

2023 FUTEX

足球競賽即時事件識別技術簡介

許懷中*

一、技術緣起

電腦視覺技術在最高等級的賽事如世界盃、歐冠、英超、西甲等的應用早已十分普遍，從球員場上動態的追蹤，各別奔跑速度、距離及軌跡的追蹤，甚至是用來輔助判斷場上的爭議事件，例如 2022 日本對西班牙的小組戰中，在 1 比 1 的局面下，三笥薫在底線送出助攻，讓田中碧踢進致勝球，由於那顆致勝球緊貼邊緣，在經過 VAR (Video Assistant Referee) 的回放之後，確定皮球過線 1mm 完成進球，因此被稱為是「三笥的 1mm」。

然而，在現今的足球競技中，類似 VAR 這種在球場中需要布署多台極高清高速攝影機，搭配強力運算主機的昂貴技術，並非所有級別的賽事都能夠負擔，由於足球在全球的普遍性，從金字塔最頂端到最基層，其運動人口、球隊數量皆極為眾多，發展可普及化的消費級辨識系統成為一個顯著的趨勢。這類技術不僅有助於提升專業賽事的判決準確性，同時也為各層級的賽事提供了訓練和數據蒐集的可能性。

此外，足球作為一種多樣化的運動，不僅包括傳統的 11 人制比賽，還有室內 5 人制、沙灘 5 人制等各種賽制。這種多樣性為技術的應用提供了更廣泛的發展機會與空間。通過推動消費級辨識系統的發展，我們能夠應用這項技術於不同賽制，為各種層級的足球賽事帶來更先進的辨識和判決系統，促進整個足球運動的科技進步。這種普及化的趨勢將確保更多球隊和賽事受益於現代技術，提升整體比賽的品質和公正性。

逢甲大學人工智慧研究中心在產學合作夥伴及國科會補助之「擴大運動科學研究能量與成果橋接計畫」支持下，成功發展了一套足球競賽即時事件辨識系

* 逢甲大學資訊工程學系副教授

統，這套系統的特色之一是具備卓越即時性的 AI 賽事狀態辨識，僅需 0.5 秒，即可實現對賽事狀態的辨識，其中包括各種場上事件，如犯規、角球、進球；此外，我們的系統更注重數據的全面掌握。透過一組配有兩具 4K UHD 廣角攝影機的邊緣設備，本系統得以鳥瞰整個場地，實現對於足球賽事全場的監看，澈底掌握足球賽事的動態。這使得我們能夠實現即時的數據採集，並透過電腦視覺技術追蹤球員與足球的動態，實時估測場上球隊、球員的各項數據，同時準確捕捉場上球隊的持球狀態，為教練、球員和球迷提供寶貴的數據參考。這種深度的數據分析不僅有助於提升裁判的判決正確性，同時也為球隊戰術的制定提供了更多的依據，推動了足球運動科技的不斷進步。

二、技術簡介



圖一：足球競賽即時事件識別系統處理流程

如圖一所示，我們的足球競賽即時事件識別系統擁有一個精密而高效的處理流程，確保能夠捕捉到賽場上所有的重要事件，分別描述如下：

(一) 拍攝影像

我們的系統首先進行現場拍攝，利用拍攝模組捕捉足球比賽的即時影像，這確保了我們擁有最新的比賽場景；即時模組包含了兩顆 4K UHD 極高清的 GoPro 運動攝影機，這兩顆攝影機分別負責左、右半場的拍攝，我們會調整視角確保其解析度足以涵蓋遠邊角落球員與球的動態；經過設計的抗風腳架可以抵抗場外拍攝的風勢，確保畫面的穩定；而高瓦數的行動電源則可以維持系統持續 150 分鐘以上的拍攝，確保整場比賽能夠完整拍完。

