輸入之案例數少，所能進行之分類判斷之準則較低，促使分出來的枝葉較少，進而導致最後分類之效果無法如預期依不同產業、環境因子等確切分出是否為污染場址。

案例資料量之重要性對於本計畫在進行決策樹模擬時佔十分大的比例，但本團隊在進行案例資料收集上遭遇相當大的困境，除在網路上無相關土壤及地下水污染場址各年度、各縣市以及各類別之統整資料，須自環保成果網上分別自報告書中節錄各項案例；雖於 103 年後報告撰寫上有進行較為詳細之規範，但在閱覽全國相關報告書後發現並未有統一格式與文字敘述（如相同皆為金屬製造業，A 計畫書撰寫為金屬製品製造業，B 計畫書撰寫為金屬製造業），因而使資料蒐集過程僅能以人工閱覽方式耗時整理，無法藉由人工智慧進行篩選報告書中關鍵字，使整體資料量大幅下降，且案例特徵項目無法進行整合而僅能篩選較為完整的項目作為本計畫使用之項目。

本計畫之決策樹系統倘若能蒐集更多案例數，將可大幅下降污染調查人員之時間與人力，可再輸入未評估場址之基礎資料（如廠址主要產業、主要產物等），並針對未評估的場址進行初步判斷是否可能為高污染潛勢地區，以及對於污染嚴重程度是否須派員進行調查，進而針對場址進行調查並評估是否該列管。

### 二、資料模型的建立與建議

本團隊在案例蒐集的部分主要係以 103 年度至 106 年報告書為主，103 年度以前之報告書因無較細部的撰寫規定促使內容參差不齊，較難統整做為本計畫探討之案例；而自 103 年土壤及地下水污染控制計畫撰寫指引公告發布後，撰寫報告書上有一定的依據，因此在案例資料蒐集上較易進行表 17 所示。雖 103 年後之資料具有較完善之規範，但因各縣市委託承辦撰寫報告書的公司與單位不同，使撰寫方式與填表慣例不盡相同，因而使本計畫在資料蒐集上須耗時以人工方式進行判別，判斷報告書的內文描述資訊是否相同，在資料彙整的難度大幅增加，同時也因對於相同物件的描述不同而無法以程式語言的方式大量蒐集案例，使能進入模式使用之資料僅 91 筆。



資料表單本團隊依據上述資料建置遇到的困難與缺少資料而建立表 18，本表單共有 38 個項目，是針對場址本身基礎資訊進行設計，從大致可以分為場址基本資料、場址現況、周遭環境進行更詳細的調查表單，而場址基本資料本身包含場址名稱、場址代碼、地址、地號、廠房總面積(m<sup>2</sup>)、年用電量、工廠登記編號、產業類別、主要產品等；場址現況包含場址列管狀態、可能產生之污染物、污染物洩漏歷史資料及位置、污染洩漏來源、連續性洩漏的位置、地層土壤之物理特性、地層特性、地下水分類或用途、地下水位深度(m)、地層剖面資料、土壤及地下水監測點設置點數、土壤及地下水監測點位置、土壤及地下水監測頻率、污染物、污染影響面積(m<sup>2</sup>)、污染影響濃度、污染影響深度(cm)等；周遭環境其中包含場址之地形、地貌、區域性地質描述、地層土壤之物理特性等等。

未來若須設置更快速辨別土壤及地下水污染場址之模型，須針對資料完整度提升與項目名稱一致性進行調整，會較有利於人工智慧或其他統計模型進行篩選或統計，建議未來建置相關表單撰寫規範時，須將重要資訊作為表單選項進行填寫，並詳列說明表說明欄位細項所包含之細項，如本團隊擬製的新表單所述的三大類項目，可以得到更為完整且透徹的資料，使未來在資料分析以及其他統計分析上更為簡便與實用。

表 17 民國 93 年與 103 年修法前後對照圖

| 93 年土壤及地下水污染控制計畫撰寫指引 | 103 年土壤及地下水污染控制計畫撰寫指引 |
|----------------------|-----------------------|
| 一、計畫提出者、撰寫者及執行者資料    | 一、提出者、撰寫者及執行者資料       |
| 二、場址基本資料             | 二、計畫大綱                |
| 三、場址現況及污染情形          | 三、場址基本資料              |
| 四、污染物、污染範圍及污染程度      | 四、場址現況及污染情形           |
| 五、污染控制及防治方法          | 五、污染物、污染範圍及污染程度       |
| 六、污染監測方式             | 六、整治目標                |
| 七、工地安全衛生管理           | 七、整治方法                |
| 八、控制結果之驗證方式          | 八、整治後之土地使用方式          |
| 九、計畫執行期程             | 九、污染監測方式              |



|                |                       |
|----------------|-----------------------|
| 十、其他經主管機關指定之事項 | 十、清理或污染防治             |
| 十一、參考資料        | 十一、場址安全衛生管理           |
|                | 十二、整治完成之自行驗證方式及採樣檢測規劃 |
|                | 十三、經費預估               |
|                | 十四、整治期程               |
|                | 十五、其他主管機關指定之事項        |
|                | 十六、參考資料               |





表 18 污染調查人員調查表單

|            |  |  |        |  |
|------------|--|--|--------|--|
| 場址名稱       |  |  | 場址代碼   |  |
| 地址         |  |  |        |  |
| 場址列管<br>狀態 | <input type="checkbox"/> 公告整治 <input type="checkbox"/> 公告控制 <input type="checkbox"/> 公告解除整治 <input type="checkbox"/> 公告解除控制  |  |        |  |
| 地號         |  |  | 工廠登記編號 |  |
| 產業類別       | <div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;"> <input type="checkbox"/> 08 食品製造業<br/> <input type="checkbox"/> 09 飲料製造業<br/> <input type="checkbox"/> 10 菸草製造業<br/> <input type="checkbox"/> 11 紡織業<br/> <input type="checkbox"/> 12 成衣及服飾品製造<br/> <input type="checkbox"/> 13 皮革、皮毛及其製品製造業<br/> <input type="checkbox"/> 14 木竹製品製造業<br/> <input type="checkbox"/> 15 紙漿、紙及紙製品製造業<br/> <input type="checkbox"/> 16 印刷及資料儲存媒體複製業<br/> <input type="checkbox"/> 17 石油及煤製品製造業<br/> <input type="checkbox"/> 18 化學原材料、肥料、氮化合物、塑膠原料及人造纖維製造業<br/> <input type="checkbox"/> 19 其他化學製品製造業<br/> <input type="checkbox"/> 20 藥品及醫用化學製品製造業         </div> <div style="width: 50%;"> <input type="checkbox"/> 21 橡膠製品製造業<br/> <input type="checkbox"/> 22 塑膠製造業<br/> <input type="checkbox"/> 23 非金屬礦物製品製造業<br/> <input type="checkbox"/> 24 基本金屬製造業<br/> <input type="checkbox"/> 25 金屬製品製造業<br/> <input type="checkbox"/> 26 電子零組件製造業<br/> <input type="checkbox"/> 27 電腦、電子產品及光學製品製造業<br/> <input type="checkbox"/> 29 機械設備製造業<br/> <input type="checkbox"/> 30 汽車及其零件製造業<br/> <input type="checkbox"/> 31 其他運輸工具及其零件製造業<br/> <input type="checkbox"/> 32 傢俱製造業<br/> <input type="checkbox"/> 33 其他製造業         </div> </div>   |  |        |  |
| 主要產品       | <div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 33%;"> <input type="checkbox"/> 81 肉類加工<br/> <input type="checkbox"/> 82 水果加工<br/> <input type="checkbox"/> 83 蔬果加工<br/> <input type="checkbox"/> 84 動植物油脂<br/> <input type="checkbox"/> 85 乳品<br/> <input type="checkbox"/> 86 碾穀、膜粉及澱粉<br/> <input type="checkbox"/> 87 動物飼品<br/> <input type="checkbox"/> 89 其他食品<br/> <input type="checkbox"/> 91 酒精飲料<br/> <input type="checkbox"/> 92 非酒精飲料<br/> <input type="checkbox"/> 100 煙草製品<br/> <input type="checkbox"/> 111 紡紗<br/> <input type="checkbox"/> 112 織布<br/> <input type="checkbox"/> 113 不織布<br/> <input type="checkbox"/> 114 染整<br/> <input type="checkbox"/> 115 紡織品<br/> <input type="checkbox"/> 121 成衣         </div> <div style="width: 33%;"> <input type="checkbox"/> 185 人造纖維<br/> <input type="checkbox"/> 191 農藥及環境用藥<br/> <input type="checkbox"/> 192 塗料、染料及顏料<br/> <input type="checkbox"/> 193 清潔用品<br/> <input type="checkbox"/> 194 化妝品<br/> <input type="checkbox"/> 199 未分類其他化學品<br/> <input type="checkbox"/> 200 藥品及醫用化學製品<br/> <input type="checkbox"/> 210 橡膠製品<br/> <input type="checkbox"/> 210 橡膠製品<br/> <input type="checkbox"/> 231 玻璃及其製品<br/> <input type="checkbox"/> 232 耐火、黏土建材及其他陶瓷製品<br/> <input type="checkbox"/> 233 水泥及其製品<br/> <input type="checkbox"/> 234 石材製品<br/> <input type="checkbox"/> 239 其他非金屬礦物         </div> <div style="width: 33%;"> <input type="checkbox"/> 271 電腦及其週邊設備<br/> <input type="checkbox"/> 272 通訊傳播設備<br/> <input type="checkbox"/> 273 視聽電子設備<br/> <input type="checkbox"/> 274 資訊儲存媒體<br/> <input type="checkbox"/> 275 量測、導航、控制設備及鐘錶<br/> <input type="checkbox"/> 276 輻射及電子醫學設備<br/> <input type="checkbox"/> 277 光學設備及設備<br/> <input type="checkbox"/> 281 發電、輸電及配電機械<br/> <input type="checkbox"/> 282 電池<br/> <input type="checkbox"/> 283 電線及配線器材<br/> <input type="checkbox"/> 284 照明設備及器材<br/> <input type="checkbox"/> 285 家用器材<br/> <input type="checkbox"/> 289 其他電力設備及配備         </div> </div> |  |        |  |



