

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生活與應用科學科(一)

082805

挺立-應用全身辨識輔助站姿調整即時回饋系列
之研究

學校名稱： 高雄市私立明誠高級中學附設國小

作者： 小六 陳鑫 小六 沈志陽 小六 傅滄紘 小六 簡祐廷	指導老師： 蘇吉信 廖珮好
--	-----------------------------

關鍵詞： 全身辨識、TM POSE、不良姿態

壹、摘要

學生在生活中常常不知不覺地彎腰駝背，導致姿勢不良，造成肌肉以及骨骼受傷，通常在健康檢查照 X 光才有所發現，為時已晚。「挺立」系統設計的 TM POSE 在不同情況下平均準確度達 80%以上；全身辨識部分準確度也達 85%。此系統設定 TM POSE 當作第一層把關，若辨識後的信心度不足 0.8，透過 MQTT，啟動第二層全身辨識系統，最終的判讀結果透過語音朗讀的機制即時回饋給使用者，即時提醒身體何處「姿態不良」，可盡快調整站姿。「挺立」系統當作「不良姿態」檢測的把關先鋒，照顧所有師生，讓我們避免於脊椎病變引起的疾病，實屬不易。

貳、研究動機

學校的健康課程中老師分享親子天下出版的雜誌中提及疫情期間學生在家上課後，整天盯著螢幕學習，家長只能不斷提醒「坐正、挺直」，但孩子還是抱怨感到腰痠背痛，甚至坐著時身體愈來愈「歪」，站立時彎腰駝背愈來愈明顯。根據醫學研究，小兒駝背除了讓人覺得「站沒站相、坐沒坐相」外，看似無害的姿勢性駝背，經年累月後若脊椎曲線固定，除了體態不佳外，最終還會影響心肺與消化功能，甚至加速胸腰椎退化，對健康的影響十分明顯。在學校裡，學生除了駝背之外，我們也發現有不自覺地聳肩、三七步甚至看書頭前傾...等問題。這些小小的不良姿勢長時間後都會造成脊椎或骨盆腔的病變或傷害，不可忽視。於是我們決定利用電腦資訊課程教過的姿態辨識的技術設計一個即時回饋大家姿勢不良的提醒系統，只要有電腦設備在教室或家裡都可隨時監測自身的姿態。從預防著手，挺你「挺立」健康系統由此而生。

參、文獻探討

一、歷屆科展作品分析

查詢歷屆科展作品，可以看到「姿勢不良」不僅是生活中很多人關注的話題，也是科展研究的熱門主題，我們將這些作品的研究目標與方法整理如表 1。

表 1：歷屆文獻探討

參賽名稱	屆數	組別	作品名稱	得獎	關鍵技術
全國科展	47	國小組生活與應用科學科(一)	「握」虎藏龍	第一名	透過重複測試與觀察分析其握筆方式，高度及角度，與握筆器的使用等因素，對字體工整度，施力及握筆舒適性的影

					響，找出最適握筆方法。
全國科展	54	國小組生活與應用科學科(一)	字立字強一寫字練功房	最佳創意獎	觀察寫字坐姿、握筆方法，寫字速度，握筆角度，手指與筆尖距離，寫字施力大小來探討不同的筆以及姿勢寫出來的字所花的時間。
全國科展	59	國中組生活與應用科學科(一)	天龍八「步」—利用足底壓力，製作偵測內八或外八姿勢的穿戴式裝置	佳作	利用感測點定位並設定站姿門檻值和走路門檻值並感測壓力。當感測的壓力超過一定數值時，手機就會發出警示。
全國科展	59	國中組生活與應用科學科(一)	低頭響起智慧站姿訓練矯正頭帶	第三名	利用三軸感應器感應使用者低頭的數據，利用蜂鳴器以及燈光提醒使用者。
全國科展	60	高中組工程學(一)	脊椎矯正器	鄉土教材獎	透過穿戴在身上的陀螺儀偵測使用者脊椎彎曲的角度，將結果傳送到手機中。
全國科展	61	國中組生活與應用科學科(一)	搶救生命大作戰-AI 姿態辨識在智慧型高品質 CPR 訓練引導式教學輔具系統設計之研究	第一名	使用樹梅派控制器中官方提供 Coral PoseNet 姿態辨識程式，並以 Google coral 神經元加速棒判斷按壓姿勢之正確性。

上述資料中量測低頭或脊椎彎曲的情況皆是使用外部感測器，必須穿戴在身上，會有舒適度與成本的問題。

二、常見不良姿勢的醫學定義

(一)歪頭的不良角度度數通常是指頭部傾斜或傾側的角度。

(二)轉頭時的不良角度度數通常是以頸部的旋轉範圍來衡量。

(三)聳肩的不良角度通常以肩膀的高度差來衡量。

(四)三七步：使身體重心過度集中於某一邊，會讓**脊椎往一邊歪斜**與**骨盆往一邊傾斜**，引發脊椎側彎。醫學專業人士通常會使用特定的評估工具或觀察方法來評估三七步的程度。可能會考慮以下因素：1.步幅：測量兩步之間的距離，通常是從腳跟到腳跟的距離。2.步態：觀察行走時腿部的動作和協調性，如腿部的擺動和著地方式。3.身體姿勢：觀察整體的身體姿勢，包括脊柱、骨盆和肩膀的位置。

(五)駝背是一種姿勢畸形，通常指上背部過度彎曲，稱為胸椎過度彎曲。然而，駝背的度數可以因個人情況而異，**並不是一個固定的範圍**。一般來說，駝背的度數通常是根據背部彎曲的角度來衡量的。根據不同的分類標準，**駝背的度數範圍可以從 20 度到 80 度不等**。

(六)烏龜脖是指**頸部過度彎曲或扭曲的情況**，通常超過 50 度被視為異常。通常是由於長時間的頸部姿勢不良所導致。這種姿勢不良可能是由長時間低頭看手機、使用電腦、書寫或者其他需要長時間保持同一姿勢的活動引起的。

(七)骨盆前傾，就是骨盆的位置位移的現象，男生 4~7 度、女生 7~10 度的骨盆前傾都是在正常範圍，但男生超過 10 度、女生超過 15 度，就是過度前傾了。

三、機器學習(Machine Learning)

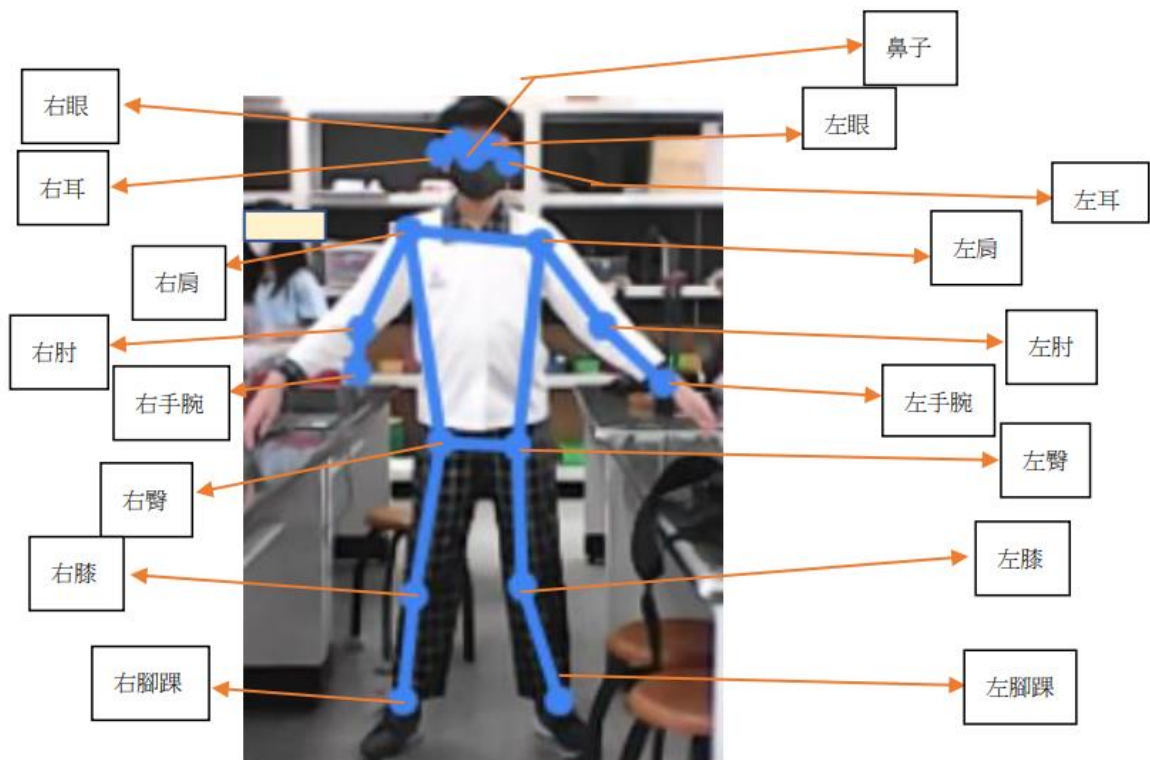
機器學習 (ML) 是人工智慧 (AI) 的一種，著重於建立能根據所使用資料來學習或改善效能的系統。透過演算法將收集到的資料進行分類或預測模型訓練，在未來中，當得到新的資料時，可以透過訓練出的模型進行預測，如果這些效能評估可以透過利用過往資料來提升的話，稱為機器學習。

表 2：常見的機器學習模式

監督式機器學習	此類演算法是最常用的一種。在此模式下，數據科學家會指導並調教演算法，讓演算法做出結論。如同孩童學習不同水果的方式是記住圖畫書裡的各種水果一般，監督式學習的演算法是由已標示完成，且能預先定義輸出的資料組訓練的。
非監督式機器學習	非監督式機器學習則更加獨立，由電腦學習定義出複雜的流程和模式，人類不會持續提供詳細的指導。非監督式機器學習則是使用未經標示或未定義輸出的資料訓練。同樣以孩童學習方式來比喻的話，非監督

式機器學習就好比孩童透過顏色和圖樣的觀察來學習不同種類的水果，而非透過老師的協助來記憶水果的名稱。孩童會找出圖像間的相似之處，將圖像分門別類，並以獨一無二的新標籤標示每一類別。

(一)在 Google Teachable Machine(TM)為監督式學習。網站上可對影像、音訊、姿態做樣本的訓練，訓練後的模型可上傳雲端取得模型網址設定，使用於支援的平台、應用程式、APP、積木程式等。可應用於需分類影像、音訊、**姿態**的場景。其中 **TM 的 POSE 模型**可以輸出 17 個姿態點(keypoints)之估算機率，如圖一。

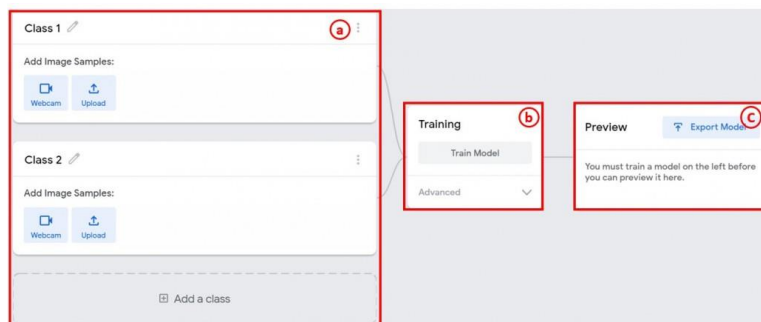


圖一：TM POSE 偵測點

(二)操作步驟：

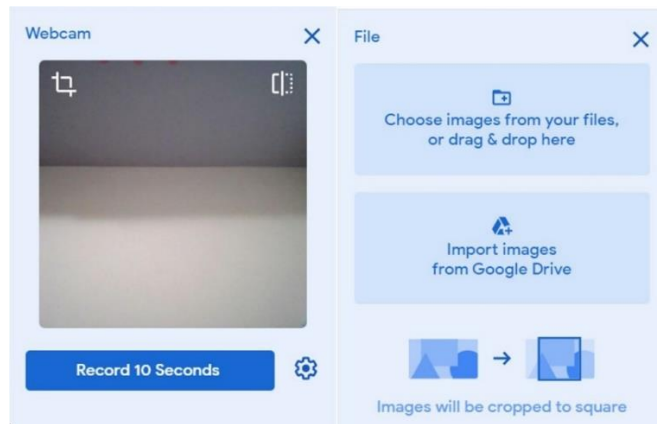
1. 步驟一：在 **TM** 網頁中蒐集資料，訓練模型，在網站中即時影像分類。

Ⓐ 設定標籤及蒐集資料 Ⓑ 訓練集 Ⓒ 及時預覽功能和匯出模型。



圖二：TM POSE 操作步驟

首先在(a)部分，可將標籤名稱 Class 1 更名，接著透過電腦 Webcam 或 Upload，從電腦或 Google 雲端硬碟上傳圖片，及按下「Add a class」來增加類別。

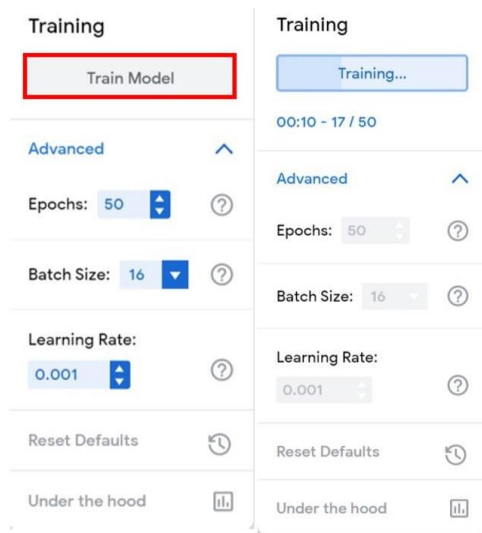


圖三：姿態錄製畫面

可直接按下「Record 10 Second」，網頁便會倒數計時持續拍攝直到 10 秒結束，如果認為 10 秒的張數太少，可以按下齒輪，可以更改秒數等相關參數。初始參數有「24FPS」（理論值為每秒鐘拍 24 張）、「Hold-to-record OFF」（關閉手動拍攝）、「Delay : 2 seconds」（2 秒後才開始拍攝）、「Duration : 10 second」（拍攝 10 秒鐘，理論值約可拍攝 240 張，但實際上要取決於網頁執行效能）。

