

新竹市第四十三屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：國小甲組

組 別：生應(一)：機電與資訊

作品名稱：蝶豆幻影：pH 變色探測

關 鍵 詞：蝶豆花、酸鹼溶液分析、AI 影像辨識（最多 3 個）

編 號：

蝶豆幻影：PH 變色探測

摘要

本研究利用蝶豆花遇酸或鹼會變色的特性，結合人工智慧影像辨識技術，製作一套可用照片預測 pH 值的系統。我們將不同酸鹼溶液加入蝶豆花汁，觀察變色後拍照，建立影像資料集，並使用兩種模型進行訓練：自訂的 CNN 模型（MineLiteModelV1）與常見的 MobileNet 模型。

結果顯示，MobileNet 在訓練過程中表現穩定，預測誤差約為 ± 1.5 ；而 MineLiteModelV1 在實際預測上更準確，平均誤差最低為 0.1350，顯示其預測能力良好。

此外，我們也發現像可樂這類顏色較深的飲料會干擾蝶豆花的變色效果，因此需注意濃度與雜質。綜合來看，蝶豆花可結合 AI 技術，應用於酸鹼檢測，是一種自然又實用的方式。

壹、前言(含研究動機、目的、文獻回顧)

一、研究動機

在五年級的自然課，我們學習酸鹼的基本概念，並使用石蕊試紙進行酸鹼測試。實驗中發現，紅色石蕊試紙遇鹼性會變藍色，藍色石蕊試紙遇酸性則會變紅色。不過，石蕊試紙只能判斷溶液是酸性、中性或鹼性，無法知道具體的 pH 值，這讓我們開始思考：是否有其他方法可以更準確判斷酸鹼程度？

我們發現蝶豆花是一種天然的酸鹼指示劑，遇到不同酸鹼會呈現不同顏色，變化更細緻。因此我們進一步思考，能不能用 AI 技術來辨識這些顏色，再預測出對應的 pH 值？

基於這些想法，我們開始查資料、設計實驗，嘗試結合蝶豆花與人工智慧影像辨識，發展出一種能預測 pH 值的酸鹼檢測方法，希望讓酸鹼判斷更準確，也更有應用價值。

二、研究目的

- (一)探討天然指示劑（蝶豆花汁）作為酸鹼檢測工具的可行性，觀察其在不同 pH 值下的顏色變化，評估其酸鹼感應能力與變色細緻度。
- (二)建立蝶豆花汁顏色與 pH 值之間的對應關係，使其能作為判別溶液酸鹼程度的依據，並具備一定的數值判讀能力。
- (三)結合人工智慧影像辨識技術，運用 MobileNet 與自訂卷積神經網路模型分析顏色變化，建立可預測 pH 值的模型，提升酸鹼檢測的準確性與實用性。

三、文獻回顧

(一)天然指示劑與花青素：

天然指示劑是源自植物的天然色素，其中常見的主要成分為花青素（Anthocyanins）。花青素具有隨酸鹼環境改變而產生顏色變化的特性，因此

常被應用於水溶液酸鹼性的檢測。常見的天然指示劑包括蝶豆花水、紫甘藍汁與紅鳳菜汁，僅需以熱水萃取色素，即可進行簡易的酸鹼實驗。

花青素的顏色變化與溶液的 pH 值密切相關：當 pH 值小於 7（酸性）時，顏色多為紅色或粉紅色；當 pH 接近 7（中性）時呈現藍紫色；而當 pH 值大於 7（鹼性）時，則會轉為綠色或黃色。根據資料，花青素屬於黃酮類化合物，化學式為 $C_{15}H_{11}O_6$ ，具水溶性，廣泛存在於植物的花朵、果實與葉片中。除了應用於科學實驗外，也常見於食品加工與飲品設計中，兼具視覺美感與天然營養價值。

(二)蝶豆花與酸鹼指示關聯：

蝶豆花（*Clitoria ternatea*）為一種生長於熱帶地區的植物，其花朵呈藍紫色，富含花青素。由於其化學結構中含有較多的氫氧基（-OH），使蝶豆花對酸鹼環境特別敏感，在不同 pH 值下能產生明顯且穩定的顏色變化，因此廣泛應用於天然酸鹼指示劑。

與其他指示劑相比，蝶豆花水的變色範圍較廣：在酸性條件下會轉為紫紅色，在鹼性環境中則呈現綠色甚至黃色。相較之下，紫甘藍汁通常僅變為藍綠色，黑枸杞水則轉為綠色，洛神花雖在酸性中呈深紅色，但在鹼性條件下易變為深藍或褐色，變色效果較不明顯。綜合比較，蝶豆花具有變色反應明顯、穩定性高等優點，因此成為本研究中選用的天然指示劑。

指示劑	主要色素	酸性環境 (pH < 7)	中性環境 (pH ≈ 7)	鹼性環境 (pH > 7)
蝶豆花水	花青素 (異黃酮類)	紫紅色	藍色	綠色或 黃色
紫甘藍汁	花青素	紅色	紫色	藍綠色或 黃色
洛神花茶	花青素	深紅色	紫色	深藍色或 褐色
黑枸杞水	花青素	紫紅色	藍紫色	綠色

▲表一：蝶豆花水溶液與其他水溶液的顏色變化比較圖

(三) 影像辨識：

影像辨識是一種人工智慧技術，可以讓電腦看懂圖片的內容。就像人類用眼睛看，再用大腦判斷，電腦則是靠「模型訓練」和「演算法」，從圖片中學習顏色、形狀、邊緣等特徵，來進行分類或預測。