## AI 人工智慧概念系統

|              |   |  |  |
|--------------|---|--|--|
|              | <input type="checkbox"/> 123 服飾品  | 品  | <input type="checkbox"/> 291 金屬加工用機械設備     |
|              | <input type="checkbox"/> 130 皮革、皮毛及其製品  | <input type="checkbox"/> 241 鋼鐵          | <input type="checkbox"/> 292 其他專用機械設備      |
|              | <input type="checkbox"/> 140 木竹製品   | <input type="checkbox"/> 242 鋁           | <input type="checkbox"/> 293 通用機械設備        |
|              | <input type="checkbox"/> 151 紙漿、紙及製品  | <input type="checkbox"/> 243 銅           | <input type="checkbox"/> 301 汽車            |
|              | <input type="checkbox"/> 152 瓦楞紙板及紙容器   | <input type="checkbox"/> 249 其他基本金屬      | <input type="checkbox"/> 302 車體            |
|              | <input type="checkbox"/> 153 其他紙製品  | <input type="checkbox"/> 251 金屬刀具、手工具及模具 | <input type="checkbox"/> 303 汽車零件          |
|              | <input type="checkbox"/> 160 印刷及資料儲存媒體複製業   | <input type="checkbox"/> 252 金屬結構及建築組建   | <input type="checkbox"/> 311 船舶及浮動設施       |
|              | <input type="checkbox"/> 170 石油及煤製品   | <input type="checkbox"/> 253 金屬容器        | <input type="checkbox"/> 312 機車及其零件        |
|              | <input type="checkbox"/> 181 化學原材料  | <input type="checkbox"/> 254 金屬加工處理      | <input type="checkbox"/> 313 自行車及其零件       |
|              | <input type="checkbox"/> 183 肥料及氮化合物  | <input type="checkbox"/> 259 其他金屬製品      | <input type="checkbox"/> 319 未分類其他運輸工具及其零件 |
|              | <input type="checkbox"/> 184 塑膠及合成橡膠原料  | <input type="checkbox"/> 261 半導體         | <input type="checkbox"/> 321 非金屬家具         |
|              |   | <input type="checkbox"/> 262 被動電子元件      | <input type="checkbox"/> 322 金屬家具          |
|              |   | <input type="checkbox"/> 263 印刷電路板       | <input type="checkbox"/> 321 非金屬家具         |
|              |   | <input type="checkbox"/> 264 光電材料及元件     | <input type="checkbox"/> 322 金屬家具          |
|              |   | <input type="checkbox"/> 269 其他墊子零組件     |  |
| 可能產生之污染物     | <input type="checkbox"/> 鎘 <input type="checkbox"/> 鉻 <input type="checkbox"/> 銅 <input type="checkbox"/> 鎳 <input type="checkbox"/> 汞 <input type="checkbox"/> 鎳 <input type="checkbox"/> 鉛 <input type="checkbox"/> 鋅 |  |  |
| 廠房總面積(平方公尺)  |   | 年用電量                                     |  |
| 污染物洩漏歷史資料及位置 |   |  |  |
| 場址之地形、地貌     | <input type="checkbox"/> 山地 <input type="checkbox"/> 高原 <input type="checkbox"/> 平原 <input type="checkbox"/> 丘陵 <input type="checkbox"/> 盆地   |  |  |
| 區域性地質描述      |   |  |  |
| 地層土壤之物理特性    | <input type="checkbox"/> 黏土層 <input type="checkbox"/> 玢砂層 <input type="checkbox"/> 砂層 <input type="checkbox"/> 湧沙含水層 <input type="checkbox"/> 礫石層 <input type="checkbox"/> 一般土壤特性                                       |  |  |
| 地層特性         |   |  |  |
| 地下水分類或用途     |   | 地下水位深度(井深)m                              |  |
| 地層剖面資料       |   |  |  |
| 鄰近之用         | <input type="checkbox"/> 農地 <input type="checkbox"/> 工廠 <input type="checkbox"/> 住家 <input type="checkbox"/> 空地   |  |  |



## 第陸章 結論與建議

|             |                               |               |                                |
|-------------|-------------------------------|---------------|--------------------------------|
| 地狀態         |                               |               |                                |
| 鄰近之敏感受體位置   |                               | 地表水體之位置及特性    |                                |
| 污染洩漏來源      |                               |               |                                |
| 連續性洩漏的位置    |                               | 連續性洩漏的特性      |                                |
| 土壤及地下水監測點位置 |                               | 土壤及地下水監測點設置點數 |                                |
| 土壤及地下水監測頻率  |                               | 地表下污染團位置      |                                |
| 污染類別        | <input type="checkbox"/> 土壤污染 |               | <input type="checkbox"/> 地下水污染 |
| 污染物         |                               | 污染影響面積(平方公尺)  |                                |
| 污染影響濃度      |                               | 污染影響深度(公分)    |                                |
| 改善工法        |                               | 改善深度(m)       |                                |
| 公告列管日期      |                               | 公告解除列管日期      |                                |



### 三、 案例詮釋資料與索引系統之建議

#### (一) 案例詮釋資料之建議

##### 1. 何謂詮釋資料與重要性

詮釋資料(metadata)可說明一項資料本身特性的補充資料，透過結構化描述的方式，將不同的資料結合成為有效、可便於管理與維護、搜尋的資料集合型態。案例之詮釋資料則是基於對案例資料瞭解，並額外建立一個描述資料的詮釋資料，並藉由案例詮釋資料的建立瞭解使用資料之細項並正確進行應用，提升日後查詢的效率，並確切應用使用資料。詮釋資料依格式的簡單至豐富性，區別如下：(1)全文索引(搜索引擎)；(2)簡單與結構化的綜合性格式(如：都柏林核心集；Dublin Core)；(3)複雜與結構化的特定領域格式(如：美國聯邦地理資料委員會；The Federal Geographic Data Committee)及機讀編目格式標準(Machine-Readable Cataloging)等三大類。但詮釋資料並非最後產出資料，僅係一個提升案例資料應用便利性的參考，並可使案例分析與資料解讀皆能更加清晰與迅速。

就實務目的，可將詮釋資料分為描述性、結構性及管理性等三大類型；就數位典藏的需求功能面，詮釋資料可做為一組結構化與標準化的背景資料，包含描述性、結構性、管理性、保存性、技術性與使用性等六大類型，以及語義性、語法性與詞彙性三大屬性，用來描述每個數位典藏品的內涵與特徵，以便數位典藏品能夠在數位化環境或系統中，達到最佳化資源探索的效能，並能有效率而精準地被檢索、呈現、管理、控制與執行相關功能，且順利地與其他數位典藏品進行資源的互通與共享，最後還能達成數位典藏品的永久保存目的，以國家圖書館書籍建立作為案例說明，各類詮釋資料的目的不盡相同，且建立規則也不相同，圖書館傳統的編譯方式就已使用類似詮釋資料的功能，但如今圖書館館藏的增加與數位圖書館的發展，傳統的編譯方式已不敷使用。圖書館編制讀詮釋資料可將每一本書相對應的資料欄位代碼、指標、分欄符號等，並可將一本書劃分成若干個分欄，利用變數或欄位名稱代替書籍的各項資料，便於使用者快速搜學所需的書籍或文獻，其資料如表 19 所示。



表 19 圖書資料建立示意圖

| 元素名稱            | 資料值   |
|-----------------|---|
| 題名(Title)       | 後設資料工作計畫  |
| 作者(Creator)     | 陳淑君   |
| 出版者(Publisher)  | 數位典藏國家型科技計畫   |
| 識別碼(Identifier) | <a href="http://www.sinica.edu.tw/~metadata/project/project-frame.html">http://www.sinica.edu.tw/~metadata/project/project-frame.html</a> |
| 格式(Format)      | Text/html   |
| 關聯性(Relation)   | 後設資料工作網站  |

( 改自：

[http://wiki.teldap.tw/index.php?title=%E6%AA%94%E6%A1%88%E9%A1%9E%E5%BE%8C%E8%A8%AD%E8%B3%87%E6%96%99%E5%B0%8E%E8%AB%96%E8%88%87%E5%AF%A6%E5%8B%99%E4%B8%80%EF%BC%9AMetadata\\_%E8%88%87\\_EAD](http://wiki.teldap.tw/index.php?title=%E6%AA%94%E6%A1%88%E9%A1%9E%E5%BE%8C%E8%A8%AD%E8%B3%87%E6%96%99%E5%B0%8E%E8%AB%96%E8%88%87%E5%AF%A6%E5%8B%99%E4%B8%80%EF%BC%9AMetadata_%E8%88%87_EAD))

## 2. 詮釋資料架構

詮釋資料可依據明確定義的資料進行標準化概念而結構化，例如控制詞彙表、分類學、索引典、資料字典和詮釋資料註冊庫等工具，可針對詮釋資料進一步作標準化。在編撰過程中，詮釋資料的語法可產生詮釋資料的欄位或元素中的結構規則，而一個詮釋資料可使用許多不同註解或程式語言來表達其特色，例如書目分類時會依主題、圖書分類號依照控制詞彙表進行分類；另外美國聯邦地理資料委員會為整合地理空間數值資料，亦有建立 CSDGM 詮釋資料標準，將此標準作為描述空間數值資料的標準空間格式，其標準中所規畫其詮釋資料有四大原則，分別為資料的有效性、資料的適用性、資料的取得以及資料的轉換等等，如圖 18 所示。