(b)訓練模型，按下「Train Model」即可。但要修改參數，請按下「Advanced」，預設參數有「Epochs : 50」（50 個訓練回合）、「Batch Size : 16」（批次大小）「Learning Rate : 0.001」（學習率）。

- (1) **Epochs**：訓練的回合設定，訓練回合數和時間成正比，若要針對細微變化的差異進行辨識時則要提高回合數，會助於模型辨識效能，但特別要注意的是過高的回合數可能會使模型產生「過適 Overfitting」的問題，若是過低的回合數會產生「Underfitting」的問題，但無論是甚麼問題都會降低模型辨識效能。
- (2) **Batch Size**：適當的批次大小設定有助於模型的優化，而且可以提高訓練的速度，及減少訓練誤差。
- (3) **Learning Rate**：學習率設定影響著訓練模型尋找最佳解的過程中是否會收斂或發散。若設定過大，雖會快速收斂，但也可能難以收斂產生震盪甚至發散；相對的，設定過小會導致尋找最佳解時緩慢收斂。亦稱為『梯度下降法』。



圖四：TM POSE 參數設定

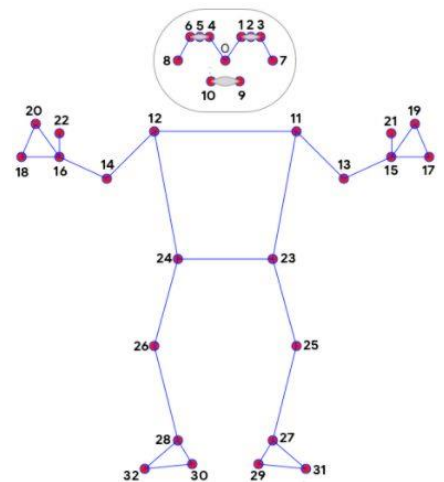
©訓練完成後即可在網頁上作及時的影像推論

2. 步驟二：匯出模型及標籤檔：按下「Export Model」後可匯出模型檔及標籤檔。

四、MediaPipe 全身偵測(Holistic)

MediaPipe 是 Google Research 開發的多媒體機器學習模型應用框架，可支援 JavaScript、Python、C++等語言。可以直接使用 API 實現 3D 手部標誌追蹤、BlazeFace 人臉檢測、物體檢測等功能。

其中 Mediapipe Holistic 集合了人體姿勢、面部標誌和手部追蹤三種模型與相關的演算法，可以偵測**身體姿勢、臉部網格、手掌動作**，完整偵測則會產生 543 個關鍵點，包含面部辨識 468 個標誌、**姿態辨識 33 個標誌**，左、右手各 21 個標誌。面部辨識可應用於，姿態辨識可應用於動作分析與體感遊戲等，手勢辨識可應用於手語分析、手勢控制、VR 感測、智慧廚房、醫學手術等。若整合面部、姿態、手勢辨識做到更全面的分析與互動控制。



圖五：全身辨識辨識點

(一)姿態辨識 33 個標誌：利用機器學習推測人體 33 個 2D 特徵點，如表 3。

表 3：全身辨識之辨識點中英文名稱

辨識點	英文/中文	辨識點	英文/中文
0	nose/鼻子	16	right-wrist/右手腕
1	left-eye-inner/左眼內側	17	left-pinky/左小指
2	left-eye/左眼	18	right-pinky/右小指
3	left-eye-outer/左眼外側	19	left-index/左食指
4	right-eye-inner/右眼內側	20	right-index/右食指
5	right-eye/右眼	21	left-thumb/左拇指
6	right-eye-outer/右眼外側	22	right-thumb/右拇指
7	left-ear/左耳	23	left-hip/左臀部
8	right-ear/右耳	24	right-hip/右臀部
9	mouth-left/嘴巴左側	25	left-knee/左膝
10	mouth-right/嘴巴右側	26	right-knee/右膝
11	left-shoulder/左肩	27	left-ankle/左腳踝
12	right-shoulder/右肩	28	right-ankle/右腳踝
13	left-elbow/左肘	29	left-heel/左腳跟
14	right-elbow/右肘	30	right-heel/右腳跟
15	left-wrist/左手腕	31	left-foot-index/左腳食指
		32	right-foot-index/右腳食指

(二)全身辨識 (MediaPipe Holistic)常見行為條件參考：

常見行為	簡易判別條件
舉右手	右手腕 Y 值小於右肩膀 Y 值，左手腕 Y 值大於左肩膀 Y 值
舉左手	左手腕 Y 值小於左肩膀 Y 值，右手腕 Y 值大於右肩膀 Y 值
舉雙手	右手腕 Y 值小於右肩膀 Y 值，左手腕 Y 值小於左肩膀 Y 值
站立	鼻子與腳跟連線角度在 90 ± 20 度或 270 ± 20 度
躺著	鼻子與腳跟連線角度在 90 ± 20 度或 270 ± 20 度
轉頭	臉部標記點 163、390 連線 Y 軸向轉動角度 ≤ 70 度或 ≥ 110 度
彎腰	鼻子與臀部連線、臀部與腳跟連線的夾角(取 ≤ 180)介於 0 度到 160 度之間
趴睡	鼻子與肩膀連線、肩膀與臀部連線的夾角(取 ≤ 180)介於 0 度到 160 度之間
坐著	臀部與膝蓋連線、膝蓋與腳跟連線的夾角(取 ≤ 180)介於 50 度到 150 度之間

肆、研究問題或目的

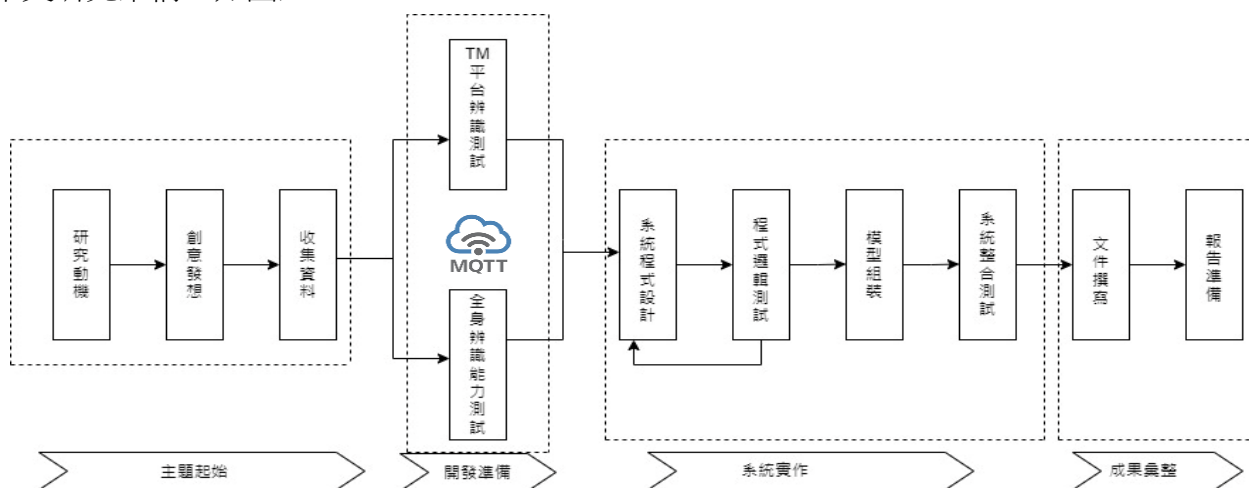
- 一、探討 7 種站立時，時常發生的不良姿勢。
- 二、探討人工智慧之姿態辨識應用於不良姿勢辨識分類的成效。
- 三、全身辨識在各種不同實驗變因下之辨識準確度。
 - (一)測試者穿著長短袖、顏色的衣物對於全身辨識(Mediapipe)骨骼關鍵點偵測之影響。
 - (二)探討不同距離對於全身辨識(Mediapipe)偵測不良姿態之效果。
 - (三)實測全身辨識(Mediapipe)對於「7 種不良姿態」辨識準確度。

伍、研究設備器材

- 一、軟體平台： SpBlocklyjs、Teachable Machine、Web:bit 工具箱。
- 二、硬體設備：筆電、視訊鏡頭。

陸、研究方式與結果

本文研究架構，如圖六。



圖六：研究架構圖

一、探討 7 種站立時，時常發生的不良姿勢

(一) 歪頭

1. 定義：頭偏離鼻心與兩肩中點的中心線。
2. 全身辨識衡量方式：左右眼兩特徵點(XY 座標)傾斜角度。

表 4：歪頭姿勢

正確姿勢	錯誤姿勢	利用全身辨識偵測錯誤姿勢圖
		
全身辨識實測：連續偵測圖		
 <p>左右眼轉動角度:171 挺立</p>	 <p>左右眼轉動角度:167 左歪頭</p>	
 <p>左右眼轉動角度:161 左歪頭</p>	 <p>左右眼轉動角度:146 左歪頭</p>	
程式積木		程式說明
		<ol style="list-style-type: none"> 設定左右眼轉動角度成無條件捨去的全身偵測角度 X0:右眼(右)的 X，Y0:右眼(右)的 Y，X1:左眼(左)的 X，Y1:左眼(左)的 Y 如果左右眼轉動角度>170 且左右眼轉動角度<185 就顯示且說出良好 如果左右眼轉動角度<170 就顯示且說出左歪頭 如果左右眼轉動角度>185 就顯示且說出右歪頭


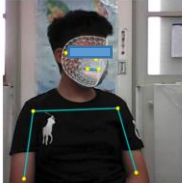


(二)轉頭

1. 定義：頭向左轉或向右轉。
2. 全身辨識衡量方式：臉部第 163 偵測點與臉部第 360 偵測點，兩特徵點(XZ 座標)傾斜角度。

表 5：轉頭姿勢

正確姿勢	錯誤姿勢	利用全身辨識偵測錯誤姿勢圖
		

全身辨識實測：連續偵測圖

 <p>頭部轉動角度:178 挺立</p>	 <p>頭部轉動角度:213 右轉頭</p>
 <p>頭部轉動角度:213 右轉頭</p>	 <p>頭部轉動角度:205 右轉頭</p>

程式積木

```

行內容器 建立 代碼 “ ” 值 “ ” 字型大小 70 靠左距離 340 靠上距離 0 層次 999
行內容器 建立 代碼 “ 1 ” 值 “ ” 字型大小 70 靠左距離 340 靠上距離 60 層次 999
全身偵測 視訊 Y 臉 Y 姿態 Y 左手掌 Y 右手掌 Y 鏡像 Y 透明度 1
全身偵測 鏡頭 前置 0 寬度 300 高度 300
宣告 全域 頭部轉動角度 成 0
全身偵測 辨識完成後執行
設定 頭部轉動角度 成 無條件捨去 全身偵測 角度
X0 臉 [1-468] 163 屬性 x
Y0 臉 [1-468] 163 屬性 z
X1 臉 [1-468] 390 屬性 x
Y1 臉 [1-468] 390 屬性 z
行內容器 代碼 “ ” 設定 內部網頁 字符串組合 “ 頭部轉動角度: ” 頭部轉動角度
如果 頭部轉動角度 > 175 且 頭部轉動角度 < 190
執行 行內容器 代碼 “ 1 ” 設定 內部網頁 “ 良好 ”
否則 如果 頭部轉動角度 < 175
執行 行內容器 代碼 “ 1 ” 設定 內部網頁 “ 左轉頭 ”
否則如果 頭部轉動角度 > 190
執行 行內容器 代碼 “ 1 ” 設定 內部網頁 “ 右轉頭 ”
    
```

程式說明

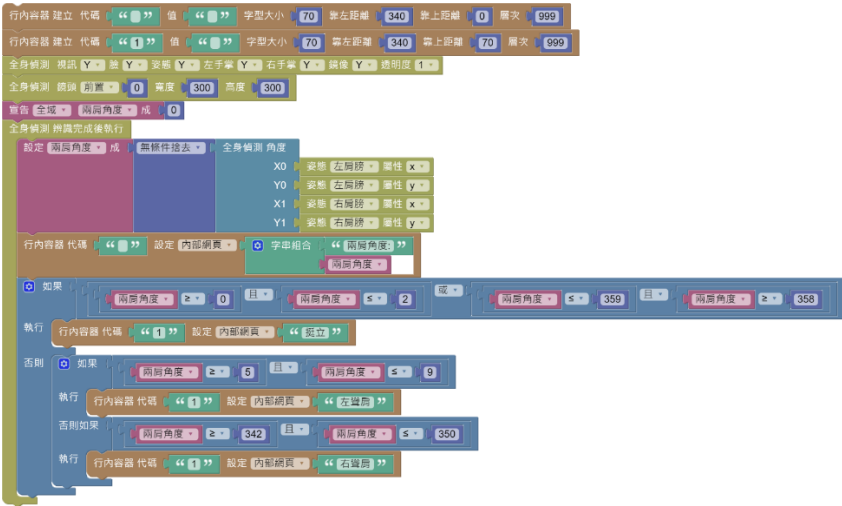
1. 設定頭部轉動角度成無條件捨去的全身偵測角度 X0:臉部 163 的 X，Y0:臉部 163 的 Y，X1:臉部 390 的 X，Y1:臉部 390 的 Y
2. 如果頭部轉動角度>175 且頭部轉動角度<190 就顯示且說出良好
3. 如果頭部轉動角度<175 就顯示且說出左轉頭
4. 如果頭部轉動角度>190 就顯示且說出右轉頭