1、常見的影像辨識技術：

技術名稱	說明
傳統影像處理 Traditional Image Processing	用數學方式分析圖片的顏色和形狀，適合變化不大的圖片。
機器學習 Machine Learning	需要人先幫電腦整理圖片的特徵，電腦才能學會分類或預測。
深度學習 Deep Learning	電腦可以自己從圖片中學習規律，準確地預測結果，效果最好。

▲表二：常見的影像辨識技術

2、常見的影像辨識任務：

類型	說明	舉例
影像分類 Image Classification	判斷整張圖片是什麼東西	辨識照片中的飲料是檸檬茶或可樂
物件偵測 Object Detection	找出圖片中物品的位置與種類	指出圖片中杯子或瓶子的位置與範圍
圖像回歸 Image Regression	根據圖片預測出數值結果	這張圖片代表的溫度是幾度，或是蝶豆花變色後的pH 值是多少

▲表三：常見的影像辨識任務

3、常見的影像辨識模型：

目前常見的影像模型可以分為：傳統機器學習模型、深度學習模型。其中，深度學習模型在影像辨識方面表現最好，準確率高、應用也最廣。以下是幾種常見的深度學習模型：

(1) CNN（卷積神經網路）：最常見的影像模型，可以自動找出圖片的邊緣、顏色和形狀，適合分類和預測。

(2) MobileNet：是一種輕量化的人工智慧模型，用來幫助電腦看懂圖片內容。它的設計特別適合手機或小型裝置使用，因為它速度快、體積小、效率高。

(3) ResNet：使用殘差學習（Residual Learning）的方法，讓深度神經網路學習「還差多少」的部分可以訓練更深的網路，提高準確率。

(4) Vision Transformer（ViT）：結合語言模型的架構，近年新發展，也能成功用來做影像分類。

這些模型都可以透過大量圖片進行訓練，讓電腦學會自動辨識圖片中的內容，應用在分類、偵測、預測等不同任務中。

(四) 歷年科展參考案例：









1、蝶豆花與天然指示劑相關作品：

作品名稱	說明
《蝶豆花變色的奧秘》	展出屆別：臺中市第 60 屆中小學科展（國中組） 研究重點：探討蝶豆花水在不同 pH 值下的變色機制，並與紫甘藍汁進行比較。
《天然變色飲料的製作與應用探討》	展出屆別：桃園市第 59 屆國中科展 研究重點：利用蝶豆花與檸檬汁、小蘇打調配不同色系，開發變色飲品。
《用植物看酸鹼——蝶豆花的智慧變色法》	作品名稱：用植物看酸鹼——蝶豆花的智慧變色法 展出屆別：高雄市第 58 屆小學科展

▲表四：歷年科展參考案例

貳、 研究設備及器材

一、蝶豆花水實驗器具：

燒杯	試管	小量杯	玻棒
			
小湯匙	濾網	PH 值檢測劑	料理溫度計
			

▲表五：蝶豆花指示劑實驗器具 (本區域照片由作者拍攝)

二、蝶豆花水酸鹼檢樣本材料：

蝶豆花	檸檬酸	小蘇打粉
		
飲料 (茶類)		飲料 (非茶類)
茶裏王、檸檬紅茶、伯爵茶、決名子茶、麥香綠茶、紅茶、莓果茶、蜂蜜菊花茶。		椰子水、檸檬水、汽水、咖啡、蜂蜜水、黑森林水果茶、特上檸檬茶、纖維飲料、老虎牙子。

▲表六：蝶豆花酸鹼樣本材料 (本區域照片由作者拍攝)