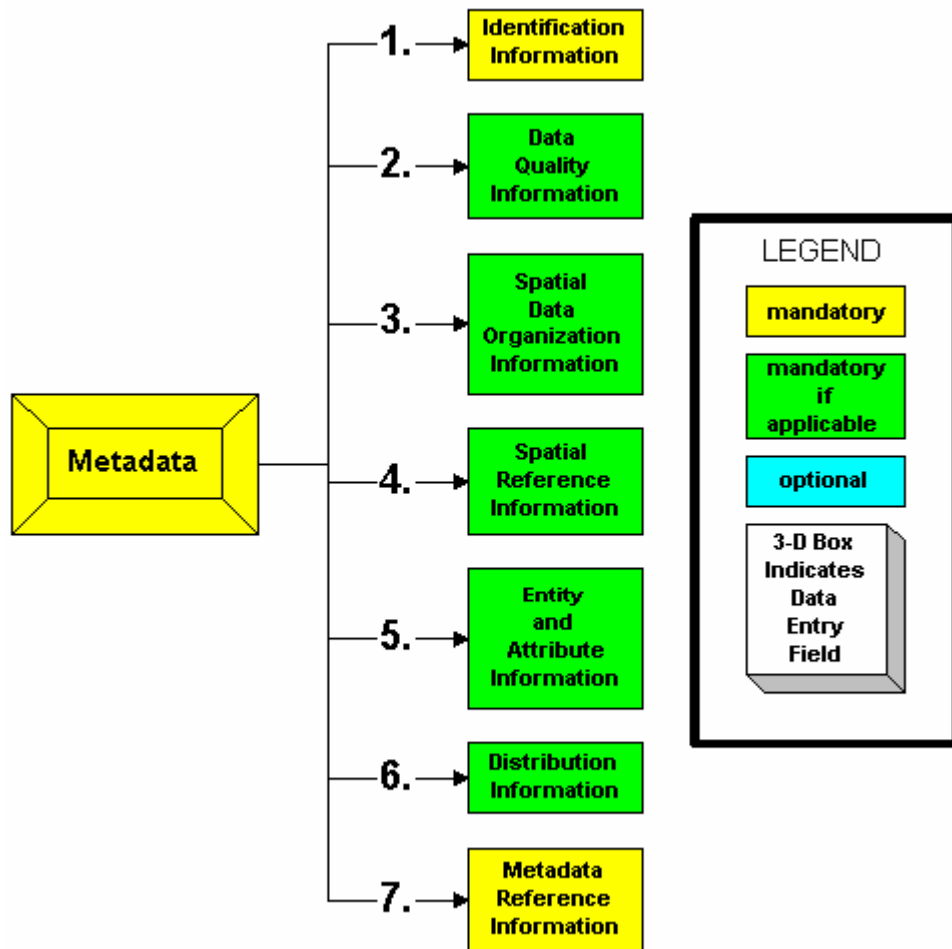


圖 18 美國聯邦地理資料委員會詮釋資料架構圖

### 3. 如何建立詮釋資料的標準

詮釋資料建立之標準會依不同需求而變動，目前國際上亦有建立標準，如 ISO/IEC 11179 詮釋資料登入(MDR)，可記錄資料含意與技術結構，用來說明一個資料所具有的不同特色。而本團隊藉由土基會發布在環保專案成果報告系統之報告書資訊，針對過去不同類型場址進行的場址調查擬定案例詮釋資料，將案例資料分為列管狀態、產業類別、主要製程、主要產品、廠房總面積、場址土質、設置點位數、污染類別、污染物和污染物濃度等資料項目，利用上述等案例詮釋資料，將可以得到當時廠址的現況資訊，未來若能再建立更多相關案例場址之詮釋資料，可使人工智慧運作時分類準確度更加精細。

未來詮釋資料之標準型式亦可參考國家發展委員會進行之 TWSMP2.0 詮釋資料標準框架(使用 ISO/TC211 標準)、國家圖書館與數位典藏詮釋資料的特性、定位與規範的設計架構進行建立，國發會將詮釋資料分為三大類別：



目錄資訊(Catalog)、資料集資訊(Dataset)、資料供應資訊(Distribution)；並依三大類別所包含之資料集詮釋資料欄位關聯詳錄於圖 19 中，並設置標準框架表作為詳細說明(表 20)。

- (1) 目錄資訊(Catalog)：表是一個目錄資訊，作為資料集的索引分類。
- (2) 資料集資訊(Dataset)：表示目錄中的一個資料集，可作為資料及基本描述資訊。
- (3) 資料供應資訊(Distribution)：表資料集所提供之存取資料資源方式，可為下載資料檔案或存取資料網路服務等描述資訊。

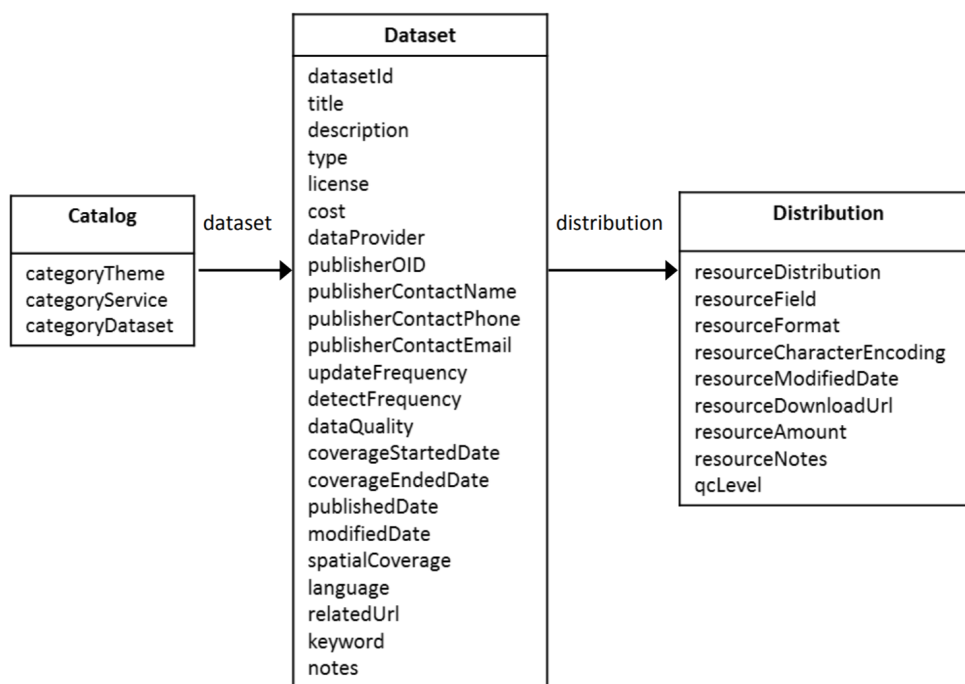


圖 19 國家發展委員會資料集詮釋資料類別





表 20 國家發展委員會資料標準框架表（節錄）

| 項次  | 類別                     | 欄位名稱   | 英文欄位名稱                    | 資料型態  | 選填條件 |
|-----|------------------------|--------|---------------------------|-------|------|
| 1   | 目錄資訊<br>Catalog        | 主題分類   | categoryTheme             | 列舉    | 必須填寫 |
| 2   |                        | 服務分類   | categoryService           | 列舉    | 必須填寫 |
| 3   |                        | 資料集分類  | categoryDataset           | 列舉    | 必須填寫 |
| 4   | 資料集資訊<br>Dataset       | 資料集識別碼 | datasetId                 | 整數    | 系統產生 |
| 5   |                        | 資料集名稱  | title                     | 文字    | 必須填寫 |
| 6   |                        | 資料集描述  | description               | 文字    | 必須填寫 |
| 7   |                        | 資料集類型  | type                      | 列舉    | 系統產生 |
| ... |                        | ...    | ...                       | ...   | ...  |
| 27  | 資源供應資訊<br>Distribution | 資料資源描述 | resourceDescription       | 字串    | 建議填寫 |
| 28  |                        | 資料資源欄位 | resourceField             | 字串或陣列 | 必須填寫 |
| 29  |                        | 檔案格式   | resourceFormat            | 列舉    | 必須填寫 |
| 30  |                        | 編碼格式   | resourceCharacterEncoding | 列舉    | 必須填寫 |
| ... |                        | ...    | ...                       | ...   | ...  |

#### 4. 如何執行

案例詮釋資料並非資料最後的產出，但可減少資料搜尋與篩選的時間，並建立案例特徵與索引系統的資料。其可藉由案例特徵搜尋案例的屬性值、案例資料描述及相關問題等關鍵字，並可透過案例索引系統快速在資料中找尋合適的案例，逐步篩選出適宜的案例資料有效解決問題。

##### (二)索引系統之建議

索引系統目的在於藉由案例特徵快速搜索所需資料，因此須先建立案例特徵項目做為搜尋標的物，再進行索引系統之建置，減少案例搜集的時間。本計畫在建立索引系統的過程中，由於案例蒐集無法藉由人工智慧判斷，且篩選之報告書年份僅有 103-108 年資料之桃園與彰化縣的報告書資料，蒐集後僅有 91 筆案例資料可進行系統建置；此外，因建立案例特徵時須進行整體資料完整度檢視，以確定報告書中所擁有的 91 筆案例資料中的項目一致，但



由於各報告書中所填寫的項目名稱不一致或有缺漏，在篩選項目完整度的考量下，將最後篩選出的案例與其特徵做為索引系統的條件，使能使用的樣本數大幅下降。

調查案例表單、案例蒐集表單為調查人員進行污染場址判斷最基礎的調查檢視，因此擬列更加明確且統一的細項會使未來進行判斷與分類上更加清晰，本計畫主要使用土壤及地下水污染整治網 (<https://sgw.epa.gov.tw/public>) 內的列管場址查詢進行案例蒐集，網址中的資料雖有完整資料搜尋機制呈現，但內文表單項目卻不足以具有代表場址的代表性，建議未來可擬定更清晰的資訊設定，使污染場址資訊更加明確；此外為因應未來人工智慧時代，表單項目與資料型態勢必進行調整，調整的方向為追求資料定義明確。

#### 四、案例分析系統與建議

本計畫是利用決策樹來進行案例分析，由透過案例蒐集、案例索引表、案例特徵建立、案例前處理、決策樹等程序來進行案例的狀態的推敲，在透過 37 筆資料進行有效預測其工廠列管狀態，在測試集也有 80% 的表現，代表此方法對於應用在判斷工廠是否需要列管有一定準確度，但在模式運行過程中也發現因案例蒐集不易及案例特徵項目蒐集困難等因素，以致於案例數量大幅下降，使模型僅能限用於侷特定狀態模擬，但倘若在未來改善資料可得性時，此模型將可以有效減低工廠污染調查人員之負擔。針對案例資料與其他相關資訊的可得性改善上，建議須建立相關的資料庫，並建立案例資料表單與跨部會資料平台，且案例資料表單未來可加入其他領域之資訊，將資料規劃設計利於統計分析之資料型態，並將過往的案例項目進行通盤檢討，使案例的基本資料、環境背景資料、污染物的分類等重新劃分的更為精確，亦可參考本計畫表 18 進行設計。此外，由於場址案例部分項目為跨領域，因此跨部會資料平台建立亦是一項未來須進行整合與規劃的項目，主要係因場址案例資料中的背景資料，在場區土質、周遭敏感地區、用水、用電等部分，皆有許多資料端的對口單位是其他的部會，若能藉此統籌各部會的環境資料成為一個平台，將使案例項目建立更加完整且具研究價值的案例。