(二)回傳影像資料

極高清運動攝影機所拍攝的影像資料被送至以 NVidia Jetson Nano 為核心的單板電腦進行即時處理，NVidia Jetson Nano 事實上是一組具備 472 GFLOPS GPU 的樹莓派單板電腦，具備有一般樹莓派單板電腦缺乏的 GPU 運算能力，我們的現場模組可以利用此一特性先針對現場串流進行前處理，以利後續能夠利用 5G 行動網路迅速將處理後的影像資料傳送位於雲端的 AI 分析核心，進而確保分析的迅速性和即時性。



圖二：即時拍攝模組包含兩顆4K UHD極高清GoPro運動攝影機

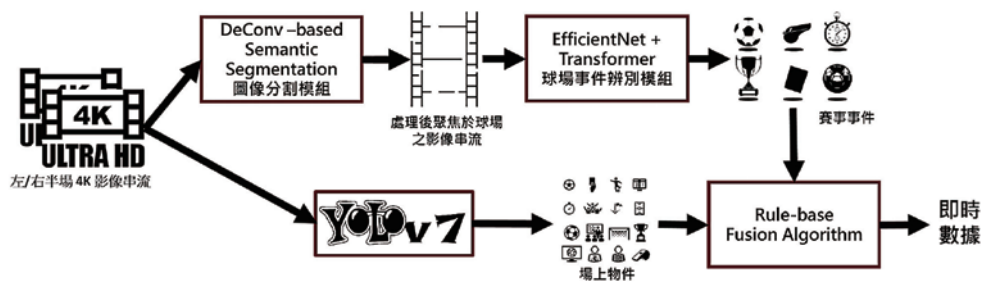
(三)即時事件分析

AI 分析核心中，是由圖像分割模型、事件辨識模型及物件偵測模型 (YOLOv7) 等模型協同作業，進行對影像的深入分析，以實現對各種事件的即時預測。

核心分析程序如圖三，當核心收到由現場模組傳來的半場影像串流，會分成兩部分處理，其一會將串流送給以逆卷積 (deconvolution) 技術為基礎進行的語義分割 (semantic segmentation) 模組，將影像中屬於球場的部分割出，再交給以 EfficientNet 為基礎的卷積神經網路 (convolutional neural network, CNN) 進行影像分析，影像分析會將每幀賽事影像向量化成為 embedding 樣態，再由以 Transformer 技術為基礎的模型分析場上發生了什麼事件；另一方面，賽事影像也會分割成為小塊，交給 YoloV7 進行物件辨識，經過細部調教 (finetuning) 後的

YoloV7-Tiny 模型，可以有效率地將場上的球、球員、主審、線審，以及球場上的重要標誌如球門、邊角、禁區、中場等正確識別；最後我們將事件辨識與物件辨識的結果合入 Rule-based 方法，最終產出即時數據。

目前系統每 0.5 秒可以進行一次辨識，識別場上發生的重要事件，以及雙方目前的持球狀況與位置，圖四即為左側場地角球事件辨識的案例，角球以外，系統還可以正確識別場上犯規、進球、直接自由球等事件。



圖三：核心分析程序



圖四：角球事件辨識案例

(四)數據產出

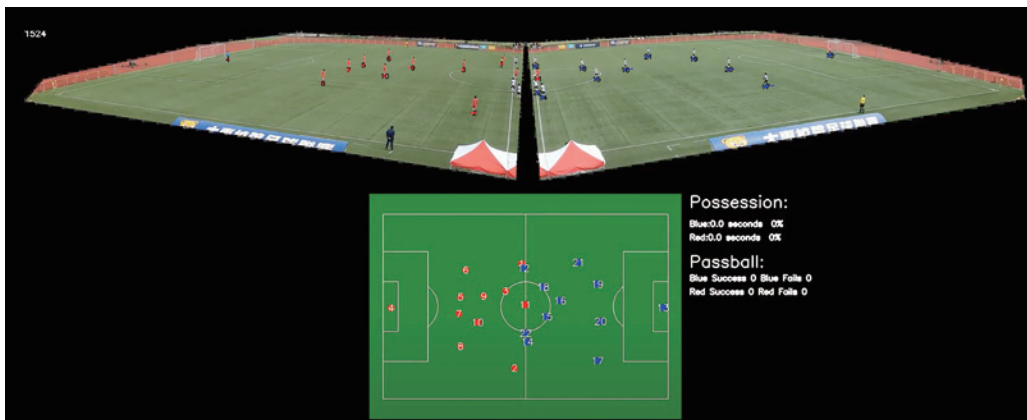
最後，系統綜合所有模型的輸出，進行全面的分析和判斷，產出最終的結果數據。這些數據提供了對比賽狀態的全面理解，為裁判、球隊和球迷提供有價值的信息，同時為科學的數據分析提供了可靠的基礎。我們的處理流程確保了在足球比賽中，每一個重要的時刻都能夠得到精確的分析和評估；目前本系統在各項場上事件如進球、自由球、角球等之辨識準確度可達 99%，對於進攻方進入半場前段進行具有威脅性攻勢的辨識成功率則可以超過 90%。

