

鐵道自行車物聯網監測系統

Railway Bicycle IoT Monitoring System

指導教授：韓欽銓

學生：李品萱 于小斐 陳麒然 劉易諺

國立聯合大學 資訊工程學系

苗栗市南勢里聯大 2 號

{cchan, U0924003, U0924022, U0924038, U0924053}@nuu.edu.tw

摘要

舊山線鐵道於 1908 年建成，1998 年結束服務。苗栗縣政府提出了一個「Railbike 軌道自行車計畫」計畫，該計畫與挪威、德國和韓國等動態文化保護的努力一致[1]。人們騎著自行車在鐵路上行駛，欣賞當地的自然風光，享受在舊山線鐵道上騎行的樂趣。然而，由於乘客在騎行旅遊中的疏忽，有時會忘記與前自行車保持適當的距離。

本研究藉由設計一個及時的影像辨識監測系統，期望實現在潛在的危險發生前，能透過提醒駕駛人，讓其專注於前方的鐵道狀況，防止其與前車發生追撞，或是因疏忽而忽略了穿越鐵道的遊客，並且我們在車廂中加裝了 GPS 訊號接收器，使工作人員能透過系統了解到每輛自行車的即時位置，當有意外發生時能更加快速的抵達事故地點。我們希望能降低所有遊客財產與人身損傷的風險，以實現一個安全且完善的旅遊環境。

關鍵詞：自行車、舊山線鐵路、防撞、影像辨識、即時監測系統、GPS。

Abstract

Old Mountain Railway was completed back in 1908 and out of service in 1998. The Miaoli County Government has proposed a “Rail N Bike” project which is consistent with the same efforts for dynamic culture

conservation like Norway, Germany and South Korea[1]. People drive the bikes on the railway to appreciate the local natural scenery and enjoy the fun of riding on the Old Mountain Railway.

However, passengers sometime forget to keep a proper distance from the front bike due to their negligence during the riding tourism.

This study aims to design a real-time image recognition monitoring system, hoping to prevent potential dangers by alerting drivers to focus on the railway conditions ahead, avoiding rear-end collisions with the preceding vehicle, or overlooking tourists crossing the railway tracks due to negligence. We have also installed GPS signal receivers in the carriages, allowing staff to understand the real-time location of each bicycle, so they can reach the accident site more quickly in the event of an emergency. Our goal is to reduce the risk of property damage and personal injury to all visitors, achieving a safe and well-maintained travel environment.

Keywords: Bicycles, Old Mountain Railway, Car collision preventing, Real-time monitoring system, GPS.

一、前言

鐵道自行車在三義勝興車站自 2019 年正式啟用以來，已吸引超過百萬人次的搭乘。隨著觀光人口持續增加，我們意識到可

能產生的一些挑戰。其中一個主要問題是，一些遊客在搭乘過程中可能因太過欣賞周遭的自然美景而分心，疏忽了前方的鐵道狀況，這可能對乘車人員、其他遊客以及鐵道自行車站點的工作人員造成潛在的安全問題，甚至危及生命和財產安全。

為了解決這個問題，我們開發了一套物聯網監測系統，專為鐵道自行車而設。在這套系統中，後車上的相機能夠即時捕捉前方的影像，並將這些影像傳送至本地端進行即時處理。透過這項技術，我們得以實時監測鐵道自行車之間的距離與鐵道上可能發生的危險，並即時的發出警告，提醒駕駛人須專注於前方鐵路狀況。此外我們也在自行車箱中加裝了 GPS 訊號接收器，

這套系統不僅提升鐵道自行車的安全性，也有助於提升整體使用體驗。遊客能夠更加安心地欣賞沿途的美景，而無需擔心可能發生的危險狀況。同時，這項技術也為工作人員提供了更有效的管理手段，使他們能夠更迅速地應對潛在的安全風險。

二、系統架構與內容

系統架構如圖 1 所示，使用 Django 建立好後端的環境，並使用 SQLite 作為資料庫本體，存放影片及 GPS 定位資訊。首先，透過 Raspberry PI 開始執行影片錄製以及 GPS 定位，取得的原始資料包含時間、經度、緯度及速度，當資料庫接收到影片之後，透過 Django 後端的部分取得影片，並控制 python 執行影像辨識，即開始偵測危險(距離過近或有障礙物)，功能包含了與前車的距離測量和鐵軌附近是否有障礙物出現。並將結果回傳至 SQLite 資料庫中儲存，並將結果呈現在使用者介面中。最後，我們可以透過使用者介面查看的即時處理的畫面。