## 第柒章 參考文獻

- 余志偉，2004。結合案例式推理與模糊邏輯於道路施工環境影響評估審查結論預測。大葉大學環境工程學系碩士論文。
- 林軒田，2015。機器學習技術，**coursera**。
- 劉建華，2004。案例式推理應用於河川生態工法成本估算之研究。中華大學營建管理研究所碩士論文。
- 賈皓鈞，2016。機器學習預測居民暴露特徵—以土壤及地下水脆弱度為例。國立臺灣大學環境工程學研究所碩士論文。
- Faia, R., Pinto, T., Abrishambaf, O., Fernandes, F., Vale, Z., Corchado, J.M., 2017. Case based reasoning with expert system and swarm intelligence to determine energy reduction in buildings energy management. *Energ Buildings* 155, 269-281.
- Geissen, V., Kampichler, C., López-de Llergo-Juárez, J. J., Galindo-Acántara, A., 2007. Superficial and subterranean soil erosion in Tabasco, tropical Mexico: development of a decision tree modeling approach. *Geoderma* 139(3-4), 277-287.
- Mesarić, J., Šebalj, D., 2016. Decision trees for predicting the academic success of students. *Croatian Operational Research Review* 7, 367-388.
- Adeniyi, D.A., Wei, Z., Yongquan, Y., 2016. Automated web usage data mining and recommendation system using K-Nearest Neighbor (KNN) classification method. *Applied Computing and Informatics* 12, 90-108.
- Myles, A.J., Feudale, R.N., Liu, Y., Woody, N.A., Brown, S.D., 2004. An introduction to decision tree modeling. *J Chemometr* 18, 275-285.
- Nabavi-Pelesaraei, A., Rafiee, S., Mohtasebi, S.S., Hosseinzadeh-Bandbafha, H., Chau, K.W., 2018. Integration of artificial intelligence methods and life cycle assessment to predict energy output and environmental impacts of paddy production. *Sci Total Environ* 631-632, 1279-1294.
- Sakia, R., 1992. The Box-Cox transformation technique: a review. *The statistician* 169-178.
- Hay, A.M., 1988. The Derivation of Global Estimates from a Confusion Matrix. *Int J Remote Sens* 9, 1395-1398.



- Sebag, M., Schoenauer, M., 1994. A rule-based similarity measure. *Springer Berlin Heidelberg*, Berlin, Heidelberg, pp. 119-131.
- Cabrera, F.O., Sanchez-Marre, M., 2018. Environmental data stream mining through a case-based stochastic learning approach. *Environ Modell Softw* 106, 22-34.
- Yu, F., Li, X.Y., Han, X.S., 2018. Risk response for urban water supply network using case-based reasoning during a natural disaster. *Safety Sci* 106, 121-139.



## 第捌章 專案成果績效自評表

### 一、學術面

| 項目 \ 目標達成程度       |                      |            | 申請<br>預估數 | 期中<br>達成數 | 期末<br>達成數 | 結案後半年<br>達成率 | 備註<br>(說明未達成原因或學術產出發表名稱) |
|-------------------|----------------------|------------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------------------|
| A<br>學術產出及活動      | 1.國內投稿<br>(篇數)       | (1) 論文     | 0         | 0         | 0         | 0            |                          |
|                   |                      | (2) 研討會論文  | 0         | 0         | 0         | 0            |                          |
|                   | 2.國外投稿<br>(篇數)       | (1) 期刊論文   | 0         | 0         | 0         | 0            |                          |
|                   |                      | (2) 研討會論文  | 1         | 0         | 0         | 1            |                          |
|                   | 3.報告<br>(篇數)         | (1) 技術報告   | 0         | 0         | 0         | 0            |                          |
|                   |                      | (2) 研究報告   | 0         | 0         | 0         | 0            |                          |
|                   | 4.專著 (本數)            |            | 0         | 0         | 0         | 0            |                          |
|                   | 5.辦理學術<br>會議(場<br>數) | (1) 研討/說明會 | 0         | 0         | 0         | 0            |                          |
|                   |                      | (2) 成果發表會  | 0         | 0         | 0         | 0            |                          |
|                   |                      | (3) 論壇     | 0         | 0         | 0         | 0            |                          |
|                   | 6.研發改良<br>技術(項<br>數) | (1) 已開發技術  | 0         | 0         | 0         | 0            |                          |
|                   |                      | (2) 技術平台   | 0         | 0         | 0         | 0            |                          |
| B<br>人才培育         | 7.研發人員<br>(人數)       | (1) 碩士     | 0         | 0         | 1         | 0            |                          |
|                   |                      | (2) 博士     | 0         | 0         | 1         | 0            |                          |
|                   | 8.研究團隊<br>(個數)       | (1) 跨領域團隊  | 0         | 0         | 0         | 0            |                          |
|                   |                      | (2) 跨機構團隊  | 0         | 0         | 0         | 0            |                          |
|                   |                      | (3) 形成研究中心 | 0         | 0         | 0         | 0            |                          |
|                   |                      | (4) 形成實驗室  | 0         | 0         | 0         | 0            |                          |
| 9.其他指標<br>(請自行命名) |                      | (請自填)      | 0         | 0         | 0         | 0            |                          |



## 第肆章 專案成果績效自評表

## 二、產業面

| 目標達成程度                       |                      |                |       | 申請<br>預估數 | 期中<br>達成數 | 期末<br>達成數 | 結案後半年<br>達成率 | 備註<br>(說明未達成原因或專利、技術<br>轉移相關詳細資<br>料) |
|------------------------------|----------------------|----------------|-------|-----------|-----------|-----------|--------------|---------------------------------------|
| 項目                           |                      |                |       |           |           |           |              |                                       |
| A 智<br>慧<br>財<br>產<br>權      | 1.專利<br>(件數)         | 已<br>核<br>准    | 發明    | 0         | 0         | 0         | 0            |                                       |
|                              |                      |                | 新型/設計 | 0         | 0         | 0         | 0            |                                       |
|                              |                      |                | 合計    | 0         | 0         | 0         | 0            |                                       |
|                              |                      | 申<br>請<br>中    | 發明    | 0         | 0         | 0         | 0            |                                       |
|                              |                      |                | 新型/設計 | 0         | 0         | 0         | 0            |                                       |
|                              |                      |                | 合計    | 0         | 0         | 0         | 0            |                                       |
| B 研<br>發<br>技<br>術<br>轉<br>移 | 2.先期技術<br>成果移轉       | 件數             |       | 0         | 0         | 0         | 0            |                                       |
|                              |                      | 授權金(仟元)        |       | 0         | 0         | 0         | 0            |                                       |
|                              |                      | 衍生利益金(仟元)      |       | 0         | 0         | 0         | 0            |                                       |
|                              | 3.技術移轉<br>(專利)       | 件數             |       | 0         | 0         | 0         | 0            |                                       |
|                              |                      | 授權金(仟元)        |       | 0         | 0         | 0         | 0            |                                       |
|                              |                      | 衍生利益金<br>(仟元)  |       | 0         | 0         | 0         | 0            |                                       |
|                              | 4.技術移轉<br>(應用技<br>術) | 件數             |       | 0         | 0         | 0         | 0            |                                       |
|                              |                      | 授權金(仟元)        |       | 0         | 0         | 0         | 0            |                                       |
|                              |                      | 衍生利益金(仟元)      |       | 0         | 0         | 0         | 0            |                                       |
|                              | 5.可移轉<br>產業技術        | (1)技術(件數)      |       | 0         | 0         | 0         | 0            |                                       |
| (2)品種/系(件數)                  |                      | 0              | 0     | 0         | 0         |           |              |                                       |
| C 產<br>學<br>研<br>合<br>作      | 6.促成合作研<br>究         | 件數             |       | 0         | 0         | 0         | 0            |                                       |
|                              |                      | 金額(仟元)         |       | 0         | 0         | 0         | 0            |                                       |
|                              | 7.促成投資               | 件數             |       | 0         | 0         | 0         | 0            |                                       |
|                              |                      | 投資金額<br>(仟元)   |       | 0         | 0         | 0         | 0            |                                       |
|                              | 8.促成取得業<br>界科專       | 件數             |       | 0         | 0         | 0         | 0            |                                       |
|                              |                      | 業界投資金額<br>(仟元) |       | 0         | 0         | 0         | 0            |                                       |
| 9.其他指標<br>(請自行命名)            |                      | (請自填)          |       | 0         | 0         | 0         | 0            |                                       |



## 三、政策面

| 項目                    |                  | 目標達成程度 | 申請預估數 | 期中達成數 | 期末達成數 | 結案後半年達成率 | 備註<br>(說明未達成原因<br>或<br>其他詳細資料) |
|-----------------------|------------------|--------|-------|-------|-------|----------|--------------------------------|
| A<br>服務<br>便民         | 1.技術服務           | 次數     | 0     | 0     | 0     | 0        |                                |
|                       |                  | 收入(仟元) | 0     | 0     | 0     | 0        |                                |
|                       | 2.諮詢服務           | 次數     | 0     | 0     | 0     | 0        |                                |
|                       |                  | 收入(仟元) | 0     | 0     | 0     | 0        |                                |
| B<br>支<br>援<br>合<br>作 | 3.協助政府制定<br>(件數) | (1) 政策 | 0     | 0     | 0     | 0        |                                |
|                       |                  | (2) 法規 | 0     | 0     | 0     | 0        |                                |
|                       |                  | (3) 規範 | 0     | 0     | 0     | 0        |                                |
|                       |                  | (4) 標準 | 0     | 0     | 0     | 0        |                                |
| D<br>社<br>會<br>效<br>益 | 4.獲得認證(件數)       |        | 0     | 0     | 0     | 0        |                                |
|                       | 5.獲得獎項(件數)       |        | 0     | 0     | 0     | 0        |                                |
|                       | 6.提升能源效率(%)      |        | 0     | 0     | 0     | 0        |                                |
|                       | 7.節能減碳效率(%)      |        | 0     | 0     | 0     | 0        |                                |
| 8.其他指標<br>(請自行命名)     |                  | (請自填)  | 0     | 0     | 0     | 0        |                                |