(三)聳肩

1. 定義：肩膀高於雙手自然垂下時兩肩的水平連線(右聳肩、左聳肩或兩肩同時聳起)。
2. 全身辨識衡量方式：左右肩膀兩特徵點(XY 座標)傾斜角度。

表 6：聳肩姿勢：



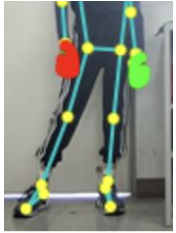




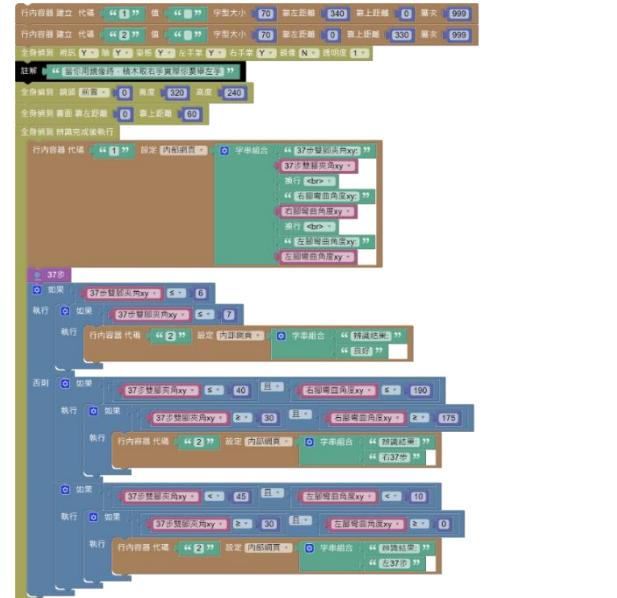
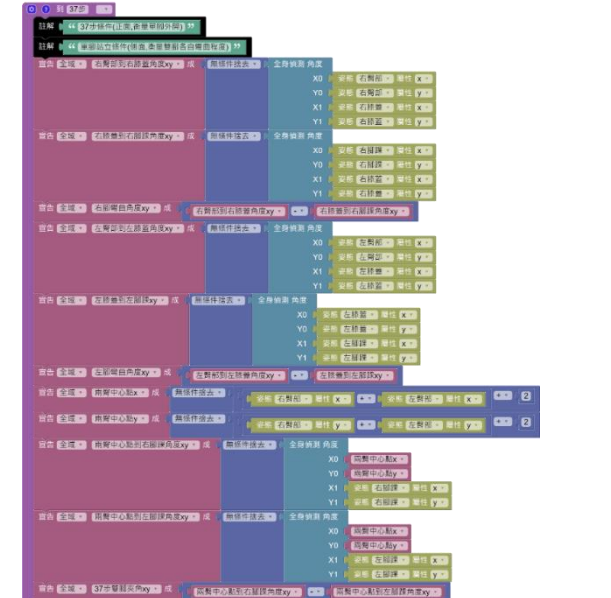
正確姿勢	錯誤姿勢	利用全身辨識偵測錯誤姿勢圖	
			
全身辨識實測：連續偵測圖			
	兩肩角度:0 挺立		兩肩角度:350 右聳肩
	兩肩角度:349 右聳肩		兩肩角度:344 右聳肩

程式積木	程式說明
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 設定兩間角度成無條件捨去的全身偵測角度 X0:左肩膀的 X, Y0:左肩膀的 Y, X1: 右肩膀的 X, Y1:右肩膀的 Y 2. 如果兩間角度≥ 5 且兩間角度≤ 9 就顯示且說出左聳肩 3. 如果兩間角度≥ 342 且兩間角度≤ 350 就顯示且說出右聳肩

(四)三七步

1. 定義：臀部和重心偏移，皆落在同一側，脊椎與骨盆腔歪斜。
2. 全身辨識衡量方式：
 - (1) 計算右(左)臀部到右(左)膝蓋角度。
 - (2) 計算右(左)膝蓋到右(左)腳踝角度。
 - (3) 求(1)(2)夾角。
 - (4) 計算雙腳張開角度。

表 7：三七步姿勢

正確姿勢	錯誤姿勢	利用全身辨識偵測錯誤姿勢圖
		
全身辨識實測：連續偵測圖		
 <p>37步雙腳夾角xy:8 右腳彎曲角度xy:184 左腳彎曲角度xy:-2</p> <p>辨識結果:良好</p>	 <p>37步雙腳夾角xy:16 右腳彎曲角度xy:189 左腳彎曲角度xy:-3</p> <p>辨識結果:良好</p>	
 <p>37步雙腳夾角xy:24 右腳彎曲角度xy:186 左腳彎曲角度xy:2</p> <p>辨識結果:左37步</p>	 <p>37步雙腳夾角xy:31 右腳彎曲角度xy:187 左腳彎曲角度xy:5</p> <p>辨識結果:左37步</p>	
		

程式說明

1. 設定右臀部到右膝蓋角度 xy 成無條件捨去的全身偵測角度 $X0$:右臀部的 X , $Y0$:右臀部的 Y , $X1$:右膝蓋的 X , $Y1$:右膝蓋的 Y
2. 設定右膝蓋到右腳踝角度 xy 成無條件捨去的全身偵測角度 $X0$:右膝蓋的 X , $Y0$:右膝蓋的 Y , $X1$:右腳踝的 X , $Y1$:右腳踝的 Y
3. 設定右腳彎曲角度 xy 成右臀部到右膝蓋角度 xy -右膝蓋到右腳踝角度 xy
4. 設定左臀部到左膝蓋角度 xy 成無條件捨去的全身偵測角度 $X0$: 左臀部的 X , $Y0$:左臀部的 Y $X1$:左膝蓋的 X , $Y1$:左膝蓋 2 的 Y
5. 設定左膝蓋到左腳踝 xy 成無條件捨去的全身偵測角度 $X0$:左膝蓋的 X , $Y0$:左膝蓋的 Y , $X1$: 左腳踝的 X , $Y1$:左腳踝的 Y
6. 設定左腳彎曲角度 xy 成左臀部到左膝蓋角度 xy -左膝蓋到左腳踝 xy
7. 設定兩臀中心點 x 成右臀部的 x +左臀部的 $x\div 2$ 的絕對值
8. 設定兩臀中心點 y 成右臀部的 y +左臀部的 $y\div 2$ 的絕對值
9. 設定兩臀中心點到右腳踝角度 xy 成無條件捨去的全身偵測角度 $X0$:兩臀中心點 X , $Y0$:兩臀中心點 Y , $X1$:右腳踝的 X , $Y1$:右腳踝的 Y
10. 設定兩臀中心點到左腳踝角度 xy 成無條件捨去的全身偵測角度 $X0$:兩臀中心點 X , $Y0$:兩臀中點 Y , $X1$:左腳踝的 X , $Y1$:左腳踝的 Y
11. 設定 37 步雙腳夾角 xy 成兩臀中心點到右腳踝角度 xy -兩臀中心點到左腳踝角度 xy
12. 如果 37 步雙腳夾角 $xy > 6$ 且 < 7 就顯示且說出良好
13. 如果 37 步雙腳夾角 $xy > 45$ 且 < 10 就顯示且說出左 37 步
14. 如果 37 步雙腳夾角 $xy > 30$ 且 < 175 就顯示且說出右 37 步


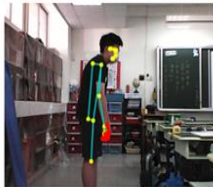
(五)駝背

1. 定義：背部彎曲弓起(胸椎向後弧度過大)，且後彎的幅度大於 40 度以上，有時雙膝會微蹲。
2. 全身辨識衡量方式：側面時估算
 - (1) 右肩膀(左肩膀)與【右(左)肩膀與右(左)臀部中心點】角度。
 - (2) 右臀部(左臀部)與【右(左)肩膀與右(左)臀部中心點】角度
 - (3) 計算夾角。

表 8：駝背姿勢

正確姿勢	錯誤姿勢	利用全身辨識偵測 錯誤姿勢圖
		

全身辨識實測：連續偵測圖

 <p>辨識結果:挺立 夾角:8</p>	 <p>辨識結果:駝背 夾角:20</p>
 <p>辨識結果:駝背 夾角:31</p>	 <p>辨識結果:駝背 夾角:65</p>

程式積木

```

行內容器 建立 代碼 “1” 值 “ ” 字型大小 50 靠左距離 0 靠上距離 270 層次 999
行內容器 建立 代碼 “2” 值 “ ” 字型大小 50 靠左距離 0 靠上距離 350 層次 999
全身偵測 視訊 Y 臉 Y 姿勢 Y 左手掌 Y 右手掌 Y 椅後 Y 透明度 1
全身偵測 鏡頭 前置 0 寬度 320 高度 240
全身偵測 辨識完成後執行
註解 “駝背,骨盆前傾條件”
設定 右肩膀到右臀部中心點xy 成 姿勢 右肩膀 屬性 y +- 姿勢 右臀部 屬性 y +- 2
設定 駝背 成 全身偵測 角度 X0 姿勢 右臀部 屬性 x Y0 右肩膀到右臀部中心點xy X1 姿勢 右臀部 屬性 x Y1 姿勢 右臀部 屬性 y
設定 駝背2 成 全身偵測 角度 X0 姿勢 右肩膀 屬性 x Y0 姿勢 右肩膀 屬性 y X1 姿勢 右臀部 屬性 x Y1 右肩膀到右臀部中心點xy
設定 夾角 成 無條件捨去 駝背 駝背2
註解 “駝背判斷”
註解 “骨盆前傾判斷”
如果 夾角 > 10
執行 行內容器 代碼 “1” 設定 內部網頁 字串組合 “辨識結果” “駝背”
否則 行內容器 代碼 “1” 設定 內部網頁 字串組合 “辨識結果” “挺立”
行內容器 代碼 “2” 設定 內部網頁 字串組合 “夾角” 夾角
    
```

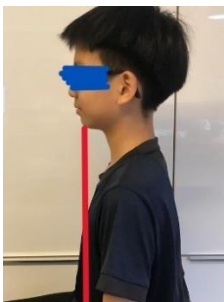


程式說明

1. 設定右肩膀到右臀髋部中心點 xy 成右肩膀的 y+右臀部的 y÷2 的絕對值
2. 設定駝背成無條件捨去的全身偵測角度 X0:右臀部的 X，Y0:右肩膀到右臀髋部中心點 xy，X1:右臀部的 X，Y1:右臀部的 Y
3. 設定駝背 2 成無條件捨去的全身偵測角度 X0:右肩膀的 X，Y0:右肩膀的 y，X1:右臀部的 X，Y1: 右肩膀到右臀髋部中心點 xy
4. 設定夾角 xy 成駝背-駝背 2
5. 如果夾角>10 就顯示且說出駝背否則顯示且說出良好





(六)烏龜脖

1. 定義：Craniovertebral Angle, CVA < 50 度。
2. 全身辨識衡量方式：側面時估算右耳(左耳)到【右肩膀與左肩膀中心點】對於 Z 軸轉動角度。

表 9：烏龜脖姿勢

正確姿勢	錯誤姿勢	利用全身辨識偵測錯誤姿勢圖
		

全身辨識實測：連續偵測圖

 <p>鼻到兩肩中心點角度xy:177 脖子延伸水平線:0 CVA:62</p> <p>辨識結果:良好</p>	 <p>鼻到兩肩中心點角度xy:177 脖子延伸水平線:0 CVA:45</p> <p>辨識結果:烏龜脖</p>
 <p>鼻到兩肩中心點角度xy:173 脖子延伸水平線:0 CVA:47</p> <p>辨識結果:烏龜脖</p>	 <p>鼻到兩肩中心點角度xy:-179 脖子延伸水平線:0 CVA:53</p> <p>辨識結果:烏龜脖</p>

程式說明

1. 設定 CVA 成右耳到右肩膀的 Z 軸，且校正-180°
2. 設定 CVA 成 90-CVA 的絕對值
3. 如果 CVA 大於 40 就顯示且說出烏龜脖

程式積木

The image shows a Scratch-style programming environment with the following script blocks:

- 行內容器 建立 代碼** "1" 值 "0" 字型大小 70 靠左距離 340 靠上距離 0 層次 999
- 行內容器 建立 代碼** "0" 值 "0" 字型大小 70 靠左距離 0 靠上距離 330 層次 999
- 全身偵測 視訊** Y 臉 Y 姿態 Y 左手掌 N 右手掌 N 鏡像 N 透明度 1
- 全身偵測 鏡頭 前置** 0 寬度 320 高度 240
- 全身偵測 畫面 靠左距離** 0 靠上距離 0
- 全身偵測 辨識完成後執行**
 - 宣告 全域** 兩肩中心點x 成 **姿態 右肩膀 屬性 y** + **姿態 左肩膀 屬性 y** + 2
 - 宣告 全域** 兩肩中心點y 成 **姿態 右肩膀 屬性 z** + **姿態 左肩膀 屬性 z** + 2
 - 宣告 全域** 鼻到兩肩中心點角度xy 成 **無條件捨去** 全身偵測 角度
 - X0 **姿態 鼻子 屬性 x**
 - Y0 **姿態 鼻子 屬性 z**
 - X1 **兩肩中心點x**
 - Y1 **兩肩中心點y**
 - 修改 鼻到兩肩中心點角度xy 自** -180
 - 宣告 全域** 脖子延伸水平線 成 **無條件捨去** 全身偵測 角度
 - X0 **姿態 鼻子 屬性 x**
 - Y0 **兩肩中心點y**
 - X1 **兩肩中心點x**
 - Y1 **兩肩中心點y**
 - 註解** "烏龜脖條件"
 - 宣告 全域** CVA 成 **無條件捨去** 全身偵測 身體轉動角度 Z 軸 部位 右耳 部位 右肩膀 校正角度 -180
 - 宣告 全域** CVA 成 **絕對值** 90 - CVA
 - 行內容器 代碼** "1" 設定 內部網頁 字串組合 "鼻到兩肩中心點角度xy:"
 - 鼻到兩肩中心點角度xy
 - 換行

 - 脖子延伸水平線:
 - 脖子延伸水平線
 - 換行

 - CVA:
 - CVA
 - 註解** "烏龜脖判斷"
 - 如果** CVA ≤ 50
 - 執行** 行內容器 代碼 "0" 設定 內部網頁 字串組合 "辨識結果:"
 - 烏龜脖
 - 否則** 行內容器 代碼 "0" 設定 內部網頁 字串組合 "辨識結果:"
 - 良好