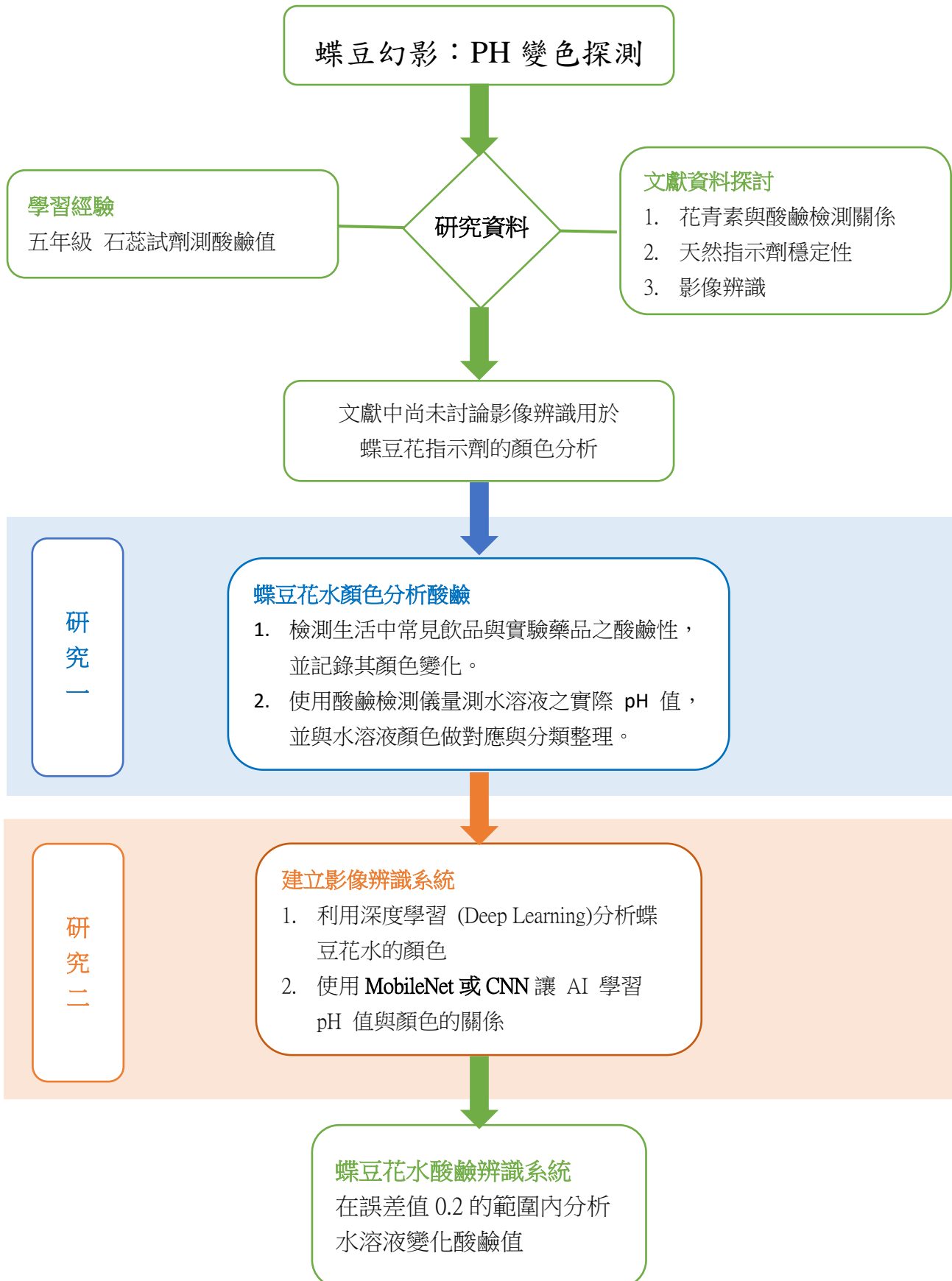
三、電腦設備：

CPU amd ryzen r5 5600x、GPU nvidia Gtx 1080 (訓練主要用到這一個 gpu)、

Ram 64 GB

參、研究過程或方法

一、研究架構圖



二、研究一：蝶豆花水顏色分析酸鹼

(一) 為什麼使用蝶豆花水當作酸鹼指示劑？

在查詢有關「天然指示劑與花青素」的資料時，我們發現：紫色高麗菜汁、蝶豆花水、洛神花茶、黑枸杞水，這些天然溶液都含有「花青素」，在不同酸鹼值（pH 值）下會出現顏色變化。其中，蝶豆花水的顏色變化最明顯、最穩定，辨識度也最好。

在本次研究中，選擇蝶豆花水的兩個原因：

- 1、**來源天然、取得容易**：蝶豆花是常見植物，乾燥花朵在市面上就能買到，使用方便。
- 2、**顏色變化清楚**：蝶豆花水在不同 pH 值下會呈現 紅、紫、藍、綠 等多種顏色，變化層次分明，比較容易觀察和辨識。

根據資料查詢和實際需求，我們決定選用**蝶豆花水**作為本研究中的天然酸鹼指示劑。

(二) 以蝶豆花水作為指示劑進行酸鹼性測試：

1、蝶豆花水備製

我們使用了 50 朵乾燥蝶豆花，加入 500 毫升、100°C 的熱水進行浸泡，來萃取出含有花青素的藍紫色水溶液。浸泡完成後，使用濾網過濾掉花瓣殘渣，就可以得到顏色穩定的蝶豆花指示劑原液。









2、酸鹼測試實驗方法

- (1) 我們選取了多種日常生活中常見的飲料和實驗用藥品樣品（詳見器材與設備表六），將它們各自製作成 15 毫升的水溶液樣品。
- (2) 在每個樣品中加入 5 毫升蝶豆花指示劑，觀察並記錄顏色的變化情形。
- (3) 使用數位 pH 測試儀（pH meter）量測每個樣品的實際 pH 值，作為顏色變化與酸鹼程度對應關係的比對依據。

3、建立影像資料集：









我們使用 iPad 拍攝每個樣品加入蝶豆花指示劑後的顏色變化，並同步記錄下每筆樣品的：拍攝照片、當時的溫度、對應的 pH 值，所有資料經過統一整理，建立成一份完整的影像資料集，供後續進行影像辨識模型的訓練與分析使用。資料集如下：





(1) 蝶豆花水溶液 pH 1.0-1.9

品項	莓果茶+伯爵茶	黑森林水果茶	黑森林水果茶+檸檬酸	莓果茶
照片				
Ph 值	1.4	1.5	1.5	1.5
品項	汽水+洋甘菊+水果茶	洋甘菊+莓果	莓果茶	老虎牙子+醋
照片				
Ph 值	1.6	1.6	1.8	1.9

▲表七：蝶豆花水溶液 pH 1.0-1.9 (本區域照片由作者拍攝)

