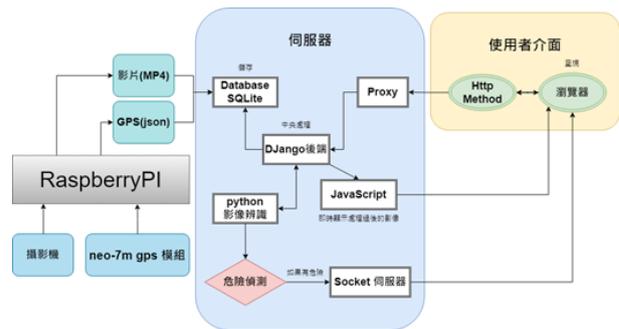


圖 1 功能架構圖

(一) 距離量測

首先從安裝在自行車前部的網路攝影機捕捉影像，如圖 2。



圖 2 原始影像

其次，進行影像處理方法以檢測尾燈和前方自行車的區域。將影像轉換為 HSV 色彩空間，並增加 SV 通道的數值，使紅色車體更清晰，如圖 3 所示。



圖 3 提升 SV 通道的數值後影像

增強後，即可輕鬆指定紅色車身的感興趣區域 (ROI)。所選擇的 ROI 經過模糊

處理並二值化，如圖 4。



圖 4 ROI 二值化後影像

以檢測使用霍夫轉換的圓。霍夫變換在參數空間而非影像空間中進行操作。在影像空間中屬於指定形狀的點在參數空間中生成唯一的參數表示。在參數空間中找到的前兩個高峰值表示找到了兩個圓（即前車尾燈）。因此，計算檢測到的兩個圓（即前車尾燈）的寬度，如圖 5 所示。



圖 5 檢測出的兩顆車燈

接著，使用尾燈的寬度（影像上的像素）和實際距離的類似三角法計算距離。使用距離測量模組在靜止狀態下測量兩輛自行車之間的實際距離。從實際距離中，使用類似三角法獲得兩尾燈寬度（檢測到的兩圓之間的像素）和實際距離之間的關係。因此能計算前方自行車的距離，如圖 6。如果距離太近，蜂鳴器應該發出聲音提醒乘客減速，保持與前方自行車的安全距離。



圖 6 與前車之實際距離結果圖

在影片中，有一段經過隧道的畫面。由於隧道內的光源僅來自前方車輛的後車燈和特定的投影光源，隧道內整體較暗，這導致前方車輛的後車燈曝光過高，使得難以看清前方的車輛。為了解決這個影像辨識的問題，我們的系統採取了調整相機曝光度的方法。經過曝光度校正後的影像能夠有效分辨出兩顆後車燈，如圖 7。這項校正可以提高隧道內影像的可視性，確保系統能夠正確辨識前方車輛的位置。



圖 7 校正曝光後之隧道內影像

(二) 鐵道與人物的距離檢測

首先由於影像中鐵道位置大致固定不會出現過於嚴重的偏差，所以將影像中不可能出現鐵道的位置做裁切，僅保留可能出現鐵道線的位置，以減少可能影響判斷的因素。接下來選擇使用概率霍夫轉換作為找出鐵道線的方法，而非使用較為基本的霍夫轉換，其主要原因是使用霍夫轉換

時所求到的資料是直線方向，所以沒辦法僅取得鐵道線的部分，而使用概率霍夫轉換時相對的可能會出現未能每幀影像都能判斷到兩條的鐵道線，因此透過對先前所找到的鐵道線進行保留的方法確保每幀的影像都能有判斷的標準，但是為了避免先前的鐵道線與當下的鐵道線發生嚴重的偏差，所以會將就已保存的鐵道線與新偵測到鐵道線進行比較，透過對斜率與 X 軸位移的數值決定是否需要更新鐵道線，流程如圖 8 所示，最後將所找到的鐵道線顯示於畫面中。

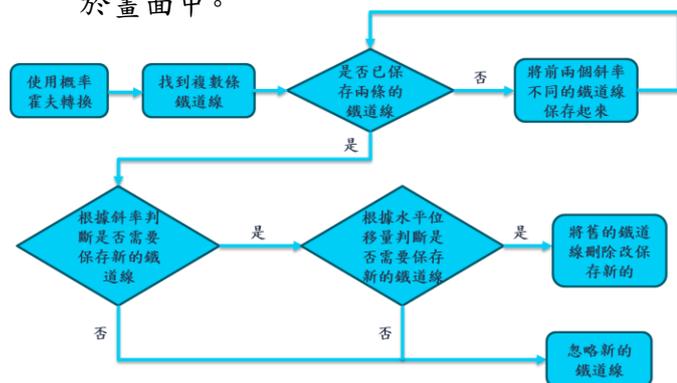


圖 8 是否更新被保存鐵道線的流程圖

第二步人物模型的訓練是使用 YOLO v7 作為訓練的模型，然後是使用 Label-Img 軟體作為影像標註的工具，而訓練模型時使用了 400 張的影像作為訓練資料，其中包含大人與小孩，此外為了避免因人種膚色不同，而影響實際安全性的疑慮，所以將訓練資料分成 200 張黃種人、100 張白種人與 100 黑種人，並且設定當成功率高於 70% 就屬於是人物。