附件一 本計畫最初篩選之 91 筆案例資料基本表

| 項目 | 場址列管狀態 | 產業類別  | 主要製程                     | 主要產品  | 可能產生的<br>污染物 | 廠房總<br>面積 | 場址土質        | 污染洩漏來源 | 設置<br>點位 | 污染<br>類別 |
|----|--------|---|--------------------------|---|--------------|-----------|-------------|--------|----------|----------|
| 1  | 未列管    | 金屬製品製造業                                     | 電鍍製程                     | 金屬加工處理  |              | 496       | 無           |        | 7        | 無        |
| 2  | 未列管    | 金屬製品製造業、<br>汽車及其零件製造<br>業、其他運輸工具<br>及其零件製造業 | 金屬電鍍程序                   | 金屬加工處理、<br>其他金屬製品、汽<br>車零件、機車及其<br>零件、自行車及其<br>零件 |              | 965       | 粘板岩老<br>沖積土 |        | 4        | 無        |
| 3  | 未列管    | 機械設備製造業                                     | 金屬電鍍及水<br>洗程序            | 通用機械設備  |              | 747.77    | 無           |        | 4        | 無        |
| 4  | 未列管    | 化學原材料、肥<br>料、氮化合物、塑<br>橡膠原料及人造纖<br>維製造業     | 氧化物、鈮化<br>物、鎳化合物<br>製造程序 | 化學原材料   |              | 31926.67  | 無           |        | 8        | 無        |
| 5  | 未列管    | 金屬製品製造業                                     | 金屬電鍍程序                   | 金屬加工處理  |              | 2430      | 粘板岩老<br>沖積土 |        | 5        | 無        |
| 6  | 未列管    | 金屬製品製造業                                     | 金屬電鍍程序                   | 金屬加工處理、其<br>他金屬製品                                 |              | 483       | 粘板岩老<br>沖積土 |        | 5        | 無        |
| 7  | 未列管    | 皮革、毛皮及其製<br>品製造業                            | 染色程序                     | 皮革、毛皮及其製<br>品                                     |              | 7200      | 粘板岩老<br>沖積土 |        | 5        | 無        |
| 8  | 未列管    | 皮革、毛皮及其製<br>品製造業                            | 染色程序                     | 皮革、毛皮及其製<br>品                                     |              | 3000      | 粘板岩老<br>沖積土 |        | 6        | 無        |

|    |     |                 |          |                      |  |      |              |      |    |        |
|----|-----|-----------------|----------|----------------------|--|------|--------------|------|----|--------|
| 9  | 未列管 | 皮革、毛皮及其製品製造業    | 染色程序     | 皮革、毛皮及其製品            |  | 1290 | 無            |      | 10 | 無      |
| 10 | 未列管 | 皮革、毛皮及其製品製造業    | 染色程序     | 皮革、毛皮及其製品            |  | 1290 | 粘板岩老沖積土      |      | 6  | 無      |
| 11 | 未列管 | 皮革、毛皮及其製品製造業    | 染色程序     | 皮革、毛皮及其製品            |  | 747  | 粘板岩老沖積土      |      | 8  | 無      |
| 12 | 未列管 | 金屬製品製造業         | 五金零件加工製程 | 金屬加工處理、其他金屬製品        |  | 4389 | 粘板岩新沖積土      |      | 2  | 無      |
| 13 | 未列管 | 金屬製品製造業、機械設備製造業 | 鎳、鋅電鍍    | 金屬加工處理、其他金屬製品、通用機械設備 |  | 462  | 粘板岩及砂頁岩混合沖積土 |      | 10 | 無      |
| 14 | 未列管 | 金屬製品製造業         | 鎳、鋅、銅電鍍  | 金屬加工處理               |  | 843  | 粘板岩及砂頁岩混合沖積土 |      | 10 | 無      |
| 15 | 列管  | 金屬製品製造業         | 鍍鋅及鍍鉻    | 金屬加工處理               |  | 1283 | 粘板岩老沖積土      | 製程產生 | 11 | 土壤     |
| 16 | 列管  | 金屬表面處理業         |          | 金屬加工處理               |  | 494  | 無            | 製程產生 | 7  | 土壤     |
| 17 | 列管  | 金屬表面處理業         |          | 金屬加工處理               |  | 661  | 粘板岩及砂頁岩混合沖積土 | 製程產生 | 10 | 土壤、地下水 |
| 18 | 列管  | 金屬表面處理業         |          | 金屬加工處理               |  | 721  | 粘板岩及砂頁岩混合沖積土 | 製程產生 | 6  | 土壤     |

|    |    |                     |              |                                  |  |          |                      |      |    |                    |
|----|----|---------------------|--------------|----------------------------------|--|----------|----------------------|------|----|--------------------|
| 19 | 列管 | 金屬表面處理業             |              | 金屬加工處理                           |  | 1075     | 粘板岩老<br>沖積土          | 製程產生 | 10 | 土壤                 |
| 20 | 列管 | 金屬表面處理業             | 鍍銅及鍍鎳        | 金屬加工處理、金<br>屬加工處理                |  | 424      | 粘板岩及<br>砂頁岩混<br>合沖積土 | 製程產生 | 6  | 土壤                 |
| 21 | 列管 | 塑膠製品製造業、<br>金屬製品製造業 | 金屬電鍍         | 金屬加工處理、金<br>屬刀具、手工具及<br>模具、 塑膠製品 |  | 2264     | 粘板岩老<br>沖積土          | 製程產生 | 5  | 土壤                 |
| 22 | 列管 | 金屬製品製造業             | 金屬電鍍         | 金屬加工處理                           |  | 13840    | 粘板岩老<br>沖積土          | 製程產生 | 7  | 土壤                 |
| 23 | 列管 | 金屬製品製造業             | 金屬電鍍         | 金屬加工處理                           |  | 249      | 粘板岩及<br>砂頁岩混<br>合沖積土 | 製程產生 | 6  | 土壤                 |
| 24 | 列管 | 皮革、毛皮及其製<br>品製造業    | 染色程序         | 皮革、毛皮及其製<br>品                    |  | 50136.93 | 粘板岩及<br>砂頁岩混<br>合沖積土 | 製程產生 | 8  | 土<br>壤、<br>地下<br>水 |
| 25 | 列管 | 化學製品製造業             | 化學材料製造<br>製程 | 其他化學製品                           |  | 50136.93 | 無                    |      | 5  | 地下<br>水            |
| 26 | 列管 | 金屬製品製造業             | 五金鍍鋅         | 金屬加工處理                           |  | 497      | 粘板岩及<br>砂頁岩混<br>合沖積土 |      | 6  | 土壤                 |
| 27 | 列管 | 金屬製品製造業             | 五金鍍銅、鎳       | 金屬加工處理                           |  | 148      | 粘板岩及<br>砂頁岩混         |      | 5  | 土壤                 |

|    |    |                     |        |                   |  |        |                      |  |    |                    |
|----|----|---------------------|--------|-------------------|--|--------|----------------------|--|----|--------------------|
|    |    |                     |        |                   |  |        | 合沖積土                 |  |    |                    |
| 28 | 列管 | 金屬製品製造業             | 五金鍍古銅  | 金屬加工處理            |  | 120    | 無                    |  | 6  | 土壤                 |
| 29 | 列管 | 金屬製品製造業             | 五金電鍍   | 金屬加工處理            |  | 248    | 粘板岩及<br>砂頁岩混<br>合沖積土 |  | 6  | 土壤                 |
| 30 | 列管 | 金屬製品製造業             | 五金電鍍   | 金屬加工處理            |  | 3540   | 粘板岩及<br>砂頁岩混<br>合沖積土 |  | 10 | 土<br>壤、<br>地下<br>水 |
| 31 | 列管 | 金屬製品製造業             | 五金電鍍   | 金屬加工處理            |  | 165    | 粘板岩及<br>砂頁岩混<br>合沖積土 |  | 6  | 土壤                 |
| 32 | 列管 | 金屬製品製造業、<br>機械設備製造業 | 五金鍍鉻、鎳 | 金屬加工處理、通<br>用機械設備 |  | 235.15 | 粘板岩及<br>砂頁岩混<br>合沖積土 |  | 5  | 土壤                 |
| 33 | 列管 | 金屬製品製造業             | 五金鍍鉻、鎳 | 金屬加工處理            |  | 231    | 粘板岩及<br>砂頁岩混<br>合沖積土 |  | 3  | 土壤                 |
| 34 | 列管 | 金屬製品製造業             | 五金鍍鉻、鎳 | 金屬加工處理            |  | 624    | 無                    |  | 4  | 土壤                 |
| 35 | 列管 | 皮革、毛皮及其製<br>品製造業    | 染色程序   | 皮革、毛皮及其製<br>品     |  | 3748   | 無                    |  | 1  | 土壤                 |
| 36 | 列管 | 金屬製品製造業             | 鎳、鉻電鍍  | 金屬加工處理            |  | 48     | 無                    |  | 4  | 土壤                 |
| 37 | 列管 | 金屬製品製造業             | 鎳、銅電鍍  | 金屬加工處理            |  | 221.2  | 無                    |  | 7  | 土壤                 |
| 38 | 列管 | 金屬製品製造業             | 鎳、銅電鍍  | 金屬加工處理            |  | 119    | 粘板岩及                 |  | 7  | 土壤                 |