三、技術延伸應用

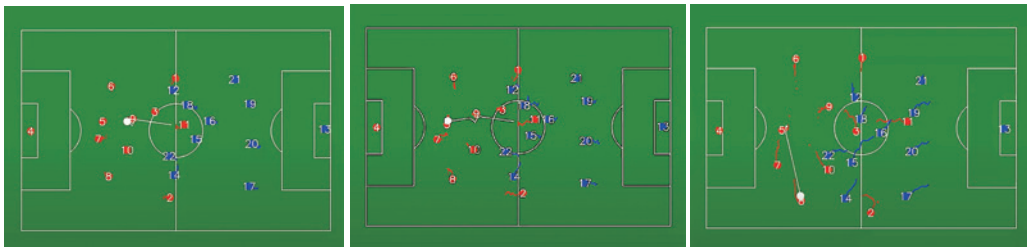
臺灣女足國家隊與木蘭聯賽臺中藍鯨隊的呂桂芳總教練曾明確指出，要使臺灣足球邁向亞洲強隊之列，關鍵在於每場比賽都能有完善的數據紀錄。無論是針對球隊整體的表現還是個別球員的發揮，目前這類紀錄仍然仰賴人工，缺乏全面性與一致性。此外，還需要對比賽的錄像材料進行剪輯，以供後續回顧和分析之用。更進一步，需要引入時空視覺化的動態戰術板，使球員能夠在回顧比賽時更清晰地理解自己、隊友和球的時空間關係，以便更好地調整戰術和修正個人盲點。

因此我們進一步延伸本案技術，使用場上事件的辨識來進行自動剪片，並且將物件辨識與追蹤的結果，搭配空間鏡射轉換技術，將影像轉換成為二維的即時戰術板，進而計算各種球員與球隊在整場比賽中的數據，以下提供兩個實證案例。

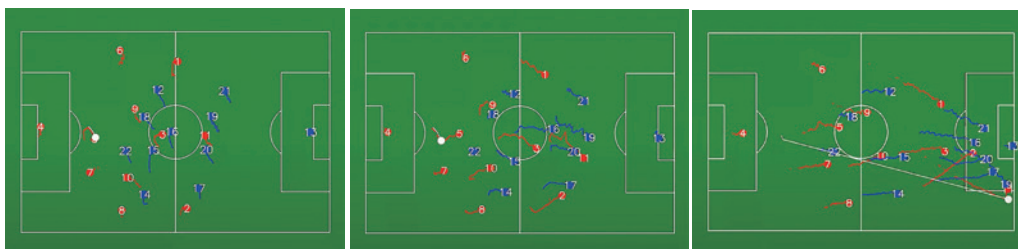
1. 20230321 NTSU (紅衣/紅褲, 紅隊) vs. NTUST (白衣/藍褲, 白隊) 一開場