(2) 蝶豆花水溶液值 pH2.0-2.9

品項	汽水+水果茶	泡沫綠+水果茶	水果茶	茶裏王+檸檬酸
照片				
Ph 值	2.0	2.2	2.2	2.3
品項	甘藷粉+水果茶	老虎牙子+檸檬酸	檸檬酸	決明子+檸檬酸
照片				
Ph 值	2.4	2.4	2.4	2.5

品項	麥仔茶+檸檬酸	水果茶	茶裏王+檸檬酸	雪碧+檸檬酸
照片				
Ph 值	2.5	2.7	2.7	2.9







▲表八：蝶豆花水溶液 pH 2.0-2.9 (本區域照片由作者拍攝)

(3) 蝶豆花水溶液值 pH3.0-3.9

品項	雪碧+檸檬酸	檸檬酸	雪碧+檸檬酸	檸檬酸
照片				
Ph 值	3.0	3.0	3.1	3.1
品項	檸檬酸	茶裏王+檸檬酸	老虎牙子+檸檬酸	老虎牙子+檸檬酸
照片				
Ph 值	3.2	3.3	3.4	3.4
品項	茶裏王+檸檬酸	速纖+檸檬酸	汽水+檸檬酸	速纖+檸檬酸
照片				
Ph 值	3.4	3.5	3.6	3.7
品項	速纖+檸檬酸	椰子水+檸檬酸	蜂蜜水+檸檬酸	速纖+檸檬酸
照片				
Ph 值	3.7	3.7	3.8	3.9



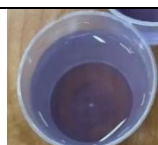






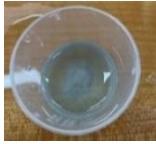

▲表九：蝶豆花水溶液 pH 3.0-3.9 (本區域照片由作者拍攝)

(4) 蝶豆花水溶液值 pH4.0-4.9

品項	速纖	速纖	蜂蜜菊花茶	蜂蜜水
照片				
Ph 值	4.4	4.6	4.6	4.6
品項	蜂蜜水	椰子水		
照片				
Ph 值	4.8	4.9		







▲表十：蝶豆花水溶液 pH 4.0-4.9 (本區域照片由作者拍攝)

(5) 蝶豆花水溶液值 pH5.0-5.9

品項	速纖	運動飲料+洋甘菊茶	柚茶	椰子水
照片				
Ph 值	5.0	5.0	5.1	5.2
品項	椰子水	老虎牙子	椰子水	汽水
照片				
Ph 值	5.2	5.3	5.3	5.3
品項	食鹽水	地瓜粉	椰子水	
照片				
Ph 值	5.4	5.9	5.9	









▲表十一：蝶豆花水溶液 pH 5.0-5.9 (本區域照片由作者拍攝)

(6) 蝶豆花水溶液值 pH6.0-6.9

品項	花茶	蜂蜜菊花茶	蜂蜜菊花茶
照片			
Ph 值	6.0	6.4	6.5
品項	茶裏王	茶裏王	特上檸檬茶
照片			
Ph 值	6.7	6.7	6.9









▲表十二：蝶豆花水溶液 pH 6.0-6.9 (本區域照片由作者拍攝)

(7) 蝶豆花水溶液值 pH7.0-7.9

品項	汽水+小蘇打	汽水+小蘇打	茶裏王	茶裏王
照片				
Ph 值	7.2	7.3	7.4	7.6
品項	老虎牙子	老虎牙子+小蘇打	椰子水+小蘇打	蠻牛
照片				
Ph 值	7.7	7.7	7.7	7.9




▲表十三：蝶豆花水溶液 pH 7.0-7.9 (本區域照片由作者拍攝)

(8) 蝶豆花水溶液值 pH8.0-8.9

品項	蠻牛+小蘇打水	蜂蜜菊花茶+小蘇打水	蜂蜜水+小蘇打水	速纖+小蘇打水
照片				
Ph 值	8	8	8.2	8.2
品項	蜂蜜茶+小蘇打水	速纖+小蘇打水	麥子茶+小蘇打水	麥茶+小蘇打水
照片				
Ph 值	8.3	8.3	8.5	8.6




▲表十四：蝶豆花水溶液 pH 8.0-8.9 (本區域照片由作者拍攝)

(9) 蝶豆花水溶液值 pH9.0-9.9

品項	麥子茶+小蘇打水	綠茶+小蘇打水	茶裏王+小蘇打水
照片			
Ph 值	9.0	9.4	9.4

▲表十五：蝶豆花水溶液 pH 9.0-9.9 (本區域照片由作者拍攝)

(10) 蝶豆花水溶液值 pH10.0-10.9

品項	肥皂水+麥香綠茶	麥仔茶+漂白水	檸檬茶
照片			
Ph 值	10	10.8	10.9

▲表十六：蝶豆花水溶液 pH 10.0-10.9 (本區域照片由作者拍攝)

三、研究二：AI 模型建構與訓練

本研究使用**深度學習**（Deep Learning）技術，分析蝶豆花水在不同酸鹼度下的顏色變化，並建立模型來預測對應的 pH 值。我們設計了兩種模型，透過大量蝶豆花水的圖片進行訓練，讓電腦找出顏色與酸鹼值之間的變化規律。

這些模型能處理顏色與 pH 值之間的「**非線性關係**」。「非線性」指的是兩者之間沒有固定的變化比例：有時 pH 值變化很小，顏色卻明顯改變；有時 pH 值變化很大，顏色卻幾乎沒變。透過不斷學習這些不規則的變化，模型能提升預測的準確性。