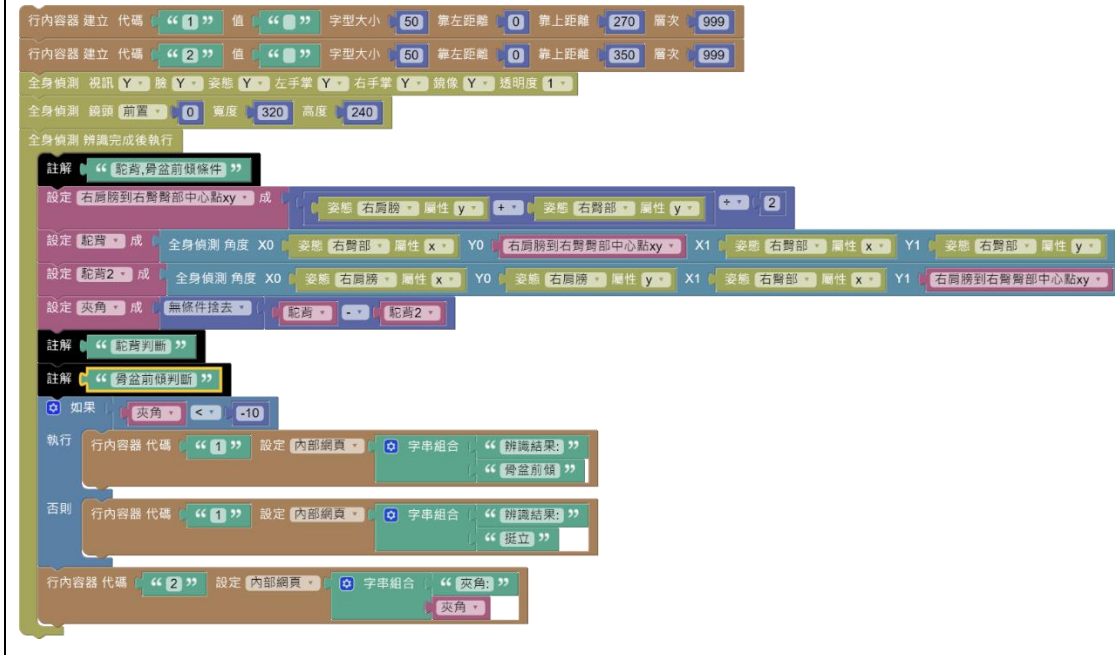
(七)骨盆前傾

1. 定義：「腰部過度往前傾」或「肩膀過度往後」。
2. 全身辨識衡量方式：側面時估算
 - (1) 右肩膀(左肩膀)與【右(左)肩膀與右(左)臀部中心點】角度。
 - (2) 右臀部(左臀部)與【右(左)肩膀與右(左)臀部中心點】角度
 - (3) 計算夾角。

表 10：骨盆前傾姿勢

正確姿勢	錯誤姿勢	利用全身辨識偵測錯誤姿勢圖
		
全身辨識實測：連續偵測圖		
 <p data-bbox="347 943 571 1055">辨識結果:挺立 夾角:3</p>	 <p data-bbox="962 943 1257 1055">辨識結果:骨盆前傾 夾角:4</p>	
 <p data-bbox="323 1301 627 1402">辨識結果:骨盆前傾 夾角:8</p>	 <p data-bbox="946 1301 1257 1402">辨識結果:骨盆前傾 夾角:20</p>	
<p>程式說明</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 設定右肩膀到右臀臀部中心點 xy 成右肩膀的 y+右臀部的 y÷2 的絕對值 2. 設定骨盆前傾成無條件捨去的全身偵測角度 X0:右臀部的 X，Y0:右肩膀到右臀臀部中心點 xy，X1:右臀部的 X，Y1:右臀部的 Y 3. 設定骨盆前傾 2 成無條件捨去的全身偵測角度 X0:右肩膀的 X，Y0:右肩膀的 y，X1:右臀部的 X，Y1:右肩膀到右臀臀部中心點 xy 4. 設定夾角 xy 成骨盆前傾-骨盆前傾 2 5. 如果夾角<-10 就顯示且說出骨盆前傾否則顯示且說出良好 		

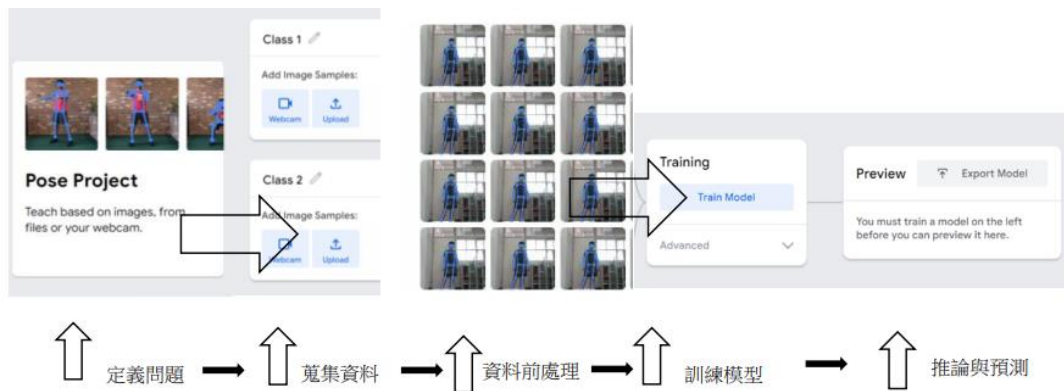
程式積木



二、探討人工智慧之姿態辨識應用於不良姿勢辨識分類的成效

(一) Teachable Machine(TM 平台)操作流程與建立分類模型

1. 姿態辨識五步驟：定義問題、蒐集資料、資料前處理、訓練模型、推論與預測。



圖七：利用 Teachable Machine(TM 平台)操作步驟

2. 若分類效果不佳，回到訓練資料集刪除模糊不清的資料，再重新訓練模型。

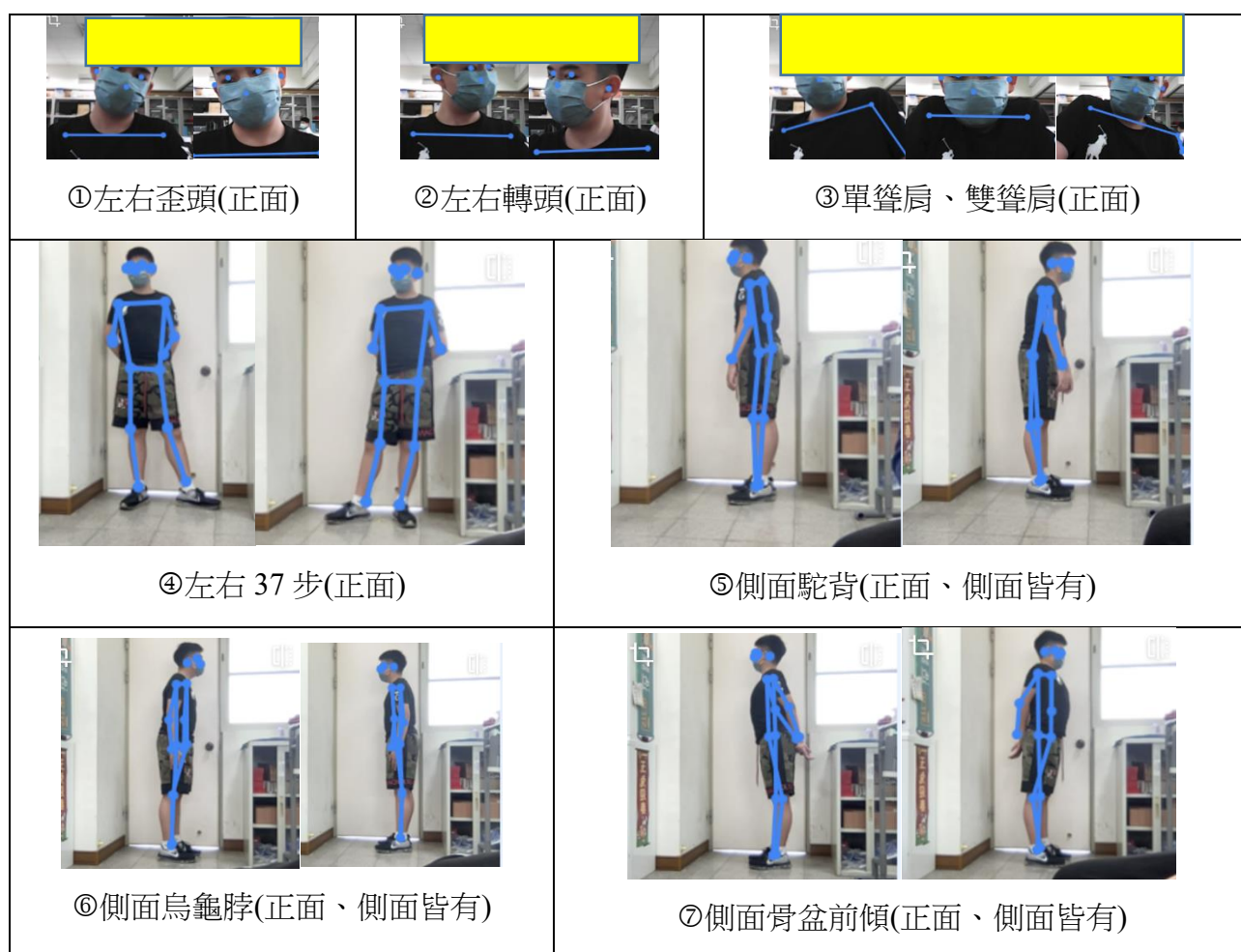


圖八：訓練資料操作圖

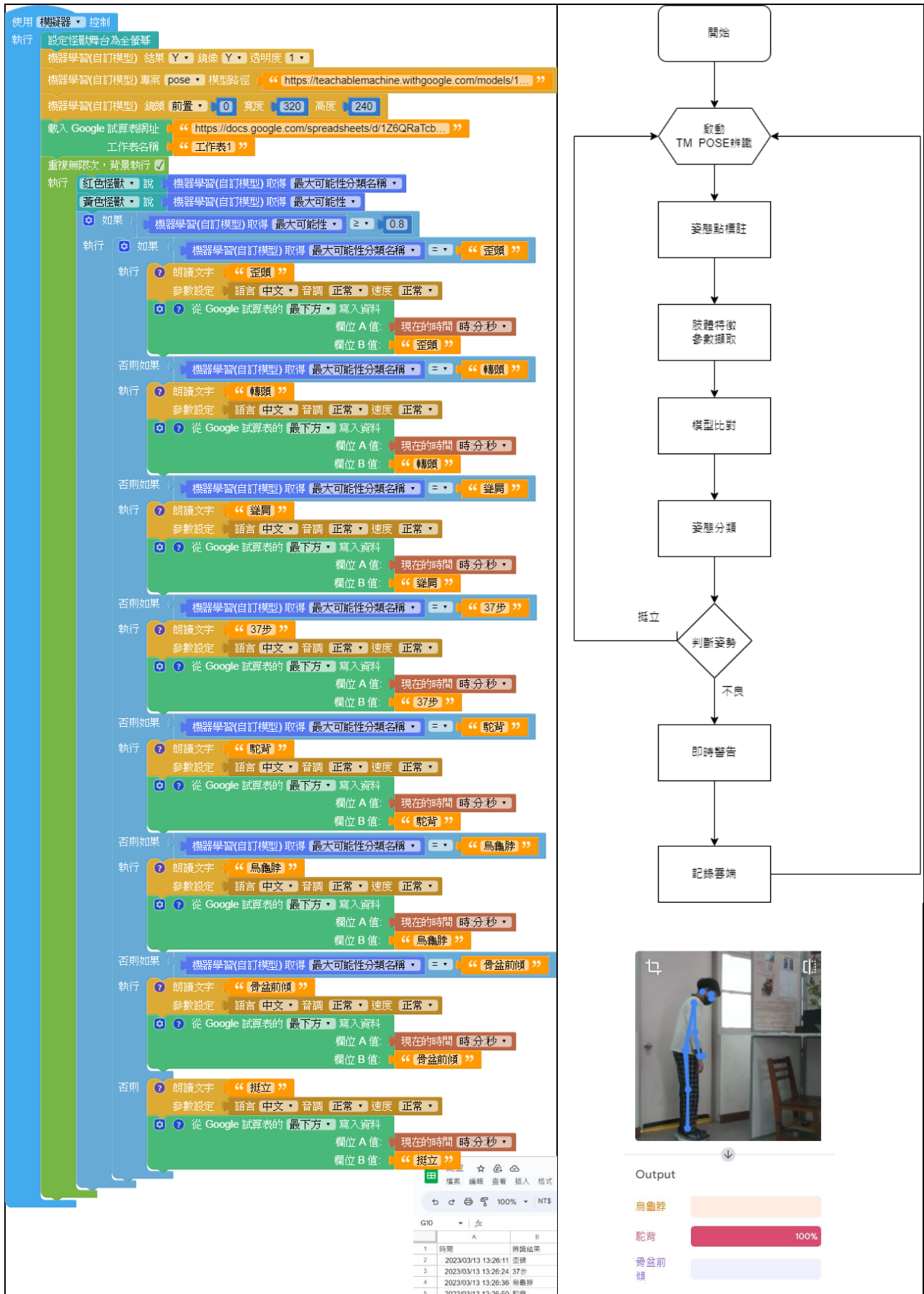
3. 資料集：

- (1) 由 20 位學生，每人根據定義的 7 種「不良姿勢」，每種姿態錄製 20 張 POSE 照片(在 TMPOSE 皆有對應到偵測點的情況)，每個姿態類別共 400 張 POSE 照片。
- (2) 類別①~③：正面近照。
- (3) 類別④：正面全身遠照與下半身近照。
- (4) 類別⑤~⑦：正面全身遠照、上半身近照與側面全身遠照、上半身近照。
- (5) 資料前處理時，若發現同張姿態照片出現兩種或以上的不良姿態時，刪除且重新錄製。

表 11：7 種「不良姿勢」展示圖



4. 程式流程圖



圖九：程式說明與流程圖

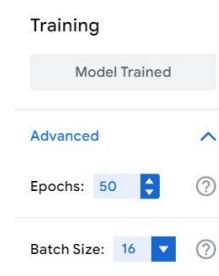
(二)分類辨識模型效能評估

1. 實驗過程：參考人工智慧文獻，監督式機器學習的測試其一評估方法，**截留確認法 (Holdout Validation)**，通常是取 K 等份的資料用來訓練，剩下的資料用來測試。測試常用方式分為 **9:1**、**8:2**、**7:3**。TMPOSE 預設為 15% 為測試集。