第三步透過將影像的畫面匯入訓練好的人物辨識模型後，就可以取得人物在畫面中的座標位置，然後以人物底部的中心點為測量點計算與相近鐵道線的距離，為了避免因與相機距離遠近而造成距離的判斷有誤，所以將測量點水平距離的鐵道寬與距離最近的鐵道寬做比例的縮放，使得距離有個統一的標準，此時獲得的數值為像素點距離而已，因此在將此時的鐵道寬與實際的鐵道寬 113 公分做第二次的比例縮放，就可以獲得實際人物與鐵道的距離，最後顯示於影像上。

最後綜合以上獲得的前方自行車距離與鐵道線辨識與人物辨識等資訊，將資訊以鳥瞰圖的方式呈現出來，這樣再查看影像時可以更加輕鬆且快速的了解彼此物件的距離關係。

(三) 資料取得與處理 (硬體+後端)

使用 GPS 模組接收原始的 GPRMC 數據，首先將時區換算成台北時區，以便做時間戳記，再將讀取到的經分緯分轉換成經緯度座標以及移動速度轉換成台灣常用的 KM/H，最後再存入陣列存成 json 檔案，並用 requests 回傳至 LINUX 伺服器做儲存處理以及顯示。

爾後將接受到的原始 GPS 數據和原始影像後存入資料庫內，並在接受到使用者來自前端的請求後，呼喚影像辨識的函數並向資料庫取得相對應的 GPS 所對應的影片，再將影片的存取位置作為變數回傳給影像辨識做處理，同時將影像辨識的輸出資料及畫面透過即時回傳至前端顯示處理過的影像以及時速與前車的距離還有危險指數等等相關數據。

(四) 使用者介面(前端)

我們使用一個結合首頁、影片監控、GPS 定位地圖和歷史紀錄等功能的網站，無疑是為了提供全面、多元化的資訊給使用者。首頁作為入口，可能呈現整體系統概覽或最新資訊，吸引訪客深入了解。而影片監控頁面則是其核心功能之一，透過直觀的選單及按鈕，讓使用者輕鬆選擇欲觀看的車次影片，提供即時的視覺監控，增進效率和安全。

另外，GPS 定位地圖的使用，使得使用者能夠清楚地了解車輛所在位置，透過互動式地圖的方式，方便快速地查詢特定車輛的動向與路線。而歷史紀錄則進一步提供了時間線上的視覺化功能，使用者可以透過點擊 GPS 定位點的方式，回溯過去特定時間點的影片，使得回顧與分析過去事件變得輕鬆而直觀。

整體而言，這樣的網頁結合了多重功能，不僅提供了即時的監控與定位，更讓使用者能夠進行歷史數據的溯源與分析，為管理與決策提供了強大的支持與便利。

三、系統實作成果

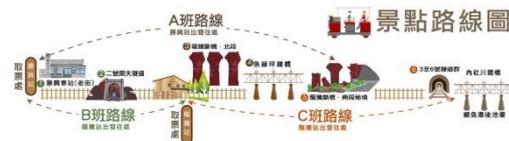


圖 9 網站首頁

這個網頁的首頁呈現清晰的聯絡資訊，包括聯絡資料和路線圖。進入第二個分頁，你可以觀賞上傳的原始影片，並查看經過特殊處理後的版本，同時提供一個模擬的俯瞰視角，讓你更全面地理解影片內容。



圖 10 網頁資訊呈現

在第三個分頁，你可以瀏覽行車影片，同時即時追蹤車輛在地圖上的位置。此外，你可以查看與影片同步的即時資訊，包括車速、行車時間等，這些數據能夠提供對行車狀況的實時了解。整體而言，這個網頁結合了多種功能，提供了一個豐富而全面的使用體驗。



圖 11 行車畫面與定位資訊

四、結論

儘管我們的系統已經整合了 GPS 定位並能在網頁上呈現相關資訊，但目前最明顯的不足在於無法即時處理影像，必須等到整段影片錄製完成後才能執行，這導致無法在第一時間通知乘客。為了克服這個挑戰，我們將專注於加強系統的即時影像處理能力。我們計畫探索減短影片提前執行或其他可能的解決方案，以確保能即時通知乘客，進而提升體驗與安全性。

我們期許這一系列的改進將使鐵道自行車系統更加完善，為乘客和工作人員提供更安全、更滿意的體驗。這項進步將確保每位乘客和工作人員在旅程中都能得到安全保障，同時享受到更豐富的旅行體驗。

五、參考文獻

- [1] 邱佳松、黃國威、陳坤明，超寬頻無線通訊技術概論，材料世界網，民國九二年。
- [2] 王禎澤，利用霍夫反演轉換達成圓與弧的影像偵測，學術論文，中興大學，民國一零六年。
- [3] 范耿彥，以霍夫轉換為基礎之智慧型快速車道線偵測，學術論文，國立臺灣師範大學，民國九八年。