(一)辨識系統操作流程：



(二) **準備數據集**：將蝶豆花水顏色的圖片放入 系統資料夾目錄，每張圖片檔名須包含 pH 值，例如：

```
dataset/  
|— PH3.2_蝶豆花水_淡紫.jpg  
|— PH5.8_蝶豆花水_藍色.jpg  
|— PH8.6_蝶豆花水_綠色.jpg
```

(本照片作者拍攝)

(三)**建立 AI 模型**：本研究採用兩種不同的影像辨識模型，以預測蝶豆花水在不同酸鹼環境下所對應之 pH 值。所使用之模型：

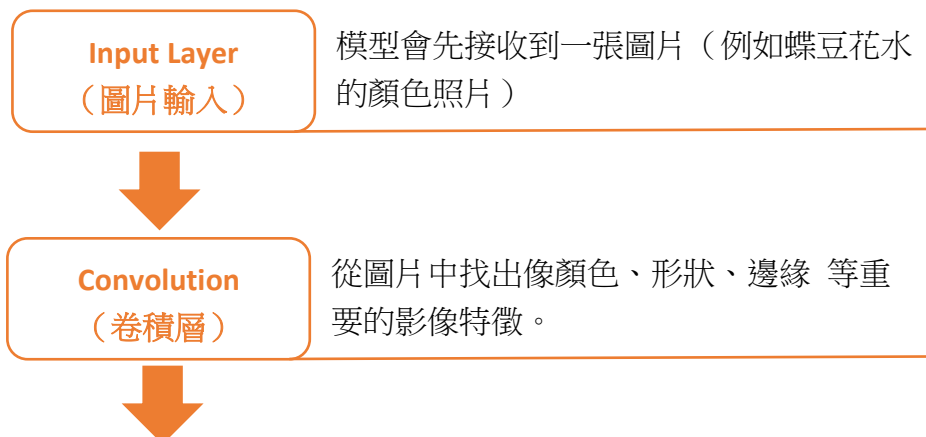
1、自訂 CNN 模型 (MineLiteModelV1)：

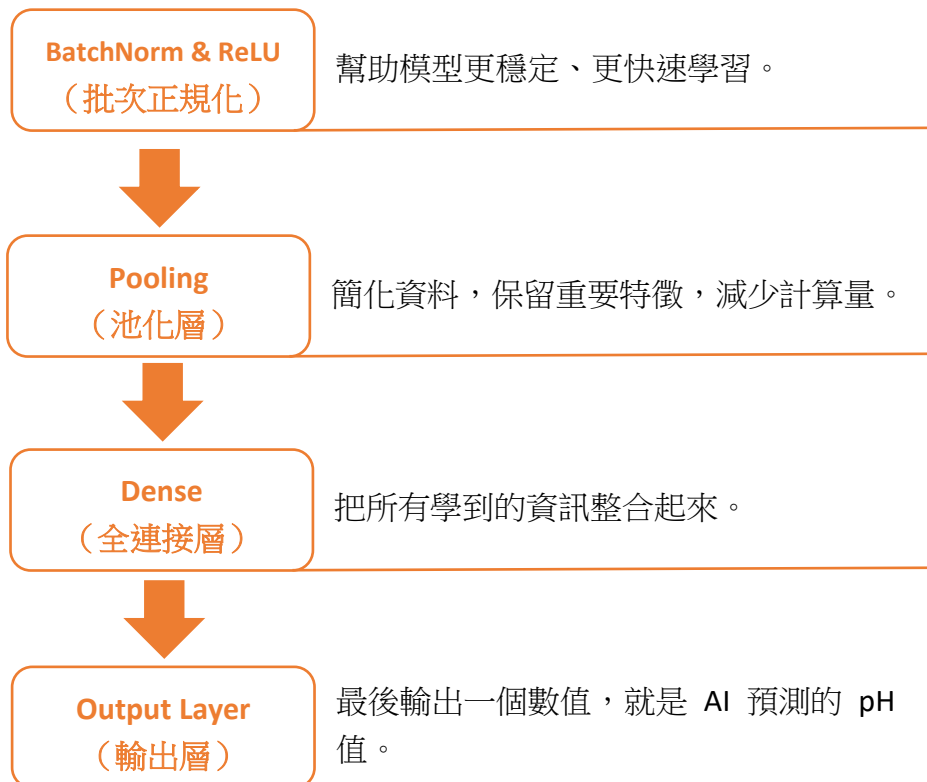
本研究設計一套輕量級卷積神經網路模型，命名為 MineLiteModelV1，專門用於處理小型影像資料與 pH 值預測任務。該模型具備參數量少、訓練效率高等特性，能有效擷取蝶豆花水在不同酸鹼值環境下所呈現之色彩特徵，進一步預測其對應的 pH 值，具有良好的應用潛力與實務價值。

2、MobileNet 模型：

MobileNet 是一種輕量化的深度學習模型，設計上兼具高效能與高準確度，特別適合在運算資源有限的環境中使用。本研究利用 MobileNet 的影像特徵擷取能力，分析蝶豆花水在不同酸鹼值下的顏色變化。透過訓練，模型能自動學習顏色與 pH 值之間的對應關係，進而進行酸鹼值預測。