其中①Epochs：迭代(iteration)學習的次數預為 20。

②Batch Size：批次匯入訓練的資料樣本數皆設定為 16。

③Learning Rate：學習率，是一種超參數，足以影響模型學習到的預測答案與標準答案之間的差距，收斂到最小值。皆設定為 0.001。



圖十：參數設定

(1) 實驗一：利用 TMPOSE 對「7 種不良姿態」測試。資料的 15% 當作驗證測試集。

表 12：類別①~⑦辨識結果之模糊矩陣(confusion matrix)

	37步	歪頭	烏龜脖	聳肩	轉頭	駝背	骨盆前傾
37步	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
歪頭	0%	26.3%	73.7%	0%	0%	0%	0%
烏龜脖	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
聳肩	0%	7.1%	42.9%	25%	17.9%	7.1%	0%
轉頭	0%	0%	4.8%	0%	90.5%	4.8%	0%
駝背	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
骨盆前傾	0%	0%	4.7%	0%	0%	25%	70.3%

①參數設定：Epochs：20、其餘不變。

	37步	歪頭	烏龜脖	聳肩	轉頭	駝背	骨盆前傾
37步	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
歪頭	0%	31.6%	68.4%	0%	0%	0%	0%
烏龜脖	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
聳肩	0%	10.7%	42.9%	25%	17.9%	3.6%	0%
轉頭	0%	0%	4.8%	0%	90.5%	4.8%	0%
駝背	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
骨盆前傾	0%	0%	1.6%	0%	0%	29.7%	68.8%

①參數設定：Epochs：30、其餘不變。

(2) 實驗二：利用 TMPOSE 對「類別①~③不良姿態」測試。資料的 15% 當作驗證測試集。

表 13：類別①~③辨識結果之模糊矩陣(confusion matrix)

	歪頭	聳肩	轉頭
歪頭	100%	0%	0%
聳肩	20%	60%	20%
轉頭	7.7%	0%	92.3%

①參數設定：Epochs：20、30、其餘不變。

(3) 實驗三：利用 TMPOSE 對「類別④~⑦不良姿態」**正面、側面(全身遠照、近照混合) POSE** 測試。資料的 15% 當作驗證測試集。

表 14：類別④~⑦正面、側面辨識結果之模糊矩陣(confusion matrix)

	37步	烏龜脖	駝背	骨盆前傾		37步	烏龜脖	駝背	骨盆前傾
37步	100%	0%	0%	0%		100%	0%	0%	0%
烏龜脖	0%	100%	0%	0%		0%	100%	0%	0%
駝背	0%	0%	100%	0%		0%	0%	100%	0%
骨盆前傾	1.6%	0%	52.5%	45.9%		0%	0%	45.9%	54.1%

①參數設定：Epochs：20、其餘不變。

②參數設定：Epochs：30、其餘不變。

(4)實驗四：利用 TM POSE 對「類別⑤~⑦不良姿態」正面(近照)POSE 測試。資料的 15% 當作驗證測試集。

表 15：類別⑤~⑦正面近照 PSOE 辨識結果之模糊矩陣(confusion matrix)

	烏龜脖正面	駝背正面	骨盆前傾正面
烏龜脖正面	100%	0%	0%
駝背正面	0%	100%	0%
骨盆前傾正面	0%	21.7%	78.3%

①參數設定：Epochs：20、30、50、其餘不變。

(5)實驗五：利用 TM POSE 對「類別⑤~⑦不良姿態」側面(近照)POSE 測試。資料的 15% 當作驗證測試集。

表 16：類別⑤~⑦側面近照 PSOE 辨識結果之模糊矩陣(confusion matrix)

	烏龜脖側面	駝背側面	骨盆前傾側面		烏龜脖側面	駝背側面	骨盆前傾側面
烏龜脖側面	100%	0%	0%		100%	0%	0%
駝背側面	2.6%	92.3%	5.1%		2.6%	87.2%	10.3%
骨盆前傾側面	0%	14.6%	85.4%		0%	12.5%	87.5%

①參數設定：Epochs：20、30、其餘不變。

②參數設定：Epochs：50、100、其餘不變。

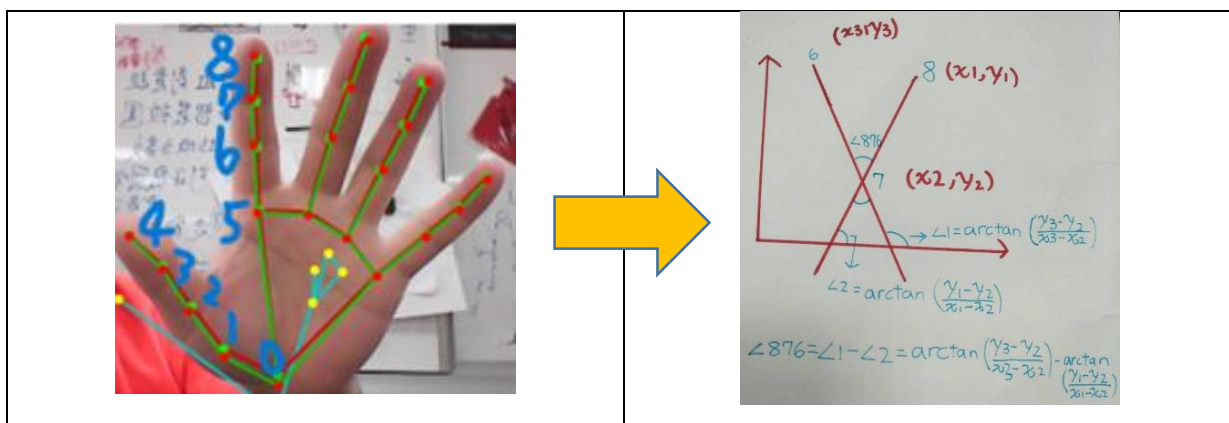
(三)實驗結果

1. 實驗一(表 12) Epochs 為 20 時，平均準確度：78.9%。增加 Epochs 為 30 時，平均準確度僅稍微提高至 79.2%。
2. 實驗二(表 13) Epochs 為 20、30 時，平均準確度皆為 85.7%。
3. 實驗三(表 14) Epochs 為 20 時，平均準確度 86.2%。增加 Epochs 為 30 時，平均準確度僅稍微提高至 88.1%。
4. 實驗四(表 15)在 Epochs 為 20、30、50 時，平均準確度皆為 93.2%。
5. 實驗五(表 16)在 Epochs 為 20、30 時，平均準確度 91.4%。增加 Epochs 為 50、100 時，平均準確度僅稍微降低至 90.5%。

三、探討全身辨識(Mediapipe)對於「7種不良姿態」辨識準確度

(一)姿態辨識之姿態特徵條件設定方式：

若取兩特徵點之間的距離因物件距離鏡頭遠近會隨著改變造成條件不易控制。可使用特徵間距離的比值、距離及 XYZ 座標比大小、兩特徵點傾斜角度、兩兩特徵點傾斜角度的夾角等設定條件。



圖十一：以食指為例，計算 $\angle 876$ (兩兩特徵點傾斜角度的夾角)

(二)定義不良姿勢(編號 1~7)：

- 1.歪頭。2.轉頭。3.聳肩。4.三七步。5.駝背。6.烏龜脖。7.骨盆前傾。

(三)全身辨識在各種不同實驗變因下之辨識準確度

【實驗一】測試者穿著長短袖、顏色的衣物對於全身辨識**骨骼關鍵點**偵測之影響

1. 實測步驟：





- (1) 架設視訊鏡頭且離地 125 公分。
- (2) 測試者著深色(黑、深藍、棕)、淺色(白、青綠、天空藍)衣物在相同背景下(自然教室)偵測，且欲辨識的(1~7種)不良姿態皆在辨識畫面內。

2. 實驗數據：✓：完全偵測到關鍵點；✗：沒有完全偵測到關鍵點。

表 17：不同衣物對於全身辨識關鍵點之實測記錄表

不良姿勢 衣著樣式		不良姿勢						
		歪頭	轉頭	聳肩	三七步	駝背	烏龜脖	骨盆前傾
淺色 系列	短袖	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	長袖	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
深色 系列	短袖	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	長袖	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

3. 實測效果圖

藍色長袖衣物	綠色長袖袖衣物	黑色短袖衣物	黑色長袖衣物
			
辨識結果:駝背	辨識結果:駝背	辨識結果:駝背	辨識結果:駝背

圖十二：以駝背為例實測圖

4. 實驗結果：

- (1) 不論是長短袖或是不同深淺顏色，全身辨識對於測試者的骨骼關鍵點皆可偵測出。
- (2) 甚至利用帽 T 遮住臉部且側身，全身辨識對於測試者的骨骼關鍵點亦可偵測出。

【實驗二】探討不同距離對於全身辨識偵測不良姿態之效果

1. 實測步驟：

- (1) 架設視訊鏡頭且離地 125 公分。
- (2) 編號 1~5 位同學，身高介於 155~170 公分，且分別測試在距離 1 公尺、2 公尺、3 公尺和、4 公尺大於 3 公尺處偵測(1~7 種)不良姿態。

2. 實驗數據：以分數表示偵測之評分，分數愈高代表愈多人在此距離處辨識正確。(以 3 分為例：表示 5 位測試者中，有 3 位在此距離處對於不良姿態辨識正確。)

表 18：不同距離對於全身辨識偵測評分表

不良姿勢 不同距離	歪頭	轉頭	聳肩	三七步	駝背	烏龜脖	骨盆前傾
	2 公尺內為坐姿方式偵測 2 公尺外為站姿方式偵測			皆為站姿方式偵測			
1 公尺	5	5	5	0	0	0	0
2 公尺	5	5	5	0	2	1	2
3 公尺	5	5	5	1	4	5	3
4 公尺	4	4	3	4	3	4	4
大於 4 公尺	2	2	1	3	2	2	3

3. 實測效果圖

測試者 170 公分，距離 2 公尺，測試不良姿態 37 步，但辨識結果錯誤。



37步雙腳夾角xy:13
右腳彎曲角度xy:173
左腳彎曲角度xy:-5

辨識結果:良好

圖十三：距離 2 公尺，雙腳未完全入畫面之誤判結果

4. 實驗結果

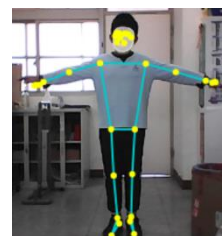
- (1) 不良姿態歪頭、轉頭和聳肩不論是坐姿或站姿偵測效果皆為佳。
- (2) 不良姿態三七步、駝背、烏龜脖、骨盆前傾在站姿偵測時，發現欲辨識的姿態必須入鏡，效果才會好。
- (3) 大於 4 公尺後，甚至到 6 公尺，亦然可以觀察出偵測點。但辨識的準確度卻大幅下降。
- (4) 由於鏡頭設置高度為 125 公分，所以身高 170 公分的測試者為例，對於採用站姿偵測的不良姿態準確判斷的距離範圍：4~5.5 公尺。

【實驗三】實測全身辨識對於「7 種不良姿態」辨識準確度。

由實驗二得不同身高測試者必須調整不同的距離來作偵測，方才提高辨識準確度。於是實驗三設計測試者皆以全身入境且關鍵偵測點出現為量測距離，才開始辨識，以求公平。

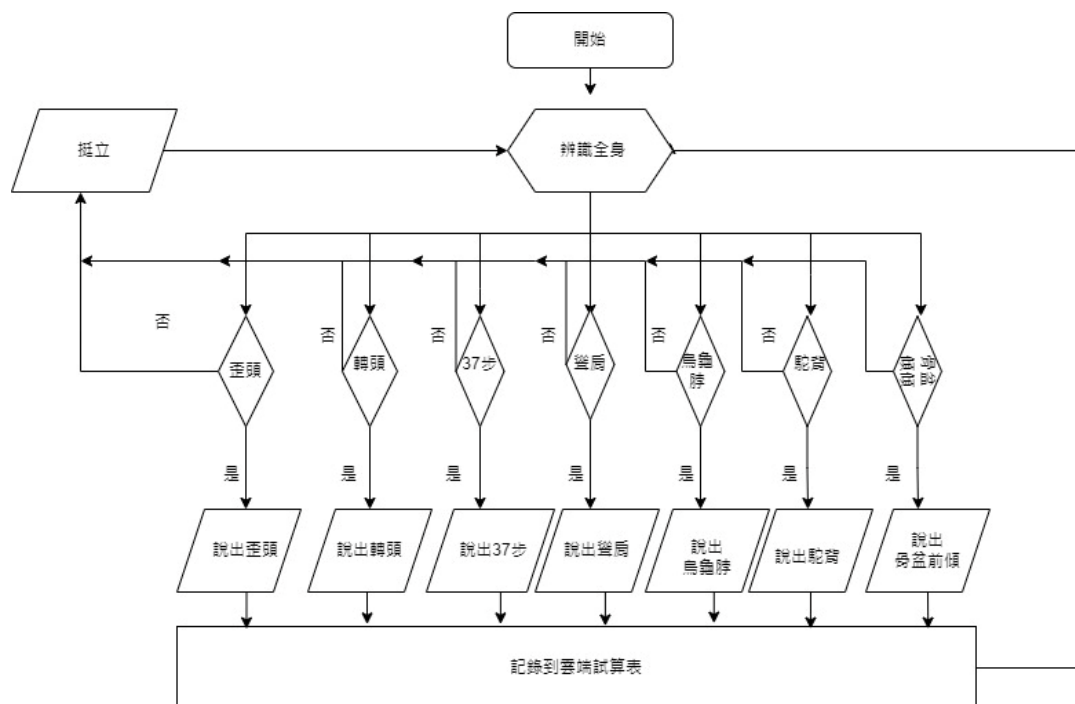
1. 實測步驟：

- (1) 倚靠牆站立，使得系統先判斷為「挺立」。
- (2) **全身入鏡**且**關鍵偵測點必須出現**，如右圖。
- (3) 編號 1~50 位同學測試定義的不良姿勢(1~7 種)。