|    |    |  |       |                                |  |       |                      |  |    |                    |
|----|----|--|-------|--------------------------------|--|-------|----------------------|--|----|--------------------|
|    |    |  |       |                                |  |       | 砂頁岩混<br>合沖積土         |  |    |                    |
| 39 | 列管 | 金屬製品製造業  | 鎳、銅電鍍 | 金屬加工處理                         |  | 254   | 粘板岩老<br>沖積土          |  | 6  | 土壤                 |
| 40 | 列管 | 金屬製品製造業  | 鎳、銅電鍍 | 金屬加工處理、其<br>他金屬製品              |  | 333   | 粘板岩及<br>砂頁岩混<br>合沖積土 |  | 4  | 土壤                 |
| 41 | 列管 | 基本金屬製造業  |       | 鋼鐵                             |  | 1946  | 無                    |  | 8  | 土壤                 |
| 42 | 列管 | 化學品製造業   |       | 其他化學製品                         |  | 11202 | 無                    |  | 5  | 地下<br>水            |
| 43 | 列管 | 藥品及醫用化學製<br>品製造業                                 |       | 藥品及醫用化學製<br>品                  |  | 13348 | 無                    |  | 11 | 土<br>壤、<br>地下<br>水 |
| 44 | 列管 | 電子零組件製造業   |       | 其他電子零組件                        |  | 14170 | 紅棕色紅<br>壤            |  | 7  | 土壤                 |
| 45 | 列管 | 電子零組件製造業   |       | 半導體                            |  | 4945  | 無                    |  | 4  | 土壤                 |
| 46 | 列管 | 電子零組件製造<br>業、基本金屬製造<br>業、電腦、電子產<br>品及光學製品製造<br>業 |       | 印刷電路板、銅<br>鐵、其他基本金<br>屬、其他基本金屬 |  | 37517 | 無                    |  | 12 | 土<br>壤、<br>地下<br>水 |
| 47 | 列管 | 木竹製品製造業  |       | 竹木盤碗、竹木器<br>及各種鐵造機器零           |  | 1785  | 無                    |  | 7  | 土壤                 |

|    |    |  |       | 件                                   |                          |       |              |             |   |     |
|----|----|--|-------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--------------|-------------|---|-----|
| 48 | 列管 | 金屬製品製造業  | 鎳、鉻電鍍 | 金屬加工處理                              |                          | 10692 | 無            |             | 7 | 土壤  |
| 49 | 列管 | 化學原材料、肥料、氮化合物、塑膠原料及人造纖維製造業、其他化學製品製造業、石油及煤製品製造業 |       | 未分類其他化學製品、塑膠及合成橡膠原料、塗料、染料及顏料、石油及煤製品 |                          | 13668 | 無            |             | 5 | 土壤  |
| 50 | 列管 | 化學原物料、化學藥品之買賣業及廢酸回收處理業                         |       | 無                                   | 1,2-二氯乙烷、鉻、鎳、鋅           | 27191 | 粘板岩及砂頁岩混合沖積土 |             | 0 | 無   |
| 51 | 列管 | 紡織業、塑膠製品製造業                                    |       | 紡紗、織布、染整、塑膠製品                       | 四氯乙烯、順-1,2-二氯乙烯、三氯乙烯、氯乙炔 | 31478 | 粘板岩及砂頁岩混合沖積土 | 存放四氯乙烯空桶間   | 4 | 地下水 |
| 52 | 列管 | 基本金屬製造業  |       | 銅、其他基本金屬                            | 總石油碳氫化合物、銅               | 1040  | 粘板岩老沖積土      |             | 3 | 土壤  |
| 53 | 列管 | 金屬製品製造業  |       | 其他金屬製品、金屬加工處理                       | 銅、鎳                      | 1107  | 粘板岩及砂頁岩混合沖積土 | 主要製程區、廢水處理區 | 5 | 土壤  |
| 54 | 列管 | 金屬製品製造業  |       | 金屬加工處理、其他金屬製品                       | 銅、鉻、鎳                    | 251   | 粘板岩及砂頁岩混合沖積土 | 原水槽、集水井區    | 4 | 土壤  |

|    |    |                        |        |               |                |       |              |            |    |     |
|----|----|------------------------|--------|---------------|----------------|-------|--------------|------------|----|-----|
| 55 | 列管 | 金屬製品製造業                |        | 金屬加工處理、其他金屬製品 | 銅              | 544   |              | 前處理區、污泥脫水機 | 7  | 土壤  |
| 56 | 列管 | 化學原物料、化學藥品之買賣業、廢酸回收處理業 |        |               | 銅、鉻、鉛、鋅、鎳、鎘    | 845   | 粘板岩及砂頁岩混合沖積土 |            | 6  | 土壤  |
| 57 | 列管 | 其他運輸工具及其零件製造業          |        | 自行車及其零件       | 銅              | 892   | 粘板岩老沖積土      |            | 3  | 土壤  |
| 58 | 列管 | 家具製造業                  |        | 金屬家具          | 鉻、鎳            | 2680  | 粘板岩老沖積土      |            | 3  | 土壤  |
| 59 | 列管 | 金屬製品製造業                |        | 金屬加工處理        | 銅、鉻、鋅          | 741   | 無            |            | 5  | 土壤  |
| 60 | 列管 | 建材/家具零售業               |        | 無             | 總石油碳氫化合物       | 1191  | 粘板岩老沖積土      |            | 2  | 土壤  |
| 61 | 列管 | 金屬製品製造業                |        | 金屬加工處理        | 銅、鎳            | 732   | 粘板岩及砂頁岩混合沖積土 |            | 12 | 土壤  |
| 62 | 列管 | 化學原物料、化學藥品之買賣業及廢酸回收處理業 |        | 無             | 1,2-二氯乙烷、鉻、鎳、鋅 | 27191 | 粘板岩及砂頁岩混合沖積土 | 本廠洩漏       | 18 | 地下水 |
| 63 | 列管 | 金屬製品製造業                |        | 金屬加工處理        | 銅、鎳、鉻          | 2370  | 粘板岩及砂頁岩混合沖積土 | 本廠洩漏       | 5  | 土壤  |
| 64 | 列管 | 金屬製品製造業                |        | 金屬加工處理        | 鎳、鉻            | 3206  | 粘板岩新沖積土      | 本廠洩漏       | 10 | 土壤  |
| 65 | 列管 | 金屬製品製造業                | 五金零件金屬 | 金屬加工處理、       | 鉻、銅、           | 245   | 粘板岩及         | 原廠區內之製     | 6  | 土壤  |



|    |    |                     | 電鍍製程                      | 其他金屬製品            | 鉛、鋅   |         | 砂頁岩混<br>合沖積土 | 程區及污泥貯<br>存區 |    |    |
|----|----|---------------------|---------------------------|-------------------|---|---------|--------------|--------------|----|----|
| 66 | 列管 | 橡膠製品製造業、<br>塑膠製品製造業 | 再製橡膠、再<br>製塑膠之原料<br>製造及加工 | 橡膠製品、塑膠製<br>品     | 該工廠之主<br>要污染源為<br>當初建廠<br>時，所填入<br>含有爐石之<br>填料，污染<br>物為鋅。 | 6009    | 無            |              | 4  | 土壤 |
| 67 | 列管 | 塑膠製品製造業、<br>金屬製品製造業 |                           | 塑膠製品、金屬加<br>工處理   | 銅、鎳及鉛   | 736.56  | 粘板岩新<br>沖積土  | 污染物洩漏        | 4  | 土壤 |
| 68 | 列管 | 金屬製品製造業             |                           | 金屬加工處理            | 銅、鎳及鉻   | 1841.14 | 粘板岩老<br>沖積土  | 廢水洩漏         | 2  | 土壤 |
| 69 | 列管 | 金屬製品製造業             | 五金電鍍加工                    | 金屬加工處理、<br>其他金屬製品 | 鋅及銅   | 500     | 粘板岩老<br>沖積土  | 廢水洩漏         | 2  | 土壤 |
| 70 | 列管 | 金屬表面處理業             | 各種小五金零<br>件之表面電鍍<br>處理    | 金屬加工處理            | 鎳及總石油<br>碳氫化合物  | 2913    | 粘板岩老<br>沖積土  | 營運時洩漏        | 10 | 土壤 |
| 71 | 列管 | 金屬製品製造業             | 五金電鍍加工                    | 金屬加工處理            | 鎳及銅   | 945     | 粘板岩老<br>沖積土  | 廢水洩漏         | 3  | 土壤 |
| 72 | 列管 | 金屬表面處理業             | 五金電鍍加工                    | 金屬加工處理、<br>其他金屬製品 | 鉻、銅及鋅   | 2098    | 無            | 製程洩漏         | 4  | 土壤 |
| 73 | 列管 | 金屬製品製造業             |                           | 金屬加工處理            |   | 1943.8  | 粘板岩及<br>砂頁岩混 | 製程洩漏         | 3  | 土壤 |

|    |    |                     |        |                              |             |         |                      |                                  |   |    |
|----|----|---------------------|--------|------------------------------|-------------|---------|----------------------|----------------------------------|---|----|
|    |    |                     |        |                              |             |         | 合沖積土                 |                                  |   |    |
| 74 | 列管 | 金屬製品製造業、<br>其他製造業   |        | 金屬加工處理、未<br>分類其他製品           | 銅、鉻、鎳       | 1983    | 粘板岩老<br>沖積土          | 作業區、成品<br>區及廢水處理<br>區周圍污染物<br>滲出 | 6 | 土壤 |
| 75 | 列管 | 金屬製品製造業             | 金屬電鍍程序 | 金屬加工處理                       | 銅、鉻         | 431.41  | 粘板岩及<br>砂頁岩混<br>合沖積土 | 廠房電鍍作業<br>設備區及滾銅<br>區滲出          | 2 | 土壤 |
| 76 | 列管 | 金屬製品製造業             | 熱浸鋅程序  | 金屬加工處理、其<br>他金屬製品            | 鋅           | 6648    | 粘板岩新<br>沖積土          | 熱浸鋅作業區<br>滲出                     | 7 | 土壤 |
| 77 | 列管 | 有機溶劑儲存與處<br>理業      |        | 無                            | 甲苯及乙苯       | 900     | 無                    | 鄰近廢液排放<br>土坑區                    | 3 | 土壤 |
| 78 | 列管 | 化學製品製造業             |        | 塗料、染料及顏料                     | 總酚、三氯<br>乙烯 | 1773    | 粘板岩老<br>沖積土          |                                  | 6 | 土壤 |
| 79 | 列管 | 金屬製品製造業、<br>機械設備製造業 |        | 金屬加工處理、<br>其他金屬製品、通<br>用機械設備 | 鋅、鉻、<br>鎳、銅 | 1201.1  | 粘板岩及<br>砂頁岩混<br>合沖積土 | 電鍍作業廢水<br>未妥善收集                  | 4 | 土壤 |
| 80 | 列管 | 金屬製品製造業             |        | 金屬加工處理、其<br>他金屬製品            | 鎳           | 1301.57 | 粘板岩及<br>砂頁岩混<br>合沖積土 | 廢水處理區                            | 3 | 土壤 |
| 81 | 列管 | 金屬表面處理業             |        | 金屬加工處理                       | 鋅、銅         | 1650    | 粘板岩及<br>砂頁岩混<br>合沖積土 |                                  | 2 | 土壤 |
| 82 | 列管 | 金屬製品製造業             | 金屬電鍍程序 | 金屬加工處理                       | 銅、鉻、        | 221     | 粘板岩及                 | 污泥儲存槽、                           | 3 | 土壤 |

