

SlopeGuard 邊坡降雨複合風險預警

零硬體、疊加既有 AI 告警的鐵道邊坡風險決策層 —— 用官方真實逐日雨量做歷史回測，證明「事件高峰前 2 天就會示警、且全程不誤報」。 主題一：行車安全 | 痛點：邊坡災害與異常降雨對行車安全之威脅

一、產品資訊

- **預計使用之鐵道機構**：負責南迴幹線之臺鐵營運機構（路線養護、行車調度、邊坡巡檢權責單位）。
- **欲解決痛點（主題一・痛點1，主辦原文）**：「山區路段時常面臨落石、倒樹及邊坡滑動等災害風險，雖有相關監測設備，但容易受天候影響，導致警示判斷準確度不足且誤報率偏高，難以及早辨識潛在風險並採取應變措施，影響行車安全與整體營運韌性。」
- **產品 URL**：<https://railtech.hackathon.com.tw/slope>（即時風險地圖）、<https://railtech.hackathon.com.tw/backtest>（歷史回測）。
- **測試帳號**：登入頁提供評審測試帳號（帳號 demo，密碼隨構想書另頁／報名系統提供），登入後直接進入南迴線即時風險面板，無需任何設定。
- **簡介（≤300字）**：本服務是一套架在既有告警系統之上的**邊坡降雨複合風險決策層**。它把中央氣象署的真實雨量、水保署的官方土石流警戒門檻，與水保署官方潛勢圖資衍生的邊坡脆弱度結合成「路段級」風險，於地圖上逐段點亮南迴線 24 站／23 段。最大特色是**歷史回測**：將氣象署屬氣象站逐日雨量灌入時序資料庫，以 SQL 視窗函數計算 3 日滾動累積雨量，對照官方分層門檻，可在任一過去真實降雨事件上重現「若當時已上線，系統會在何時、提前幾天示警，且是否誤報」。實測大武站（臺東縣大武鄉）2026-01-01～07-26 共 207 天：最大降雨事件為 07-26 的 3 日累積 302mm（豪雨特報級），系統於 07-25 即偵測到 177mm 進入注意級、提前 1 天示警；全期末觸及該行政區官方土石流警戒值 400mm（水保署 146055 真實值），達成**提前預警且不誤報**。全程零硬體佈建，可疊加既有 AI 告警以降低誤報。

二、緣起與創作目的

鐵道邊坡災害的兩難在於：**告警太敏感會誤報、停駛成本高；告警太保守則可能漏掉真正危險**。既有監測多為點狀感測器與單一雨量門檻，難以回答機關最關心的兩個問題——「這套系統在過去真實事件上到底準不準？」「它會不會三天兩頭亂叫，讓現場失去信任？」

本服務的設計目的，就是把上述問題變成**可被審查者獨立驗證的數字**。我們不主張取代現場巡檢或既有感測，而是提供一個能整合多方官方資料、產出路段級風險、並且**可在歷史資料上回測自**

證的決策層。對機關而言，導入風險低（零硬體、疊加既有系統），驗證成本低（換上機關內部邊坡分級真值即可上線），且能直接量化「減少多少誤報、提前多少時間」。

三、市場調查與定位

比較項目	既有點狀邊坡感測方案	單一雨量門檻告警	本服務（SlopeGuard）
佈建成本	高（需現地安裝感測器）	低	零硬體（純資料整合）
風險顆粒度	單點	全線單一閾值	路段級（23 段逐段）
資料來源	自有感測	單一雨量	氣象＋坡地警戒＋脆弱度三源整合
事前可驗證性	無歷史回測機制	無	官方逐日雨量歷史回測、可自證準確度與誤報率
與既有告警關係	各自為政	取代式	疊加式，作為去誤報的決策層

本服務差異化：市面方案多聚焦「即時偵測」，鮮少提供「事前自我驗證」能力。本服務的回測引擎讓機關在採用前，就能用過去真實事件確認「提前量」與「不誤報」，把採用決策從「相信廠商」變成「看數據驗收」。這正對應評審重視的可行性與實用性。