兩個模型的訓練流程，可分為下列幾個步驟：





(四)啟動訓練：在本研究的模型訓練過程中，我們設定了以下幾項關鍵參數與條件，以提升預測的準確度與模型的穩定性：

1、損失函數（Loss Function）— 均方誤差（MSE, Mean Squared Error）：

模型使用 MSE 作為訓練的損失函數，用來衡量預測值與實際 pH 值之間的差異。MSE 是將每個預測誤差平方後取平均，因此較大的錯誤會被放大。MSE 值越小，代表模型預測越準確，與實際數據越接近。

2、學習率調整機制（ReduceLROnPlateau）：

為了讓模型訓練更加穩定，我們加入了自動調整學習率的機制。當訓練過程中模型表現一段時間沒有進步時，系統會自動降低學習率，使模型以更小的步伐繼續優化，有助於更快且更穩定地收斂至最佳解。

3、模型儲存與自動保存最佳結果

每當完成一次完整訓練（稱為一個 epoch）後，系統會自動比較目前模型的表現，並儲存預測效果最好的版本。儲存的模型會以 .h5 為副檔名，方便日後重新載入與應用於實際預測中。

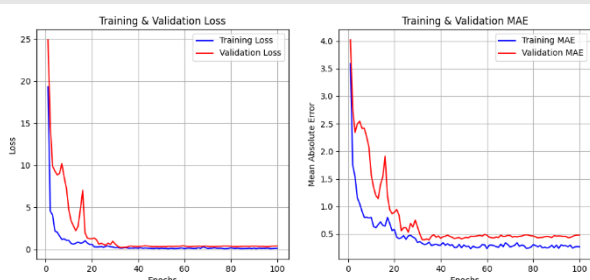
(五) 訓練結果：以下呈現兩種模型在訓練過程中的表現情形：

1、自訂 CNN 模型 (MineLiteModelV1)：

模型訓練共使用 136 張蝶豆花變色影像作為訓練資料，15 張作為驗證資料，用以評估預測能力與穩定性。整體訓練時間約 17 分 27 秒，共進行 5 個訓練批次 (batch)。

下圖為 MineLiteModelV1 模型五次訓練的結果，左圖為損失值 (Loss)，右圖為平均絕對誤差 (MAE)。隨著訓練進行，Loss 與 MAE 明顯下降並趨於穩定，顯示模型已成功學習蝶豆花顏色與 pH 值之間的對應關係。雖然訓練初期驗證曲線略有波動，但最終皆能收斂，表示模型穩定、無過度擬合，學習成效良好。

