

基於物聯網與電腦視覺之犢牛健康狀態監測系統

廖瑞元 陳柏霖 林達德*

國立臺灣大學生物機電工程學系

*Email : m456@ntu.edu.tw

摘要

隨著全球乳製品需求的逐年增加，乳牛管理的複雜性和挑戰性也日益提升。有效且可持續的乳牛管理策略不僅關係到乳牛的健康和福利，還能直接影響乳製品的生產效益。本研究旨在透過影像辨識技術和深度學習模型，開發出一個能夠自動監測犢乳行為的系統。前人研究已經成功訓練出基於影像的乳牛行為辨識模型，這些模型能夠辨別出犢牛的日常行為，如飲水、進食、休息等。然而，這些模型大多依賴於伺服器端處理，無法即時回饋，限制了其於牧場內的實際應用。為了克服這一問題，本研究進一步對辨識模型進行輕量化與優化，使其能夠在資源有限的樹莓派嵌入式系統上運行，實現即時行為辨識。於邊緣運算嵌入式系統所完成的辨識結果透過無線通訊自動上傳至 AWS 雲端平台，允許管理者遠程監控牛隻的行為數據。這不僅提高了系統的實時性和效能，還為乳牛健康管理提供了一個靈活且低成本的解決方案。此系統於國立臺灣大學的實驗牧場進行實測與驗證，使管理者能夠掌握每頭犢牛的健康狀況，進行更有效的管理，實現智慧化

乳牛管理的目標。

關鍵詞：深度學習、邊緣運算、雲端服務、實時監控

1、緒論

乳牛行為的監測有助於改善牧場管理以及動物福祉。新生犢牛於感染疾病或感到壓力時常有睡眠中斷、傾向於站立不動、食慾不振的情形[1]，這些都是能透過行為觀察到的。本研究於乳牛牧場收集犢牛影像，並藉輕量化辨識模型，及時辨識並上傳至雲端平台，供酪農隨時查看，改善犢牛健康管理。

2、材料與方法

本研究主要分為兩階段，一為建立輕量化的深度學習模型以辨識犢牛行為，二為運用物聯網技術建立一個由多個邊緣運算裝置所組成的分散式運算系統，並結合雲端服務，以圖像化的介面呈現犢牛之行為及健康狀況。

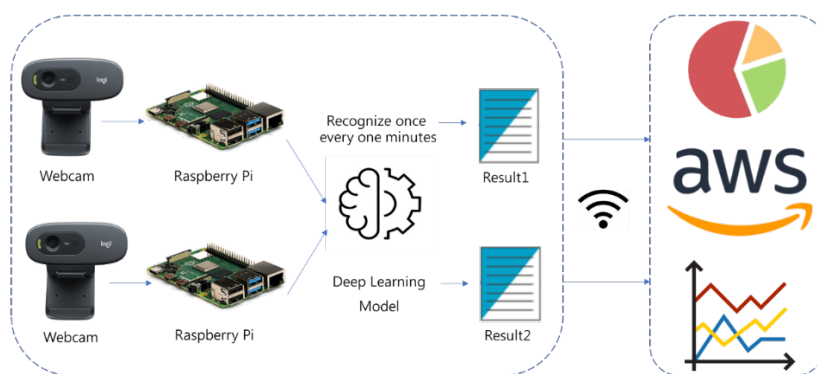


圖 1 資料視覺化平台建置架構圖。

本研究採用 MoViNet-A2 輕量化的模型架構並採用量化(Quantization)技術，

使其體積更小，計算速度更快[2]，能夠在 Raspberry Pi 上高效地進行行為辨識，該模型的效能以混淆矩陣和 F1-Score 進行評估。

本研究透過每小時更新 AWS 平台上之牛隻活動資訊，並透過 AWS IoT Core 將數據傳輸至 AWS S3 儲存，最後將數據透過 AWS Athena 傳送至 AWS Quicksight 呈現成各類圖表，如圓餅圖和折線圖，用以展示牛隻近七天之行為變化和分布。