- a. 開場從視覺化戰術板可以看出，雙方都是 433 陣型，不同之處在於中場配置，紅隊中場是兩個後腰一個前腰而藍隊中場則是兩個前腰一個後腰；



- b. 開球後，紅隊前鋒將球開給己隊中場，中場球員繼續後傳給中後衛，中後衛則將球傳給右後衛；

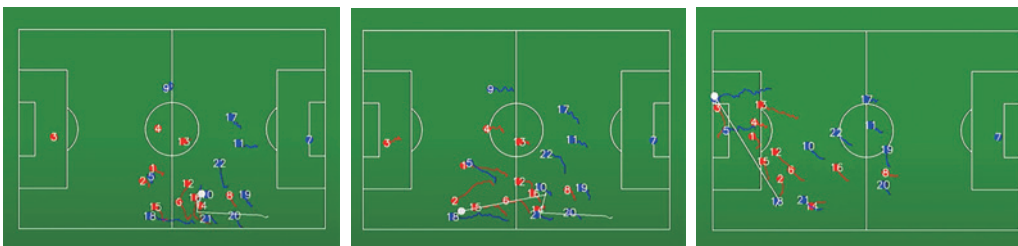


c. 後場盤整尋找機會後，紅隊中鋒與右前鋒開始突進，中後衛則大腳前傳，可惜傳球位置太過靠前，紅隊中鋒無法追上，球出底線，攻守轉換。



d. 開賽 20 秒內紅隊即進行了一次極具威脅性的攻勢，進行了六次傳球，可惜最後一次以失敗收場。

2. 20230321 NTSU (紅衣/紅褲, 紅隊) vs. NTUST (白衣/藍褲, 白隊) — 進球



- 藍隊左後衛傳球給左邊鋒，左邊鋒一個撞牆傳球給左中場後即快速從左路途進；
- 藍隊左中場長傳給突入的左邊鋒，左邊鋒在左路盤帶等待藍隊中鋒與右邊鋒的機會；
- 在藍隊中鋒引誘下，藍隊右邊鋒出線機會，左邊鋒長傳轉移，準確地傳到跑動中左邊鋒的腳下，左邊鋒第一時間起腳射門得分。

上述案例是由本系統自動進行事件辨識，取出進球事件，然後以電腦視覺算法分析該次攻勢起訖並進行自動影片剪輯後，進行視覺化戰術板產生並由教練進行技戰術分析所得。

四、結語

足球競賽即時事件識別系統發展迄今，可以蒐集到的數據有下列幾項：

1. 全場球權交替及重要事件如角球、進球、自由球、犯規、紅黃牌等；
2. 根據上述事件，系統可以自動分析事件起訖、剪輯成影片，並且產出視覺化戰術板，用於各種技戰術教案分析；
3. 全場兩隊之技術數據，如持球率、傳球次數、傳球成功率、球員跑動距離、瞬間最高跑動速度、球員跑動速度變化等；
4. 全場球員之跑動軌跡及球的傳遞軌跡紀錄。

上述數據，對於球隊技戰術訓練，以及教練協助球員回顧比賽，並且進行技戰術說明十分有用，未來球隊教練與技術分析人員不再需要花費時間剪輯影片，由本系統協助取得事件標籤，即可藉由本系統的影像，或者既有之轉播影像，獲得各種技戰術分析案例之影像與鳥瞰視角視覺化戰術板，可以進行高品質之際戰術分析。

這類數據可以提供下列價值：

1. 國內球隊將可以獲得除了自身以外，更多的技戰術案例，且此類技戰術案例與國內球風、技術水平較為接近，相較於國外案例可以提供不同類型的技術訓練資訊；
2. 可以數據化理解國內聯賽、隊伍與球隊的水平及風格，引發討論熱度，進而提升國內足球聯賽曝光與討論風氣；
3. 最終，本項技術之核心內涵為以人工智慧理解足球比賽本質，希望未來可以作為足球賽事自動轉播系統之核心技術。

我們期待本系統將能填補上國內足球領域數據分析的重要空白。目前，國內僅有棒球領域擁有大量的數據分析資料庫，而我們的專案將成為足球相關數據分析的基礎。這將帶動國內足球的數據化，使數據分析在足球領域成為常規實踐。這一步將使國內足球迎來運動科技的新時代，為提高球員和球隊的表現提供更多機會，同時也為國內足球的國際競爭力帶來提升。