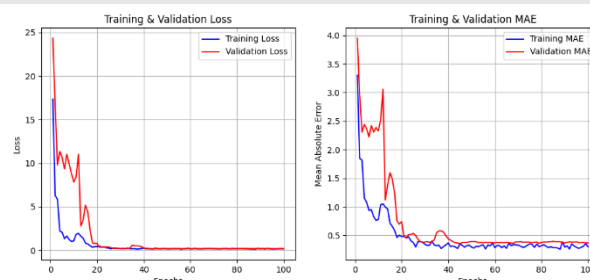
RUN 1



描述：Loss 與 MAE 初期快速下降，前 30 個 epochs 驗證曲線波動大，略有過擬合。

結果：驗證 MAE 為 0.3959，表現尚可。

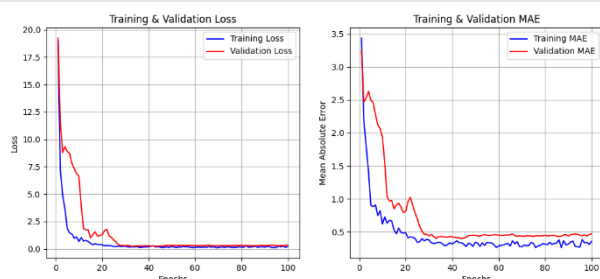
RUN 2



描述：收斂快，20 個 epochs 內趨穩，驗證曲線平穩下降。

結果：驗證 MAE 為 0.3698，表現最佳，泛化佳。

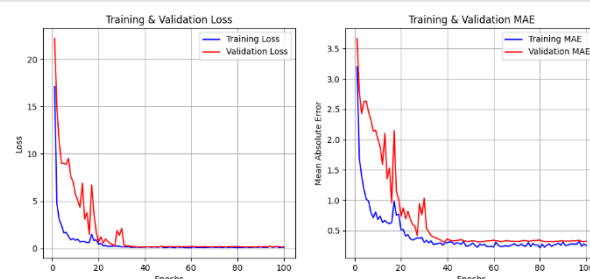
RUN 3



描述：趨勢近似 Run 2，僅 15~25 個 epochs 間略震盪。

結果：驗證 MAE 為 0.4008，略高，表現仍佳。

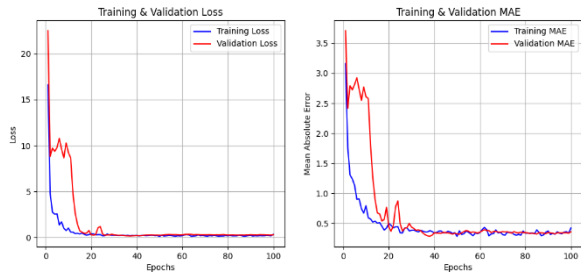
RUN 4



描述：前 10~30 個 epochs 驗證曲線震盪明顯，後期穩定。

結果：驗證 MAE 為 0.3153，穩定性較弱。

RUN 5



描述：初期學習穩定，但 10~25 個 epochs 間震盪偏大。

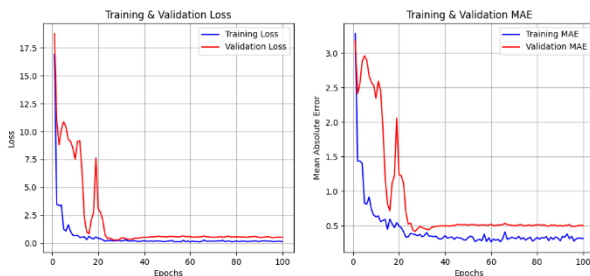
結果：驗證 MAE 為 0.2923，最高但仍在合理範圍。

2、MobileNet 模型：

為評估 MobileNet 模型在 pH 值預測任務中的表現，本研究共進行三次完整訓練，圖中分別呈現各次訓練的損失函數（Loss）與平均絕對誤差（MAE）變化情形。

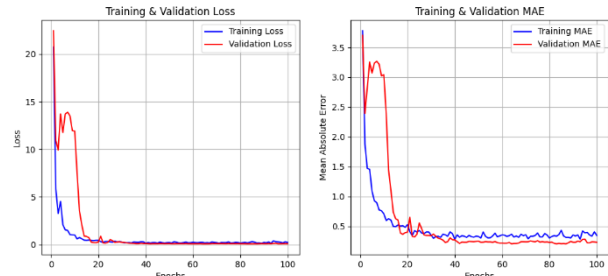
從圖表可觀察到，每次訓練過程中，無論是訓練集還是驗證集，其 Loss 與 MAE 均隨著訓練進行而逐漸下降，最終趨於穩定，表示模型已有效學習蝶豆花顏色與 pH 值之間的關聯。其中，雖然初期驗證曲線偶有波動，但最終皆能收斂，顯示模型具穩定性，

RUN 1



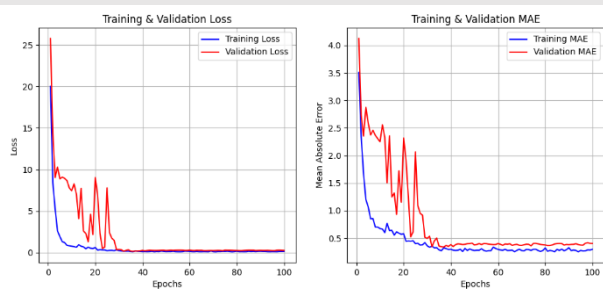
訓練初期 Loss 與 MAE 快速下降，顯示模型有效學習；但前 30 個 epochs 驗證曲線波動大，可能輕微過擬合。後期趨穩，最終驗證 MAE 為 0.3959，整體表現尚可。

RUN 2



訓練與驗證曲線在 20 個 epochs 內穩定收斂，驗證 Loss 與 MAE 平穩下降，顯示泛化良好。最終驗證 MAE 為 0.3698，優於 Run 1，表現穩定可靠。

RUN 3



整體趨勢類似 Run 2，模型學習良好，Loss 與 MAE 快速下降。驗證曲線在 15~25 個 epochs 間略有震盪，之後趨穩。最終驗證 MAE 為 0.4008，略高於前兩次，仍屬合理範圍。

訓練完成後，模型之權重資料將依時間自動儲存於 results/ 資料夾中，訓練過程中產生之損失值（Loss）與平均絕對誤差（MAE）變化圖表則會存放於 trainings/ 資料夾內，並同時產出一份訓練報告（summary.md），以利後續之分析與應用。

肆、研究結果

本研究使用兩種影像辨識模型進行蝶豆花酸鹼影像的 pH 值預測實驗，分別為自訂 CNN 模型 MineLiteModelV1 與輕量化深度學習模型 MobileNet。兩者皆使用相同的資料集與訓練超參數，以比較不同模型在準確率、穩定性與實用性方面的表現。

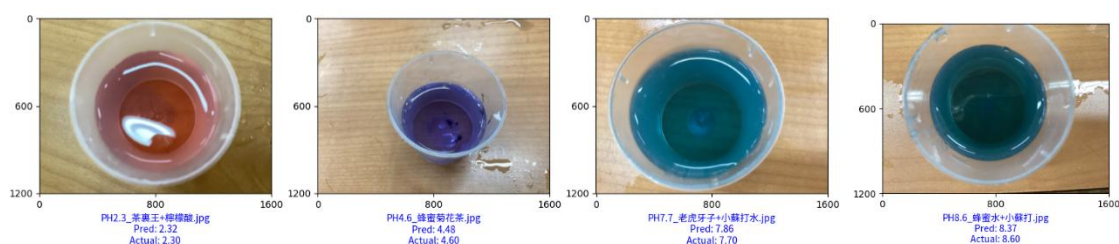
一、自訂 CNN 模型（MineLiteModelV1）：

模型使用 136 張訓練影像與 15 張驗證影像進行訓練，總訓練時間為 17 分 27 秒，訓練參數設定為 Batch Size = 32、Epochs = 100、Learning Rate = 0.001。共進行 5 次訓練（Run 1 至 Run 5），結果如下：

Run	驗證 Loss	驗證 MAE	訓練時長
1	0.2366	0.3959	3 分 33 秒
2	0.1664	0.3698	3 分 24 秒
3	0.2271	0.4008	3 分 27 秒
4	0.1509	0.3153	3 分 34 秒
5	0.1679	0.2923	3 分 26 秒