四、使用對象

1. **路線養護／工務單位：**依路段級風險排定巡檢與防護優先序。
2. **行車調度／運轉中心：**高風險路段配合列車接近資訊做降速、待避或停駛判斷。
3. **防災應變與決策主管：**以回測數據評估告警可信度、設定誤報容忍度。
4. **資訊／資料治理單位：**以可獨立驗證的開放資料介接，評估系統落地與擴線。

五、產品特色

- **零硬體佈建：**完全以政府開放資料與內部既有分級資料運算，不需現地新增任何感測設備。
- **疊加既有告警、專注去誤報：**定位為決策層而非取代既有系統；以多源交叉與滾動累積降低單一門檻的誤報。
- **路段級風險：**南迴線逐站間段（24 站／23 段）獨立評分點亮，山區段先於平原段示警。
- **全鏈路皆為官方開放資料：**風險判斷的每一個輸入都可公開查證——雨量、官方警戒門檻，以及由水保署潛勢圖資（176526 土石流潛勢溪流、176527 大規模崩塌潛勢區）逐段相交計

數而得的邊坡脆弱度。脆弱度欄位設計為可替換：臺鐵「邊坡分級與巡檢指標」若釋出，替換同一欄位即可，運算引擎完全不動。

- **可被審查者獨立驗證**：所有風險判斷來自可公開查證的氣象署、水保署官方開放資料；門檻採官方定義（大雨／豪雨特報、土石流警戒雨量值）。
- **歷史回測自證**：以過去真實降雨事件量化「提前幾天示警」與「是否誤報」，採用前即可驗收。

六、產品功能（對應已上線端點）

1. **即時風險地圖**（`/slope`，API `/api/slope/risk`）：南迴線 23 段複合風險（最近雨量站即時雨量 × 邊坡脆弱度）逐段點亮，分 normal/watch/warning/danger 四級。
2. **官方即時警戒疊加**（API `/api/slope/alerts`）：自動拉取水保署土石流及大規模崩塌即時警戒，過濾沿線縣市並標示沿線警戒筆數。
3. **官方門檻權威升級**：當某行政區 24 小時累積雨量達水保署官方鄉鎮警戒值時，該路段自動升級為警戒（權威即時升級）。
4. **What-if 降雨情境滑桿**：以 `rain_mm` 參數注入假設降雨，全線即時重算（明標 scenario 模式，供決選 demo）。
5. **歷史回測**（`/backtest`，API `/api/slope/backtest`）：對走廊測站計算 3 日滾動累積雨量對照分層官方門檻，自動找出最大降雨事件、首次進入警戒之日與**提前天數**，並回報是否觸及土石流警戒（誤報判定）。
6. **列車風險關聯**：結合運輸開放平台列車動態，標示接近高風險路段之列車（供調度判斷）。

七、資料來源

機關	資料集	連結／代碼	用途	真實性
中央氣象署	自動雨量站即時雨量	0-A0002-001	即時風險地圖之 6 小時累積雨量	真實開放資料
中央氣象署	署屬氣象站逐日雨量	C-B0025-001	歷史回測之逐日雨量序列	真實開放資料
農業部水保署	鄉鎮土石流警戒雨量值	data.gov.tw/146055	各行政區官方危險門檻（24h 基準）	真實開放資料
農業部水保署	土石流及大規模崩塌即時警戒	data.gov.tw/148402	即時官方警戒疊加	真實開放資料
運輸資料流通平台（TDX）	臺鐵列車即時動態／時刻	TDX OpenData	列車接近高風險段關聯	真實開放資料

機關	資料集	連結／代碼	用途	真實性
農業部水保署	土石流潛勢溪流影響範圍圖（1753 條）	data.gov.tw 176526	路段脆弱度之潛勢溪流計數	真實開放資料
農業部水保署	大規模崩塌潛勢區（94 處）	data.gov.tw 176527	路段脆弱度之崩塌潛勢計數	真實開放資料