|    |    |         |        |                    |     |         |              |                      |    |    |
|----|----|---------|--------|--------------------|-----|---------|--------------|----------------------|----|----|
|    |    |         |        |                    | 鋅、鎳 |         | 砂頁岩混合沖積土     | 廢水原水槽、主要製程區、前處理區、放流口 |    |    |
| 83 | 列管 | 金屬製品製造業 |        | 金屬加工處理             | 銅   | 1350    | 無            | 原廢水貯槽區               | 8  | 土壤 |
| 84 | 列管 | 金屬製品製造業 |        | 金屬加工處理             | 鉛、鎳 | 3111    | 粘板岩老沖積土      | 電著塗裝區、原水槽            | 11 | 土壤 |
| 85 | 列管 | 金屬製品製造業 |        | 金屬加工處理、其他金屬製品      | 銅、鎳 | 280     | 粘板岩及砂頁岩混合沖積土 |                      | 6  | 土壤 |
| 86 | 列管 | 金屬製品製造業 |        | 金屬加工處理             | 銅   | 865     | 粘板岩老沖積土      |                      | 3  | 土壤 |
| 87 | 列管 | 金屬製品製造業 |        | 金屬加工處理             | 銅、鋅 | 1361    | 無            |                      | 4  | 土壤 |
| 88 | 列管 | 金屬製品製造業 |        | 金屬刀具、手工具及模具、其他金屬製品 | 鉻、鎳 | 6578.17 | 無            |                      | 6  | 土壤 |
| 89 | 列管 | 金屬製品製造業 | 金屬電鍍程序 | 金屬加工處理             | 鎳、銅 | 1753    | 雜地           | 製程區                  | 6  | 土壤 |
| 90 | 列管 | 金屬製品製造業 |        | 金屬加工處理             | 鉻、鋅 | 540     | 無            | 原廢水貯槽區、污泥暫存區、製程區     | 4  | 土壤 |
| 91 | 列管 | 金屬製品製造業 |        | 金屬加工處理             | 鎳、銅 | 1321.56 | 粘板岩老沖積土      |                      | 5  | 土壤 |

附件二 決策樹變數分類總表

| 項目 | 列管狀態   | 產業類別   | 主要製程   | 主要產品   | 廠房總面積  | 場址土質   | 設置點位   | 鎘(Cd)  | 鉻(Cr)  | 銅(Cu) | 鎳(Ni)  | 鉛(Pb)  | 鋅(Zn)  | 總石油碳氫化合物(TPH) |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|---------------|
| 37 | -0.656 | 1.231  | 0.608  | -0.401 | 1.195  | -0.023 | -0.167 | 1.527  | -0.189 | 0.000 | -0.357 | 6.000  | 5.610  | -0.167        |
| 39 | -0.656 | 1.539  | 0.608  | -0.379 | -0.413 | -1.762 | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | 0.766  | -0.167        |
| 16 | 1.416  | -0.154 | 1.953  | -0.234 | -0.413 | -0.458 | -0.167 | 0.945  | -0.341 | 0.000 | 0.335  | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 38 | 2.600  | 1.385  | 2.961  | 0.075  | -1.217 | -0.893 | -0.167 | -0.346 | 0.628  | 0.000 | -0.009 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 8  | 1.120  | -1.077 | 0.945  | -0.314 | -1.217 | 1.715  | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 5  | -0.656 | -1.539 | 0.608  | -0.381 | -0.413 | -0.458 | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 35 | -0.656 | 0.923  | 0.608  | -0.393 | 1.195  | -0.893 | -0.167 | -0.346 | 0.349  | 0.000 | 0.148  | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 7  | 1.120  | -1.077 | 0.945  | -0.173 | -0.413 | -0.023 | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.183 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 12 | 2.600  | -0.770 | 1.281  | -0.383 | 1.195  | 1.715  | -0.167 | -0.346 | -0.277 | 0.000 | 0.049  | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 6  | 1.120  | -1.077 | 0.945  | 0.174  | -0.413 | -0.458 | -0.167 | -0.346 | 1.733  | 0.000 | 0.198  | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 19 | 1.120  | -1.077 | 0.945  | 3.718  | 1.195  | 0.846  | -0.167 | 0.095  | 3.231  | 0.000 | 1.793  | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 9  | 1.120  | -1.077 | 0.945  | -0.314 | -0.413 | -0.023 | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 25 | -0.656 | 0.616  | -0.736 | -0.129 | 1.195  | 1.715  | 6.000  | -0.178 | -0.644 | 0.000 | -0.259 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 28 | -0.656 | 0.770  | -0.736 | -0.402 | 1.195  | -1.327 | -0.167 | -0.101 | -0.276 | 0.000 | -0.259 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 11 | -0.656 | -0.923 | -0.736 | -0.058 | 0.391  | -1.762 | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.051 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 31 | -0.656 | 0.923  | -0.736 | -0.417 | -1.217 | -0.893 | -0.167 | 0.044  | -0.736 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | 1.038  | -0.167        |
| 29 | -0.656 | 0.770  | -0.736 | -0.369 | -1.217 | -0.893 | -0.167 | 5.454  | -0.167 | 0.000 | 0.285  | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 20 | 2.008  | 0.000  | 2.289  | 3.718  | -1.217 | -0.458 | -0.167 | -0.346 | -0.143 | 0.000 | 0.222  | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 2  | 0.528  | -1.385 | -0.064 | -0.359 | -1.217 | -0.893 | -0.167 | -0.346 | 1.937  | 0.000 | -0.357 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 41 | -0.656 | 1.539  | -0.736 | -0.343 | -0.413 | -1.327 | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 18 | -0.656 | -0.154 | -0.736 | -0.400 | 1.195  | -0.023 | -0.167 | -0.346 | 1.363  | 0.000 | 5.516  | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 15 | -0.360 | -0.308 | -0.736 | -0.386 | 1.195  | -0.023 | -0.167 | -0.346 | -0.268 | 0.000 | 0.149  | -0.167 | -0.166 | -0.167        |
| 22 | -0.656 | 0.308  | -0.736 | -0.409 | 1.195  | -0.458 | -0.167 | -0.346 | 0.644  | 0.000 | -0.357 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 13 | -0.656 | -0.616 | -0.736 | -0.351 | 1.195  | 1.715  | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 17 | -0.656 | -0.154 | -0.736 | 0.722  | -0.413 | 0.411  | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | 0.287  | -0.167        |
| 32 | -0.656 | 0.923  | -0.736 | -0.402 | -1.217 | 0.411  | -0.167 | -0.346 | -0.440 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | 0.746  | -0.167        |
| 14 | -0.656 | -0.462 | -0.736 | -0.315 | -0.413 | 2.150  | -0.167 | -0.188 | 1.625  | 0.000 | -0.357 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 34 | -0.656 | 0.923  | -0.736 | -0.400 | -0.413 | -0.023 | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | 0.212  | -0.167        |
| 1  | 0.232  | -1.539 | -0.400 | -0.341 | -0.413 | -0.893 | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 26 | -0.656 | 0.616  | -0.736 | -0.407 | 1.195  | -0.023 | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | -0.333 | -0.167        |
| 33 | -0.656 | 0.923  | -0.736 | -0.411 | 1.195  | 0.411  | -0.167 | 0.403  | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | 0.395  | -0.167        |

以人工智慧建立案例推論技術-污染場址辨識技術與整治工法篩選

|    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |        |        |        |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 24 | -0.656 | 0.616  | -0.736 | -0.400 | 1.195  | -0.023 | -0.167 | 0.184  | 1.592  | 0.000 | -0.357 | -0.167 | 0.009  | -0.167 |
| 23 | -0.656 | 0.462  | -0.736 | -0.411 | -1.217 | -0.023 | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | -0.333 | -0.167 |
| 21 | -0.656 | 0.154  | -0.736 | -0.380 | 1.195  | -0.023 | -0.167 | 0.799  | -0.644 | 0.000 | 0.014  | -0.167 | 0.087  | -0.167 |
| 40 | -0.360 | 1.693  | -0.736 | -0.180 | -0.413 | 1.715  | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | -0.333 | -0.167 |
| 3  | 0.824  | -1.231 | 0.272  | 2.215  | -1.217 | 0.846  | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | -0.333 | -0.167 |
| 0  | -0.656 | -1.693 | -0.736 | -0.380 | -1.217 | 0.411  | -0.167 | -0.346 | -0.644 | 0.000 | -0.357 | -0.167 | -0.333 | -0.167 |



### 附件三 決策樹 Python 程式碼

本計畫使用 python 程式碼進行決策樹模型的建立，詳細程式碼以附件三所示，所使用的資料表單請參考附件四。並將 Python 程式碼建立在 Anacondat 程式中所提供的 jupyter notebook，而 jupyter notebook 包含兩個組成部分：Web 應用程序和筆記本文檔，可以利用直譯性的特性，達到高度互動的結果，且比其他編譯器更容易呈現數據可視化的執行。

程式碼撰寫共分為資料前處理、案例資料分析、模型的建置與驗證、決策樹可視化、資料精準度驗證。資料前處理包含載入所需要的套件、匯入所需要的資料及觀察資料、資料型態轉換、整理資料與切割資料；案例資料分析包括模型選擇、訓練模型、預測，本計畫使用之模型為 sklearn.tree 模組中的 Decision Tree Classifier 套件，訓練模型與預測模型建立則是使用 sklearn.tree 內建的模組並進行建立；決策樹可視化則是利用 pydotplus 模組中 sklearn.externals.six，並由 StringIO 中的 sklearn.tree 在向下細分的 export\_graphviz 套件進行可視化的建置；資料精準度驗證使用可視化的模組，建立訓練集與測試集資料可視化的圖檔，而精準度是使用混淆矩陣模型來驗證模型。

|   |
|---|
| Decision Tree Classifie   |
| <b>載入所需要套件</b>  |
| <pre>import pandas as pd import numpy as np import matplotlib.pyplot as plt from sklearn.model_selection import GridSearchCV from sklearn.metrics import accuracy_score from sklearn.metrics import roc_auc_score</pre> |
| <b>匯入所需要的資料及觀察資料</b>  |
| <pre>data = pd.read_csv('土基會案例資料.csv') data.dtypes data=data.drop(['Unnamed: 0'],axis =1) #去除第一行 print(data)</pre>  |