3、結果與討論

本研究使用對模型進行輕量化以及優化，從而成功減少模型體積並顯著提升計算速度，經優化的模型能夠以每幀 128 毫秒的速度完成犢牛行為的辨識。經測試，此模型在實驗數據上達到了平均 0.919 的 F1-Score，圖 2 展示了模型對於不同行為的辨識準確度，由圖可知除了反芻和喝水以外，其餘 F1-Score 皆高於 0.89。

本研究使用 AWS 平台圖像化呈現各種資料，圖 3 呈現了犢牛近 24 小時的行為分布，由圖可知靜止狀態為大約佔了 66%，圖 4 呈現了一周內犢牛行為的分布，由圖可之牛隻的行為分布穩定，表示牛隻健康狀況良好。

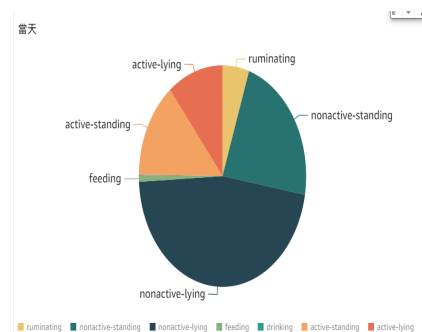
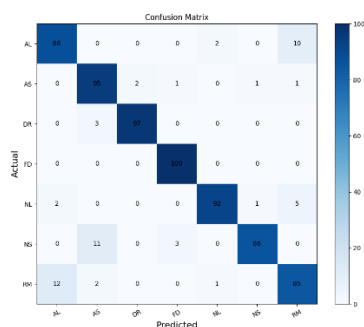


圖 2 混淆矩陣

圖 3 犢牛一日行為分布圓餅圖

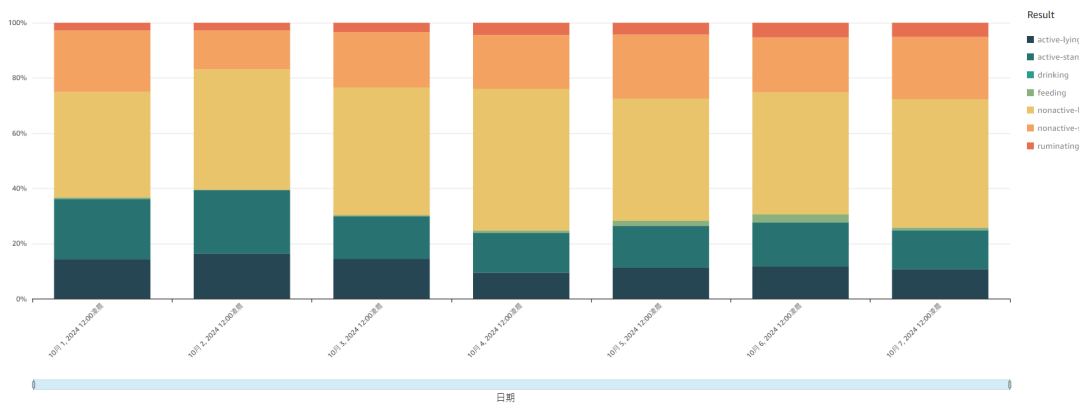


圖 4 七日行為分布長條圖

4、結論

本研究應用了輕量化的深度學習模型，使其能在 Raspberry Pi 上高效運行，實現了 0.919 的平均 F1-Score，並達到每幀僅 128 毫秒的運算速度。通過實時行為辨識結果上傳，本研究使用 AWS 雲端平台進行數據視覺化以即時呈現各項行為資料，並能夠分析犢牛每日行為的分佈，為牧場管理者提供了更加高效的牛隻行為監測工具。

誌謝

感謝臺灣大學生物資源暨農學院附設農業試驗場畜牧組提供實驗場域以及高仕軒先生相關指導。

參考文獻

1. Zhang, Y., Wu, H., Sun, Y., & Zhao, C. (2024). Analysis and comparison of newborn calf standing and lying time based on deep learning. *Animals*, 14(9), 1324.
2. Lopez Mendez, R. (2023). Benchmarking TensorFlow Lite Quantization Algorithms for Deep Neural Networks. *IEEE Xplore*