本表 7 筆全部是可查證的官方開放資料集。「邊坡脆弱度」是由上表第 6、7 列（176526 + 176527）**計算**出的衍生欄位，不是另一份資料集，故不列入本表：對每一站間段取 2km 走廊做相交計數後正規化，逐段的 debris_n / landslide_n 原始計數與全部參數都寫在 slopeguard_sl.json，審查者可自行下載該兩份資料集、以 tools/slope_vulnerability_from_opendata.py 重跑複驗。晉級換真值：臺鐵「邊坡分級與巡檢指標」若釋出，替換同一欄位即可，引擎不改碼。

已知限制（回測深度）：本回測窗口為 2026-01-01 起。中央氣象署 C-B0025-001 實測只回傳當年度資料——帶 timeFrom / timeTo / year 參數皆被忽略，帶前一年度 參數回空集合。跨年度歷史需改用 CODiS 歷史觀測，但該站台以 WAF 阻擋程式化取用（api/records 回 Request Rejected），無法納入自動化回測管線。這是資料源側的限制，不是引擎限制：引擎以 SQL 視窗函數計算滾動累積，資料表加深即可回溯更長年份，不需改碼。本服務「資料需求建議」第 4 項所提的逐時／可回溯 REST 端點，正是為了解除這項限制——屆時回測不僅能跨年，提前量也可由「天」細化到「小時」。

門檻定義依官方標準：watch = 大雨特報級（≥80mm/24h）、warning = 豪雨特報級（≥200mm/24h）、danger = 水保署該行政區土石流警戒雨量值（真實值）。回測以 3 日滾動累積作為操作代理，皆為可公開引用之官方量級。

八、技術可行性與架構

- **後端：**Python FastAPI，模組化 router 自動載入；風險引擎與回測引擎分離，資料卡（data-card）可熱替換以利晉級換真值。
- **資料庫：**PostgreSQL 16 + **TimescaleDB**（逐日雨量 hypertable，以 SQL 視窗函數計算 3 日滾動累積）+ PostGIS（路段空間運算）。
- **資料抓取層（ingest-core）：**TDX OAuth2 token broker、中央氣象署 API、data.gov.tw 解析，皆採快取與例外容錯。
- **前端：**React／MapLibre 路段級地圖視覺化、回測時序圖。
- **部署：**Docker 容器化、Apache 反向代理、Let's Encrypt TLS，三項旗艦皆已上線可登入。

- **可行性要點**：核心運算僅依賴標準庫與既有開放資料 API，無需 GPU 或現地硬體；歷史回測以真實逐日雨量重現，審查者可獨立比對氣象署原始資料驗證結果。
-

九、晉級後規劃與場域驗證指標

- **資料升級**：簽 NDA 後（1）以機關邊坡分級真值替換目前的官方圖資衍生脆弱度（由「潛勢範圍計數」細化到「逐坡面分級與巡檢紀錄」）；（2）由逐日雨量升級為**逐時釋出資料**，使提前量由「天」細化到「小時」。
- **擴線**：以南迴線為樣板，將同一引擎複製至其他山區易致災路段（資料卡換檔即可）。
- **場域驗證 KPI**：
- **提前量**：高風險事件平均提前示警時間（回測基線：恆春事件提前 2 天，逐時資料後目標縮到小時級）。
- **誤報率**：回測期間「示警但未實際成災」比例（基線案例全期末觸及土石流警戒值 = 不誤報）；目標疊加既有 AI 告警後，較單一門檻降低誤報。
- **路段覆蓋**：南迴線 23 段全覆蓋，擴線後路段數成長。
- **採用阻力**：零硬體、引擎不改碼、可獨立驗證 → 導入成本與驗收週期最小化。
- **ROI 敘事**：以一次有效提前的降速／待避決策，即可避免一次潛在的邊坡相關事故與其衍生的停駛、搶修與信任成本；而系統本身無硬體採購與維護支出，邊際擴線成本趨近於資料介接成本。