圖十四

(4) 姿態辨識程式流程如下：



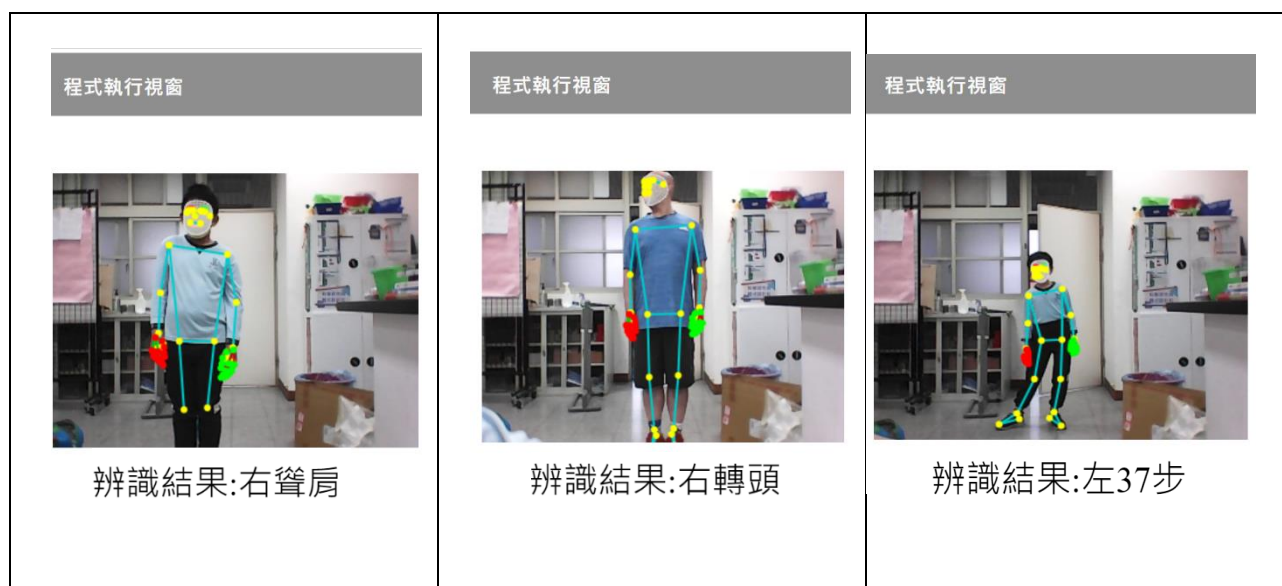
圖十五：全身辨識流程圖

2. 實測數據

表 19：實測記錄表

測試姿態 \ 辨識結果	正面偵測				側面偵測		
	歪頭	轉頭	聳肩	37步	駝背	烏龜脖	骨盆前傾
歪頭	46	5	6	0	0	0	0
轉頭	3	44	1	0	0	0	0
聳肩	1	1	43	3	0	0	0
37步	0	0	0	47	0	0	0
駝背	0	0	0	0	42	3	4
烏龜脖	0	0	0	0	5	47	1
骨盆前傾	0	0	0	0	3	0	45
挺立	0	0	0	0	0	0	0
辨識率	92%	88%	86%	94%	84%	94%	90%

3. 實測效果圖



圖十六：辨識結果圖

4. 實驗結果

- (1) 由表 19，全身正面偵測平均辨識率為 90%，其中前三項全身正面偵測平均辨識率為 88.7%。
- (2) 由表 19，全身側面偵測平均辨識率為 89.3%。

柒、討論

- 一、TM POSE 實驗分別針對全部、姿態不同部位或正面、側面判讀易混淆的姿態做切割來探討。
- 二、在表 12 中全身偵測 37 步時準確度最高，是合理的。因為 37 步正面偵測的重點在於重心偏移與雙腳打開程度，並無與其他類別重複。
- 三、在表 12 中全身偵測歪頭、聳肩最容易誤判為烏龜脖。由於正面偵測歪頭、聳肩與側面偵測烏龜脖相似度極高，系統容易誤判。
- 四、在表 12、表 14 中全身偵測骨盆前傾部分誤判為駝背與烏龜脖。因為動作是腰過於往前所以正面偵測時判讀成駝背。另一動作是造成肩膀過後，在側面偵測時相較之下判讀成烏龜脖。
- 五、針對正面且頭頸部的 3 部分測試，由表 13 的混淆矩陣中可得聳肩還是容易誤判為歪頭或轉頭(表 12 也有此現象)。其中由於聳肩分為右、左與雙肩，例如在右聳肩時系統即會誤判為右歪頭。圖像觀察皆是「頭與肩」相連右偏，因此聳肩的準確度才會相較低。
- 六、表 15 正面近照與表 16 側面近照混淆的情況雷同，但正面準確度稍微高些。因為側面偵

測時可觀察偵測點肩膀到臀部不論是呈現駝背或骨盆前傾小姿態動作時，偵測點看起來幾乎是連成一直線，除非駝背姿勢變大，產生肩膀向前傾動變大才易分辨兩者差異。

七、表 18 中，當測試值者欲辨識的不良姿態不在偵測畫面中，容易出現誤判情況。

八、全身辨識產生的偵測點為 33 個，同時有 XYZ 三軸資訊相較之下對於姿態的描述應較為準確。但由於每人身形不一且距離視訊畫面遠近不同，容易影響估算的參數值。太遠(人的身形過小)對於細微的動作，例如聳肩，不準確。側面辨識時，駝背、骨盆前傾兩動作與脖子、肩膀有連動關係(例如駝背時會不自覺低頭等)，測試者容易同時作動，造成誤判。

捌、結論

一、TM POSE 與全身辨識(Mediapipe)不同之處，沒有 XY 座標估算角度或距離等。TM POSE 是由刻劃出來的點跟線有關。以點跟線為依據，其實是以點線構成的姿態作為資料輸入，輸出為分類類別。

二、TM POSE 因判讀是點線構成的姿態，所以與背景、誰是測試者無關。

三、TM POSE 因無座標計算，可只針對欲辨識的部位姿態測試即可。但也因無 XY 數值計算所以側面姿態若曲度或動作不明顯時不易變別。

四、TM POSE 的訓練或測試在系統拍攝完畢後，如同「照片」辨識的概念(監督式學習)。所以表 15 設定 Epochs 為 50、100 時，平均準確度比之前稍微降低，產生過擬合現象。亦可透過觀察 Confusion 矩陣呈現出誤判的情況，重新調整訓練資料。

五、全身辨識(Mediapipe)時，不因測試者著不同色系搭配的長短袖衣物而影響骨骼關鍵點之偵測。甚至遮住臉部側身時亦可偵測之。

六、全身辨識(Mediapipe)時，估算姿態動作宜使用「不變量」，例如角度：理論上不分遠近理應相同或相對比例較不易出錯。

七、全身辨識(Mediapipe)時，在衡量兩兩特徵點的角度，會受到人在鏡頭的距離而不同，主要是角度因移動未完全垂直鏡頭方向移動，所以角度會些微變動。

八、全身辨識(Mediapipe)時，若欲辨識的姿態不在視訊畫面內(表 18)，程式會自動推算相對應的座標。這樣容易造成估算誤差。

九、全身辨識(Mediapipe)時，因為全身其實是連動的，例如在示範 37 步時有可能肩膀就會傾斜，誤判為聳肩。或者駝背時脖子會微微向前這也是常誤判為烏龜脖的狀況。

十、由表 12~16 可觀察出，聳肩與骨盆前傾等在 TM POS 的辨識下信心容易低於 0.8。由表 19 中全身辨識對於此兩種不良姿態辨識率皆大於 80%。用來當作第二層辨識來判斷可彌補第一層誤判的情形。

十一、 TM POSE 判讀的「不良姿態」可信度若低於 0.8，則透過 MQTT 啟動全身辨識 (Mediapipe)偵測，希冀藉此兩系統提供的資訊，發出警訊提醒使用者姿態不良的情況。

十二、 此系統結合 IOT 與語音朗讀功能，使用者可隨時監測自身身形是否「挺立」。若系統偵測到「不良姿態」時，可即時回饋使用者，且幫助使用者何時呈現「不良姿態」記錄在雲端，可供日後是否有病徵的查詢。

十三、 作品特色

(一)低成本、易推廣：建置費用低廉。利用免費軟體 TM PSOE 與 SpBlocklyjs，與 300~500 萬畫素的視訊鏡頭即可使用「挺立」系統。容易在學校、診所、保健中心或公共場所設置，第一時間提醒學生或民眾，達到即時預防的效果。

(二)舒適度：不須配戴任何裝置，炎炎夏日不會有不舒服感。

(三)簡易修改程式後即可變為復健系統，例如：修改雙腳彎曲程度來判斷是否執行微蹲動作，可應用於需要復健的病患身上。

玖、未來展望

一、學習文字程式，建立第二代「挺立」系統可依照測試者不同距離而調整鏡頭的角度或焦距，更符合使用者的習慣。且利用追蹤人臉技術，當拍攝到人臉時可自動產生馬賽克遮住測試者臉部，保護其肖像權與隱私權。

二、TM POSE 系統與全身辨識系統使用不同計分方式，希冀能提高辨識準確度。例如：TM POSE、全身辨識兩系統各自辨識結果的評分各佔 50%的重要性，依序相互加總評分，最後判對是何種不良姿態。

三、建立多人偵測，節省民眾等待時間。

壹拾、參考資料

一、新聞類(網路資源)

(一) 夏雅凡(2016)。「烏龜頸」影響儀態又傷身 預防治療應趁早。取自 NOW 健康 https://healthmedia.com.tw/main_detail.php?id=21424。

(二) 周佳儀 醫師(2021)。「在家學習愈坐愈「歪」？不能輕忽的兒童駝背」。取自親子天下 <https://www.parenting.com.tw/article/5089994>。

(三) 花鼻子 (2017)。「駝背所造成的身體負擔」。取自 Heho 健康 <https://heho.com.tw/archives/1586>。

(四) AVIS WU(2021)。 骨盆前傾害你凸小腹！。取自 Women'sHealth <https://www.womenshealthmag.com/tw/fitness/work-outs/g34888260/pelvic-tilt/>。

(五) 鄭建彥(2020)。使用 Google Teachable Machine 來實現 Raspberry Pi 4 的影像分類推論。取自 CAVEDU 教育團隊技術部落格 <https://blog.cavedu.com/2020/11/26/google-teachable-machine-raspberry-pi-4/>。

二、書籍類

(一) 傅仲儀(2020)。Webbit 進階應用-AI 姿態辨識智慧開關。鳳山科技中心法蘭斯主任研習檔案。

三、論文、報告類

(一) 江政家、林智揚、陳常青、王俞涵、鄭叔珩、萬芷伶(2007)。「握」虎藏龍。全國科展第 47 屆生活與應用科學科。

(二) 吳晉璋、陳盈宣、吳建德(2014)。字立字強－寫字練功房。全國科展第 54 屆生活與應用科學科。

(三) 潘勁諺、郭及人(2019)。天龍八「步」— 利用足底壓力，製作偵測內八 或外八姿勢的穿戴式裝置。全國科展第 59 屆生活與應用科學(一)科。

(四) 陳思惟(2019)。低頭響起智慧站姿訓練矯正頭帶。全國科展第 59 屆生活與應用科學(一)科。

(五) 陳宥王、何子頌、王冠霖(2020)。脊椎矯正器。全國科展第 60 屆工程學科(一)科。

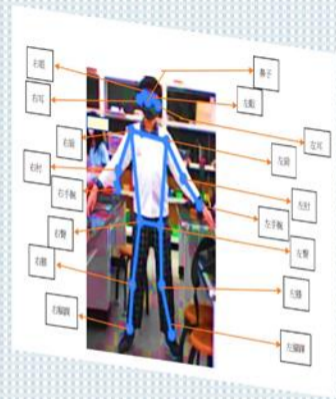
(六) 呂承諭、周姍妤(2022)。搶救生命大作戰-AI 姿態辨識在智慧型高品質 CPR 訓練引導式教學輔具系統設計之研究。全國科展第 61 屆生活與應用科學(一)科。

【評語】 082805

1. 利用 TM P O S E 軟體使用 17 個姿勢點, 使用 Mediapipe Holistic 全身偵測, 姿態辨識 33 個標誌, 來判斷不同穿著, 不同距離, 對於「7 種不良姿態」辨識準確度的影響。
2. 系統的辨識率介於 84~94% 正確。
3. 可以七種不良姿態的實驗的 confusion matrix。
4. 實驗完整對於姿勢不良可以提出即時判斷有實用性。

作品海報

挺立 - 應用全身辨識輔助 站姿調整即時回饋系統之研究



壹、研究動機

學生在生活中常常不知不覺地彎腰駝背，導致姿勢不良，造成肌肉以及骨骼受傷，通常在健康檢查照X光才有所發現，為時已晚。「挺立」系統設計的TM POSE在不同情況下平均準確度達80%以上；全身辨識部分準確度也達85%。此系統設定TM POSE當作第一層把關，若辨識後的信心度不足0.8，透過MQTT，啟動第二層全身辨識系統，最終的判讀結果透過語音朗讀的機制即時回饋給使用者，即時提醒身體何處「姿態不良」，可盡快調整站姿。「挺立」系統當作「不良姿態」檢測的把關先鋒，照顧所有師生，讓我們避免於脊椎病變引起的疾病，實屬不易。

貳、文獻探討

文獻中量測低頭或脊椎彎曲的情況皆是使用外部感測器，必須穿戴在身上，會有舒適度與成本的問題。於是我們進一步設計「應用全身辨識輔助站姿調整即時回饋系統」裝置希望能更有效的解決不良姿勢問題。

參、研究問題或目的

- 一、探討7種站立時，時常發生的不良姿勢。
- 二、探討人工智慧之姿態辨識應用於不良姿勢辨識分類的成效。
- 三、全身辨識在各種不同實驗變因下之辨識準確度。
 - (一)測試者穿著長短袖、顏色的衣物對於全身辨識(Mediapipe)骨骼關鍵點偵測之影響。
 - (二)探討不同距離對於全身辨識(Mediapipe)偵測不良姿態之效果。
 - (三)實測全身辨識(Mediapipe)對於「7種不良姿態」辨識準確度。