以人工智慧建立案例推論技術-污染場址辨識技術與整治工法篩選

**資料型態轉換：**將類別變數重新定義資料型態，將原本是數值轉換成字串。

[A1]：廠址列管狀態、[A2]：產業類別、[A3]：主要製程、[A4]：主要產品、[A6]：廠房總面積(m2)、[A7]：廠址土質等等數值轉換成字串進行利用。

```
data['A1'] = data['A1'].astype(str)
```

```
data['A2'] = data['A2'].astype(str)
```

```
data['A3'] = data['A3'].astype(str)
```

```
data['A4'] = data['A4'].astype(str)
```

```
data['A5'] = data['A5'].astype(str)
```

```
data['A6'] = data['A6'].astype(str)
```

```
data['A7'] = data['A7'].astype(str)
```

**整理資料：**將資料成模式可以用與切割資料成 90%資料用來訓練(成 train\_size=0.9)、10%資料用來測試。

```
X = data.drop('A1', axis=1)#資料形態轉換
```

```
y = data.A1
```

```
from sklearn.model_selection import train_test_split
```

```
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, random_state=0, train_size=0.9)
```

```
columns = X_train.columns
```

**歸一化：**將資料整理成一樣的區的數值，進而方便數值與模式的利用。StandardScaler 代表要去均值和方差歸一化

fit\_transform 則是在 Fit 的基礎上，進行標準化、降維、歸一化等操作

```
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
```

```
ss_X = StandardScaler()
```

```
ss_y = StandardScaler()
```

```
X_train = ss_X.fit_transform(X_train)
```

```
X_test = ss_X.transform(X_test)
```

**決策樹分析：**模型選擇、訓練模型、預測模型

model\_tree.fit:指的是利用 X\_train, y\_train 等 X 軸、Y 軸的形態建立決策樹

```
from sklearn.tree import DecisionTreeClassifier
```

```
model_tree = DecisionTreeClassifier()
```

```
model_tree.fit(X_train, y_train)
```



**訓練、測試資料預測**

利用 X\_train 訓練集進行預測預測，X\_test 測試集進行測試預測

```
y_pred_train = model_tree.predict(X_train)
```

```
y_pred_test = model_tree.predict(X_test)
```

```
from sklearn import metrics
```

```
import seaborn as sns
```

**決策樹可視化：繪決策樹**

```
import pydotplus
```

```
from sklearn.externals.six import StringIO
```

```
from sklearn.tree import export_graphviz
```

```
dot_data = StringIO()
```

```
export_graphviz(
```

```
    model_tree,
```

```
    out_file=dot_data,
```

```
    class_names=['0','1'],
```

```
    feature_names=X.columns,
```

```
    filled=True,rounded=True,special_characters=True
```

```
)
```

```
graph = pydotplus.graph_from_dot_data(dot_data.getvalue())
```

```
graph.write_png('DT1.png')
```

**資料準確度：訓練集資料**

利用 metrics.confusion\_matrix 進行混淆矩陣的建立與可視化，資料來源使用 y\_train, y\_pred\_train，矩陣展示則是利用 0,1 等來進行可視化。。

```
print('train evaluation-----')
```

```
print('accuracy:%.2f'%metrics.accuracy_score(y_train, y_pred_train))
```

```
confusion_matrix = metrics.confusion_matrix(y_train, y_pred_train)
```

```
print(confusion_matrix)
```

```
cm =pd.DataFrame(confusion_matrix , index = ['0', '1'], columns = ['0', '1'])
```

```
sns.heatmap(cm, annot = True)
```

**資料準確度：測試集資料**



以人工智慧建立案例推論技術-污染場址辨識技術與整治工法篩選

利用 `metrics.confusion_matrix` 進行混淆矩陣的建立與可視化，資料來源使用 `y_train`, `y_pred_train`，矩陣展示則是利用 0,1 等來進行可視化。。

```
print('test evaluation-----')  
print('accuracy:%.2f'%metrics.accuracy_score(y_test, y_pred_test))  
confusion_matrix = metrics.confusion_matrix(y_test, y_pred_test)  
print(confusion_matrix)  
cm =pd.DataFrame(confusion_matrix , index = ['0', '1'], columns = ['0', '1'])  
sns.heatmap(cm, annot = True)
```

附件四 決策樹使用檔案（土基會案例資料.csv）

| 項目 | 列管<br>狀態 | 產業<br>類別 | 主要<br>製程 | 主要<br>產品 | 廠房<br>總面積 | 場址<br>土質 | 設置<br>點位 | 鎘<br>(Cd) | 鉻<br>(Cr) | 銅<br>(Cu) | 鎳<br>(Ni) | 鉛<br>(Pb) | 鋅<br>(Zn) | 總石油碳<br>氫化合物<br>(TPH) |
|----|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|
| 1  | 0        | 1        | 1        | 1        | 496       | 1        | 7        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0                     |
| 2  | 0        | 4        | 2        | 2        | 965       | 2        | 4        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0                     |
| 3  | 0        | 5        | 3        | 3        | 747.77    | 1        | 4        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0                     |
| 4  | 0        | 6        | 4        | 4        | 31926.67  | 1        | 8        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0                     |
| 5  | 0        | 1        | 2        | 1        | 2430      | 2        | 5        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0                     |
| 6  | 0        | 1        | 2        | 5        | 483       | 2        | 5        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0                     |
| 7  | 0        | 7        | 5        | 6        | 7200      | 2        | 5        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0                     |
| 8  | 0        | 7        | 5        | 6        | 3000      | 2        | 6        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0                     |
| 9  | 0        | 7        | 5        | 6        | 1290      | 1        | 10       | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0                     |
| 10 | 0        | 7        | 5        | 6        | 1290      | 2        | 6        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0                     |
| 11 | 0        | 7        | 5        | 6        | 747       | 2        | 8        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0                     |
| 12 | 0        | 1        | 6        | 1        | 4389      | 3        | 2        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0                     |
| 13 | 0        | 12       | 7        | 7        | 462       | 4        | 10       | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0                     |
| 14 | 0        | 1        | 8        | 1        | 843       | 4        | 10       | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0                     |
| 15 | 1        | 1        | 9        | 1        | 1283      | 2        | 11       | 0         | 316       | 1350      | 1237      | 0         | 0         | 0                     |
| 16 | 1        | 2        | 10       | 1        | 424       | 4        | 6        | 0         | 0         | 1752      | 0         | 0         | 521       | 0                     |
| 17 | 1        | 8        | 11       | 9        | 2264      | 2        | 5        | 0         | 2582      | 1730      | 853       | 0         | 0         | 0                     |
| 18 | 1        | 1        | 11       | 1        | 13840     | 2        | 7        | 0         | 0         | 278       | 0         | 0         | 1940      | 0                     |
| 19 | 1        | 1        | 11       | 1        | 249       | 4        | 6        | 0         | 0         | 512       | 1240      | 0         | 0         | 0                     |
| 20 | 1        | 7        | 5        | 6        | 50136.93  | 4        | 8        | 0         | 881       | 0         | 0         | 0         | 0         | 0                     |
| 21 | 1        | 10       | 12       | 10       | 50136.93  | 1        | 5        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0                     |
| 22 | 1        | 1        | 13       | 1        | 497       | 4        | 6        | 0         | 2290      | 5270      | 5270      | 0         | 1315      | 4290                  |
| 23 | 1        | 1        | 14       | 1        | 148       | 4        | 5        | 0         | 0         | 412       | 1696      | 0         | 0         | 0                     |
| 24 | 1        | 1        | 15       | 1        | 120       | 1        | 6        | 0         | 0         | 0         | 910       | 0         | 0         | 0                     |
| 25 | 1        | 1        | 16       | 1        | 248       | 4        | 6        | 0         | 1060      | 3233      | 1361      | 0         | 1070      | 0                     |
| 26 | 1        | 1        | 16       | 1        | 3540      | 4        | 10       | 16        | 335       | 0         | 239       | 0         | 0         | 0                     |
| 27 | 1        | 1        | 16       | 1        | 165       | 4        | 6        | 0         | 0         | 500       | 994       | 0         | 0         | 0                     |
| 28 | 1        | 11       | 14       | 11       | 235.15    | 4        | 5        | 0         | 0         | 0         | 680       | 0         | 0         | 0                     |

以人工智慧建立案例推論技術-污染場址辨識技術與整治工法篩選

|    |   |   |    |   |       |   |   |   |       |      |       |   |      |   |
|----|---|---|----|---|-------|---|---|---|-------|------|-------|---|------|---|
| 29 | 1 | 1 | 17 | 1 | 231   | 4 | 3 | 0 | 489   | 501  | 750   | 0 | 0    | 0 |
| 30 | 1 | 1 | 17 | 1 | 624   | 1 | 4 | 0 | 11600 | 681  | 1420  | 0 | 0    | 0 |
| 31 | 1 | 7 | 5  | 6 | 3748  | 1 | 1 | 0 | 1150  | 0    | 0     | 0 | 0    | 0 |
| 32 | 1 | 1 | 18 | 1 | 48    | 1 | 4 | 0 | 779   | 3210 | 1573  | 0 | 4290 | 0 |
| 33 | 1 | 1 | 18 | 1 | 221.2 | 1 | 7 | 0 | 0     | 3086 | 0     | 0 | 3375 | 0 |
| 34 | 1 | 1 | 18 | 1 | 119   | 4 | 7 | 0 | 1497  | 3041 | 0     | 0 | 2277 | 0 |
| 35 | 1 | 1 | 18 | 1 | 254   | 2 | 6 | 0 | 0     | 0    | 0     | 0 | 1705 | 0 |
| 36 | 1 | 1 | 18 | 5 | 333   | 4 | 4 | 0 | 0     | 0    | 425   | 0 | 0    | 0 |
| 37 | 1 | 1 | 19 | 1 | 10692 | 1 | 7 | 0 | 982   | 0    | 15000 | 0 | 0    | 0 |