肆、研究方式與結果

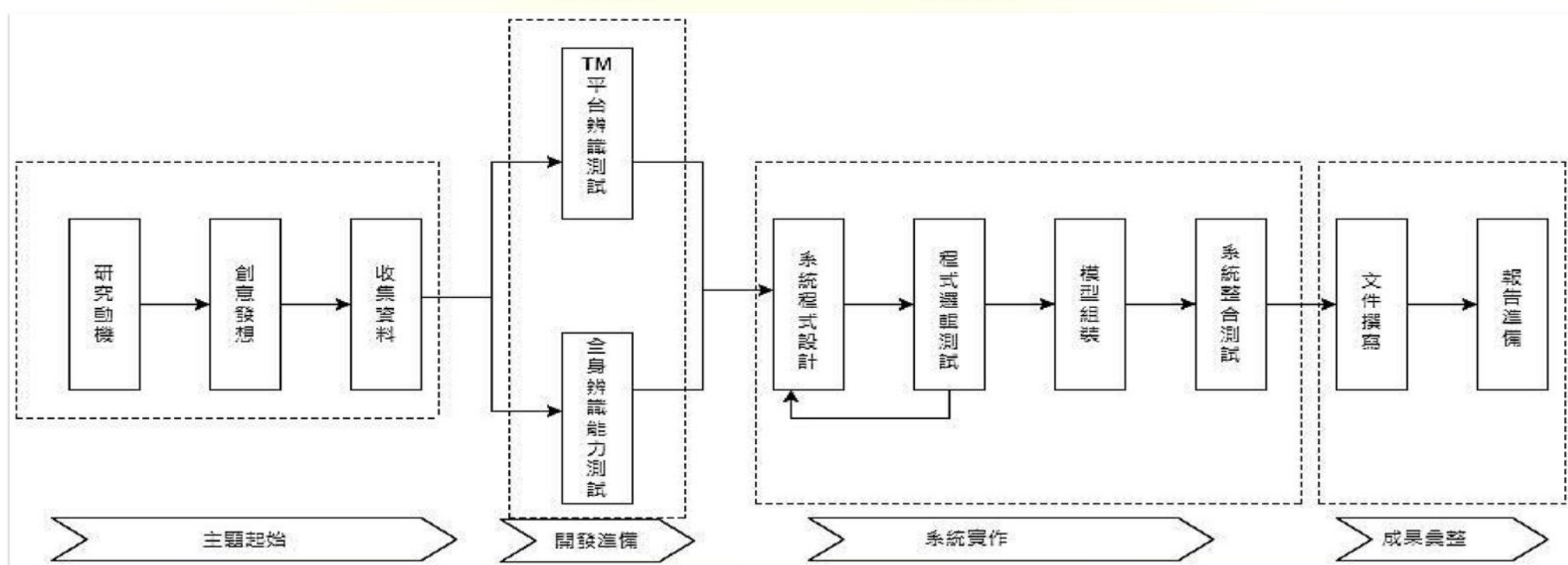


圖4-1：研究架構圖

一、探討7種站立時，時常發生的不良姿勢

(一)歪頭

- 定義：頭偏離鼻心與兩肩中點的中心線。
- 全身辨識衡量方式：左右眼兩特徵點(XY座標)傾斜角度。

表4-1：歪頭姿勢

正確姿勢	錯誤姿勢	利用全身辨識偵測錯誤姿勢圖
全身辨識實測：連續偵測圖		
左右眼轉動角度:171 挺立	左右眼轉動角度:167 左歪頭	左右眼轉動角度:146 左歪頭
左右眼轉動角度:161 左歪頭		

(二)轉頭

- 定義：頭向左轉或向右轉。
- 全身辨識衡量方式：臉部第163偵測點與臉部第360偵測點，兩特徵點(XZ座標)傾斜角度。

表4-2：轉頭姿勢

正確姿勢	錯誤姿勢	利用全身辨識偵測錯誤姿勢圖
全身辨識實測：連續偵測圖		
頭部轉動角度:178 挺立	頭部轉動角度:213 右轉頭	頭部轉動角度:205 右轉頭
頭部轉動角度:213 右轉頭		

(三)聳肩

- 定義：肩膀高於雙手自然垂下時兩肩的水平連線(右聳肩、左聳肩或兩肩同時聳起)。
- 全身辨識衡量方式：左右肩膀兩特徵點(XY座標)傾斜角度。

表4-3：聳肩姿勢：

正確姿勢	錯誤姿勢	利用全身辨識偵測錯誤姿勢圖
全身辨識實測：連續偵測圖		
兩肩角度:0 挺立	兩肩角度:350 右聳肩	兩肩角度:344 右聳肩
兩肩角度:349 右聳肩		

(四)三七步

- 定義：臀部重心偏移，皆落在同一側，脊椎與骨盆歪斜。
- 全身辨識衡量方式：
 - 計算右(左)臀部到右(左)膝蓋角度。
 - 計算右(左)膝蓋到右(左)腳踝角度。
 - 求(1)(2)夾角。
 - 計算雙腳張開角度。

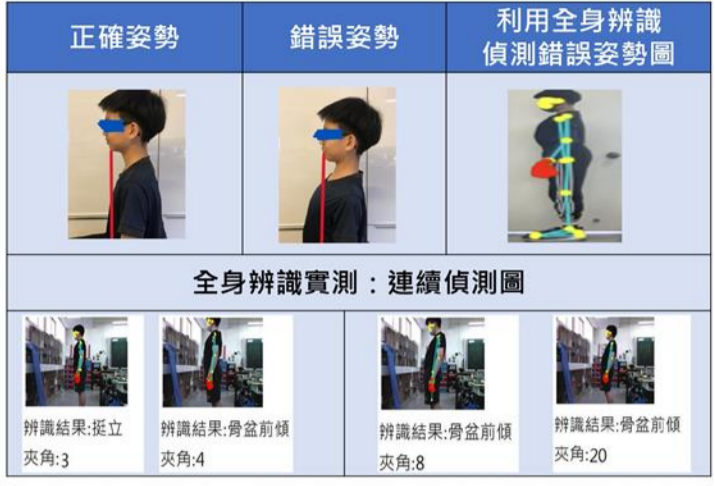
表4-4：三七步姿勢

正確姿勢	錯誤姿勢	利用全身辨識偵測錯誤姿勢圖
全身辨識實測：連續偵測圖		
37步雙腳夾角xy:8 右腳彎曲角度xy:184 左腳彎曲角度xy:-2 辨識結果:良好	37步雙腳夾角xy:16 右腳彎曲角度xy:189 左腳彎曲角度xy:-3 辨識結果:良好	37步雙腳夾角xy:31 右腳彎曲角度xy:187 左腳彎曲角度xy:5 辨識結果:左37步
37步雙腳夾角xy:24 右腳彎曲角度xy:186 左腳彎曲角度xy:2 辨識結果:左37步		

(五)駝背
 1.定義 義：背部彎曲弓起(胸椎向後弧度過大)，且後彎的幅度大於40度以上，有時雙膝會微蹲。
 2.全身辨識衡量方式：側面時估算
 (1)右肩膀(左肩膀)與【右(左)肩膀與右(左)臀部中心點】角度。
 (2)右臀部(左臀部)與【右(左)肩膀與右(左)臀部中心點】角度。
 (3)計算夾角。
 表4-7：駝背姿勢

(六)烏龜脖
 1.定義 義：Craniovertebral Angle, CVA < 50 度。
 2.全身辨識衡量方式：側面時估算右耳(左耳)到【右肩膀與左肩膀中心點】對於Z軸轉動角度。
 表4-8：烏龜脖姿勢

(七)骨盆前傾
 1.定義 義：「腰部過度往前傾」或「肩膀過度往後」。
 2.全身辨識衡量方式：側面時估算
 (1)右肩膀(左肩膀)與【右(左)肩膀與右(左)臀部中心點】角度。
 (2)右臀部(左臀部)與【右(左)肩膀與右(左)臀部中心點】角度。
 (3)計算夾角。
 表4-9：骨盆前傾姿勢



二、探討人工智慧之姿態辨識應用於不良姿勢辨識分類的成效

(一)Teachable Machine(TM平台)操作流程與建立分類模型

1.姿態辨識五步驟：定義問題、蒐集資料、資料前處理、訓練模型、推論與預測。



圖七：利用Teachable Machine(TM平台)操作步驟

2.若分類效果不佳，回到訓練資料集刪除模糊不清的資料，再重新訓練模型。



圖八：訓練資料操作圖

3.資料集：

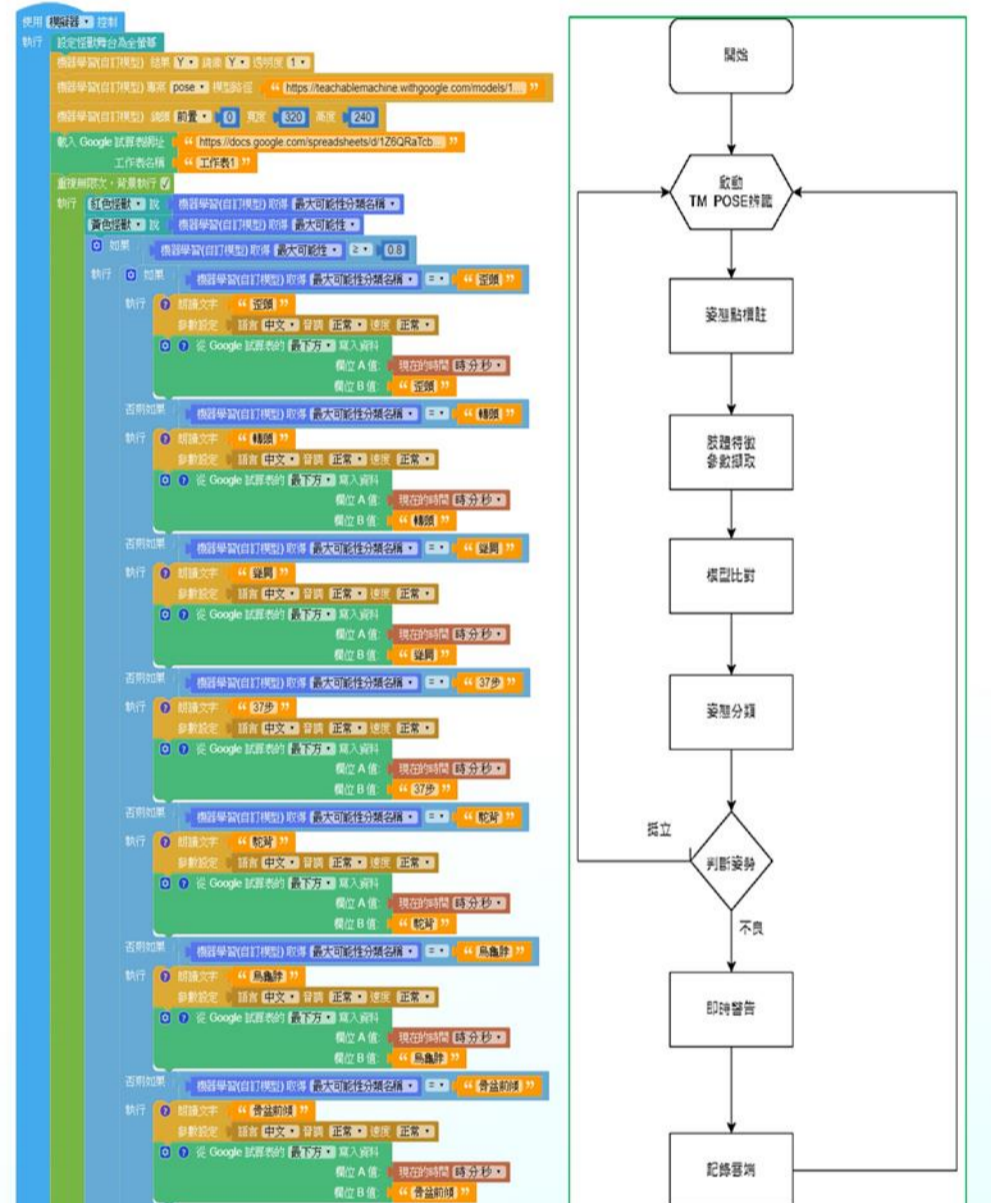
由20位學生，每人根據定義的7種「不良姿勢」，每種姿態錄製20張POSE照片(在TM POSE皆有對應到偵測點的情況)，每個姿態類別共400張POSE照片。

- 類別①~③：正面近照。
 - 類別④：正面全身遠照與下半身近照。
 - 類別⑤~⑦：正面全身遠照、上半身近照與側面全身遠照、上半身近照。
- 資料前處理時，若發現同張姿態照片出現兩種或以上的不良姿態時，刪除且重新錄製。

表11：7種「不良姿勢」展示圖



4.程式流程圖



圖九：程式說明與流程圖

(二)分類辨識模型效能評估

實驗過程：參考人工智慧文獻，監督式機器學習的測試其一評估方法，截留確認法(Holdout Validation)，通常是取K份的資料用來訓練，剩下的資料用來測試。測試常用方式分為9：1、8：2、7：3。TM POSE預設為15%為測試集。其中①Epochs：迭代(iteration)學習的次數預為20。②Batch Size：批次匯入訓練的資料樣本數皆設定為16。③Learning Rate：學習率，是一種超參數，足以影響模型學習到的預測答案與標準答案之間的差距，收斂到最小值。皆設定為0.001。

(1)實驗一：利用TM POSE對「7種不良姿態」測試。資料的15%當作驗證測試集。

表12：類別①~⑦辨識結果之模糊矩陣

	歪頭	雙肩	轉頭
歪頭	100%	0%	0%
雙肩	20%	60%	20%
轉頭	7.7%	0%	92.3%

①參數設定：Epochs：20、30，其餘不變。

(2)實驗二：利用TM POSE對「類別①~③不良姿態」測試。資料的15%當作驗證測試集。

表13：類別①~③辨識結果之模糊矩陣

	歪頭	雙肩	轉頭
歪頭	100%	0%	0%
雙肩	20%	60%	20%
轉頭	7.7%	0%	92.3%

①參數設定：Epochs：20、30，其餘不變。

(3)實驗三：利用TM POSE對「類別④~⑦不良姿態」正面、側面(全身遠照、近照混合)POSE測試。資料的15%當作驗證測試集。

表14：類別④~⑦正面、側面辨識結果之模糊矩陣

	烏龜脖正面	駝背正面	骨盆前傾正面
烏龜脖正面	100%	0%	0%
駝背正面	0%	100%	0%
骨盆前傾正面	0%	21.7%	78.3%

①參數設定：Epochs：20、30、50，其餘不變。

(4)實驗四：利用TM POSE對「類別⑤~⑦不良姿態」正面(近照)POSE測試。資料的15%當作驗證測試集。

表15：類別⑤~⑦正面近照POSE辨識結果之模糊矩陣

	駝背正面	烏龜脖正面	骨盆前傾正面
駝背正面	100%	0%	0%
烏龜脖正面	0%	100%	0%
骨盆前傾正面	0%	21.7%	78.3%

①參數設定：Epochs：20、30、50，其餘不變。

(5)實驗五：利用TM POSE對「類別⑤~⑦不良姿態」側面(近照)POSE測試。資料的15%當作驗證測試集。

表16：類別⑤~⑦側面近照POSE辨識結果之模糊矩陣

	駝背側面	烏龜脖側面	骨盆前傾側面
駝背側面	100%	0%	0%
烏龜脖側面	2.6%	92.3%	5.1%
骨盆前傾側面	0%	14.0%	85.9%

①參數設定：Epochs：20、30，其餘不變。 ②參數設定：Epochs：50、100，其餘不變。

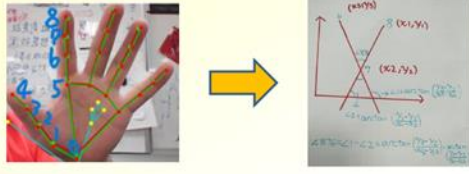
(三)實驗結果

- 實驗一(表12)Epochs為20時，平均準確度：78.9%。增加Epochs為30時，平均準確度僅稍微提高至79.2%。
- 實驗二(表13)Epochs為20、30時，平均準確度皆為85.7%。
- 實驗三(表14)Epochs為20時，平均準確度86.2%。增加Epochs為30時，平均準確度僅稍微提高至88.1%。
- 實驗四(表15)在Epochs為20、30、50時，平均準確度皆為93.2%。
- 實驗五(表16)在Epochs為20、30時，平均準確度91.4%。增加Epochs為50、100時，平均準確度僅稍微降低至90.5%。

三、探討全身辨識(Mediapipe)對於7種不良姿勢辨識準確度

(一)姿態辨識之姿態特徵條件設定方式：

若取兩特徵點之間的距離因物件距離鏡頭遠近會隨著改變造成條件不易控制。可使用特徵間距離的比值、距離及XYZ座標比大小、兩特徵點傾斜角度、兩兩特徵點傾斜角度的夾角等設定條件。



(二)定義不良姿勢(編號1~7)：

- 1.歪頭。2.轉頭。3.聳肩。4.三七步。5.駝背。6.烏龜脖。7.骨盆前傾。

(三)全身辨識在各種不同實驗變因下之辨識準確度

【實驗一】測試者穿著長短袖、顏色的衣物對於全身辨識骨骼關鍵點偵測之影響

1.實測步驟：

- (1)架設視訊鏡頭且離地125公分。
- (2)測試者著深色(黑、深藍、棕)、淺色(白、青綠、天空藍)衣物在相同背景下(自然教室)偵測，且欲辨識的(1~7種)不良姿勢皆在辨識畫面內。

2.實驗數據：✓：完全偵測到關鍵點；✘：沒有完全偵測到關鍵點。

表17：不同衣物對於全身辨識關鍵點之實測記錄表

不良姿勢	歪頭	轉頭	聳肩	三七步	駝背	烏龜脖	骨盆前傾
淺色	短袖	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	長袖	✓	✓	✓	✓	✓	✓
深色	短袖	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	長袖	✓	✓	✓	✓	✓	✓

3.實測效果圖



圖十二：以駝背為例實測圖

4.實驗結果：

- (1)不論是長短袖或是不同深淺顏色，全身辨識對於測試者的骨骼關鍵點皆可偵測出。
- (2)甚至利用帽T遮住臉部且側身，全身辨識對於測試者的骨骼關鍵點亦可偵測出。

【實驗二】探討不同距離對於全身辨識偵測不良姿勢之效果

1.實測步驟：

- (1)架設視訊鏡頭且離地125公分。
 - (2)編號1~5位同學，身高介於155~170公分，且分別測試在距離1公尺、2公尺、3公尺和、4公尺大於3公尺處偵測(1~7種)不良姿勢。
- 2.實驗數據：以分數表示偵測之評分，分數愈高代表愈多人在此距離處辨識正確。(以3分為例：表示5位測試者中，有3位在此距離處對於不良姿勢辨識正確。)

表18：不同距離對於全身辨識偵測評分表

不良姿勢	歪頭	轉頭	聳肩	三七步	駝背	烏龜脖	骨盆前傾							
								不同距離						
								2公尺內為坐姿方式偵測			2公尺外為站姿方式偵測			
皆為站姿方式偵測														
1公尺	5	5	5	0	0	0	0							
2公尺	5	5	5	0	2	1	2							
3公尺	5	5	5	1	4	5	3							
4公尺	4	4	3	4	3	4	4							
大於4公尺	2	2	1	3	2	2	3							

3.實測效果圖



圖十三：距離2公尺，雙腳未完全入畫面之誤判結果

4.實驗結果

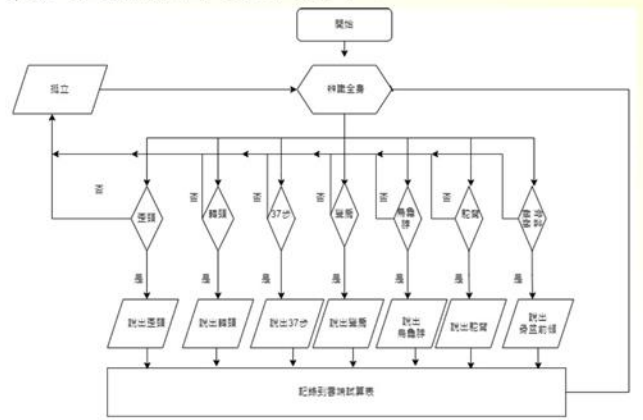
- (1)不良姿勢歪頭、轉頭和聳肩不論是坐姿或站姿偵測效果皆為佳。
- (2)不良姿勢三七步、駝背、烏龜脖、骨盆前傾在站姿偵測時，發現欲辨識的姿態必須入鏡，效果才會好。
- (3)大於4公尺後，甚至到6公尺，亦然可以觀察出偵測點。但辨識的準確度卻大幅下降。
- (4)由於鏡頭設置高度為125公分，所以身高170公分的測試者為例，對於採用站姿偵測的不良姿勢準確判斷的距離範圍：4~5.5公尺。

【實驗三】實測全身辨識對於「7種不良姿勢」辨識準確度

由實驗二得不同身高測試者必須調整不同的距離來作偵測，方才提高辨識準確度。於是實驗三設計測試者皆以全身入境且關鍵偵測點出現為量測距離，才開始辨識，以求公平。

1.實測步驟：

- (1)倚靠牆站立，使得系統先判斷為「挺立」。
- (2)全身入境且關鍵偵測點必須出現。
- (3)編號1~50位同學測試定義的不良姿勢。
- (4)姿態辨識程式流程如下：



2.實測數據

表19：實測記錄表

辨識結果	正面偵測				側面偵測		
	歪頭	轉頭	聳肩	37步	駝背	烏龜脖	骨盆前傾
歪頭	46	5	6	0	0	0	0
轉頭	3	44	1	0	0	0	0
聳肩	1	1	43	3	0	0	0
37步	0	0	0	47	0	0	0
駝背	0	0	0	0	42	3	4
烏龜脖	0	0	0	0	5	47	1
骨盆前傾	0	0	0	0	3	0	45
挺立	0	0	0	0	0	0	0
辨識率	92%	88%	86%	94%	84%	94%	90%

3.實測效果圖



圖十六：辨識結果圖

4.實驗結果

- (1)由表19，全身正面偵測平均辨識率為90%，其中前三項全身正面偵測平均辨識率為88.7%。
- (2)由表19，全身側面偵測平均辨識率為89.3%。

伍、討論

- 一.TM POSE實驗分別針對全部、姿態不同部位或正面、側面判讀易混淆的姿態做切割來探討。
- 二.在表12中全身偵測37步時準確度最高，是合理的。因為37步正面偵測的重點在於重心偏移與雙腳打開程度，並無與其他類別重複。
- 三.在表12中全身偵測歪頭、聳肩最容易誤判為烏龜脖。由於正面偵測歪頭、聳肩與側面偵測烏龜脖相似度極高，系統容易誤判。
- 四.在表12、表14中全身偵測骨盆前傾部分誤判為駝背與烏龜脖。因為動作是腰過於往前所以正面偵測時判讀成駝背。另一動作是造成肩膀過後，在側面偵測時相較之下判讀成烏龜脖。
- 五.針對正面且頭頸部的3部分測試，由表13的混淆矩陣中可得聳肩還是容易誤判為歪頭或轉頭(表12也有此現象)。其中由於聳肩分為右、左與雙肩，例如在右聳肩時系統即會誤判為右歪頭。圖像觀察皆是「頭與肩」相連右偏，因此聳肩的準確度才會較低。
- 六.表15正面近照與表16側面近照混淆的情況雷同，但正面準確度稍微高些。因為側面偵測時可觀察偵測點肩膀到臀部不論是呈現駝背或骨盆前傾小姿態動作時，偵測點看起來幾乎是連成一直線，除非駝背姿勢變大，產生肩膀向前傾動變大才易分辨兩者差異。
- 七.表18中，當測試值者欲辨識的不良姿勢不在偵測畫面中，容易出現誤判情況。
- 八.全身辨識產生的偵測點為33個，同時有XYZ三軸資訊相較之下對於姿態的描述應較為準確。但由於每人身形不一且距離視訊畫面遠近不同，容易影響估算的參數值。太遠(人的身形過小)對於細微的動作，例如聳肩，不準確。側面辨識時，駝背、骨盆前傾兩動作與脖子、肩膀有連動關係(例如駝背時會不自覺低頭等)，測試者容易同時作動，造成誤判。

陸、結論

- 一.TM POSE與全身辨識(Mediapipe)不同之處，沒有XY座標估算角度或距離等。TM POSE是由刻劃出來的點跟線有關。以點跟線為依據，其實是以點線構成的姿態作為資料輸入，輸出為分類類別。
- 二.TM POSE因判讀是點線構成的姿態，所以與背景、誰是測試者無關。
- 三.TM POSE因無座標計算，可只針對欲辨識的部位姿態測試即可。但也因無XY數值計算所以側面姿態若曲度或動作不明顯時不易變別。
- 四.TM POSE的訓練或測試在系統拍攝完畢後，如同「照片」辨識的概念(監督式學習)。所以表15設定Epochs為50、100時，平均準確度比之前稍微降低，產生過擬合現象。亦可透過觀察Confusion矩陣呈現出誤判的情況，重新調整訓練資料。
- 五.全身辨識(Mediapipe)時，不因測試者著不同色系搭配的長短袖衣物而影響骨骼關鍵點之偵測。甚至遮住臉部側身時亦可偵測之。
- 六.全身辨識(Mediapipe)時，估算姿態動作宜使用「不變量」，例如角度：理論上不分遠近理應相同或相對比例較不易出錯。
- 七.全身辨識(Mediapipe)時，在衡量兩兩特徵點的角度，會受到人在鏡頭的距離而不同，主要是角度因移動未完全垂直鏡頭方向移動，所以角度會些微變動。
- 八.全身辨識(Mediapipe)時，若欲辨識的姿態不在視訊畫面內(表18)，程式會自動推算相對應的座標。這樣容易造成估算誤差。
- 九.全身辨識(Mediapipe)時，因為全身其實是連動的，例如在示範37步時有可能肩膀就會傾斜，誤判為聳肩。或者駝背時脖子會微微向前這也是常誤判為烏龜脖的狀況。
- 十.由表12~16可觀察出，聳肩與骨盆前傾等在TM POS的辨識下信心容易低於0.8。由表19中全身辨識對於此兩種不良姿勢辨識率皆大於80%。用來當作第二層辨識來判斷可彌補第一層誤判的情形。
- 十一.TM POSE判讀的「不良姿勢」可信度若低於0.8，則透過MQTT啟動全身辨識(Mediapipe)偵測，希冀藉此兩系統提供的資訊，發出警訊提醒使用者姿態不良的情況。
- 十二.此系統結合IOT與語音朗讀功能，使用者可隨時監測自身身形是否「挺立」。若系統偵測到「不良姿勢」時，可即時回饋使用者，且幫助使用者何時呈現「不良姿勢」記錄在雲端，可供日後是否有病徵的查詢。
- 十三.作品特色
 - (一)低成本、易推廣：建置費用低廉。利用免費軟體TM PSOE與SpBlocklyjs，與300~500萬畫素的視訊鏡頭即可使用「挺立」系統。容易在學校、診所、保健中心或公共場所設置，第一時間提醒學生或民眾，達到即時預防的效果。
 - (二)舒適度：不須配戴任何裝置，炎炎夏日不會有不舒服感。
 - (三)簡易修改程式後即可變為復健系統，例如：修改雙腳彎曲程度來判斷是否執行微蹲動作，可應用於需要復健的病患身上。

柒、未來展望

- 一.學習文字程式，建立第二代「挺立」系統可依照測試者不同距離而調整鏡頭的角度或焦距，更符合使用者的習慣。且利用追蹤人臉技術，當拍攝到人臉時可自動產生馬賽克遮住測試者臉部，保護其肖像權與隱私權。
- 二.TM POSE系統與全身辨識系統使用不同計分方式，希冀能提高辨識準確度。例如：TM POSE、全身辨識兩系統各自辨識結果的評分各佔50%的重要性，依序相互加總評分，最後判對是何種不良姿勢。
- 三.建立多人偵測，節省民眾等待時間。

捌、參考資料

- 一.書籍類
 - (一)傅仲儀(2020)。Webbit進階應用-AI姿態辨識智慧開關。鳳山科技中心法蘭斯主任研習檔案。
- 二.論文、報告類
 - (一)陳思惟(2019)。低頭響起智慧站姿訓練矯正頭帶。全國科展第59屆生活與應用科學(一)科。
 - (二)陳育王、何子碩、王冠霖(2020)。脊椎矯正器。全國科展第60屆工程學科(一)科。
 - (三)呂承諭、周嫻妤(2022)。搶救生命大作戰-AI姿態辨識在智慧型高品質CPR訓練引導式教學輔具系統設計之研究。全國科展第61屆生活與應用科學(一)科。