▲表十七：MineLiteModelV1 訓練次數分析

從表中可以看出，第 4 批次模型的驗證損失（val_loss）最低，為 0.1509，對應的 MAE 為 0.3153，是訓練過程中表現最穩定的模型。然而，在實際測試影像進行 pH 預測的任務中，以下方隨機選的四張圖片中進行 pH 值預測發現，第 1 批次模型表現最好，其平均誤差僅為 0.1350，代表模型每次預測的結果，平均只差約 0.135 個 pH 單位，顯示該模型具有良好的泛化能力與應用潛力。



二、MobileNet 模型訓練結果：

使用與 MineLiteModelV1 相同的資料與參數進行訓練，模型收斂速度快，驗證誤差穩定，整體表現良好。其最佳訓練結果如下：

• 驗證 Loss：0.1186	• 驗證 MAE：0.2145	• 最佳預測 MAE：0.1438
------------------	-----------------	-------------------

MobileNet 在驗證階段誤差表現低，整體訓練曲線平穩，顯示其為準確度較高的模型。







三、實驗結果總結：

兩種模型在預測準確度方面皆有不錯表現，**MobileNet** 表現穩定，**MineLiteModelV1** 預測精準。未來若能進一步擴充樣本數量、增加資料多樣性（如容器、背景、光線變化），有望進一步提升模型的預測準確性與應用效果。

伍、 討論

一、利用蝶豆花檢測飲料中，為什麼有些飲料呈現的顏色和其他 pH 值相同的水溶液有誤差？

在本研究進行蝶豆花水檢測飲料酸鹼值的實驗中，發現部分飲料的顏色變化與相同 pH 值的水溶液不同，導致顏色判斷上產生困難。為了解此現象的原因，我們查閱相關資料，進一步探討在實驗過程中是否存在其他可能影響結果的因素，並將其列入後續分析與實驗設計的參考依據。

pH 值	正常水溶液顏色值		不符合水溶液顏色值	
2.3	茶裏王+ 檸檬酸		咖啡	
4.4	速纖		伯爵紅茶	
4.8	蜂蜜水		紅茶+ 麥香綠茶	

▲表十九：蝶豆花酸鹼樣本材料

許多市售飲料中含有色素、糖分、果汁或二氧化碳氣泡等成分，這些物質可能干擾蝶豆花的變色反應。其中，**顏色較深的飲品**（如咖啡、伯爵紅茶 等）更容易遮蔽蝶豆花水的顏色變化，使酸鹼判斷更加困難。此外，我們也觀察到若蝶豆花水本身濃度過高，顏色會過於濃重，可能影響顏色判讀的準確性。

本次實驗經驗讓我們了解到，雖然蝶豆花是一種良好的天然酸鹼指示劑，但在實際應用時仍需注意濃度控制與樣品本身成分的干擾效應。為提升檢測的準確性與穩定性，建議可搭配 pH 測試儀器或進行比色參照，作為輔助判讀方式，使結果更加可靠。

二、在進行模型訓練的過程中，每一次訓練所產生的 **Loss** 與 **MAE** 值可能會有所差異，其原因為何？又可以透過哪些方法來降低這些差異，使模型表現更加穩定？

在本研究中，我們觀察到每次模型訓練後的 **Loss** 和 **MAE** 數值會有所不同。這可能是因為訓練時使用的圖片數量較少，讓模型學到的資訊不夠完整，導致每次訓練結果略有差異。

本實驗使用 136 張蝶豆花顏色圖片進行訓練，對人工智慧模型來說，資料量仍屬不足。當資料較少時，模型容易對某些顏色或 **pH** 值學習過度，造成預測不穩定。因此，我們推論：若能增加更多不同顏色與 **pH** 值的影像樣本，將有助於提升模型訓練的穩定性與預測準確度，這是未來研究可優先改進的方向。

陸、 結論

一、結論

本研究結合了自然科學和人工智慧，利用蝶豆花水會變色的特性，加上影像辨識技術，成功做出一套可以用圖片來預測 pH 值的系統。根據我們的實驗結果，有以下幾點重要發現：

(一)蝶豆花水變色明顯，是很好的酸鹼指示劑：從酸性到鹼性，顏色會從紅色、紫色、藍色到綠色，pH 變化範圍大，顏色也很容易看出來。

(二)自訂 CNN 模型 MineLiteModelV1 表現不錯：我們自己設計的 AI 模型訓練快速又簡單，在五次訓練中，第 1 次訓練的模型預測最準，誤差只有 0.1350。

(三)MobileNet 模型準確又穩定：這個模型的訓練結果最穩定，誤差也小（最低 MAE 是 0.2145），很適合需要高準確度的應用情況。

二、未來展望

為使本研究成果更臻完善並拓展應用層面，提出以下幾項未來改進與研究方向：

(一)擴充資料量與變異性：

由於本次實驗的樣本數僅有 136 張，導致模型在訓練過程中的準確度有限。未來若能加入更多樣本影像，並涵蓋不同的容器形狀、背景顏色與拍攝角度，將有助於提升模型在各種實際應用情境中的適應能力與穩定性。

(二)結合多種天然指示劑進行比較：

可整合紫甘藍汁、火龍果皮等其他花青素來源，進行多重指示劑分析，提升判讀精準度與應用廣度。

柒、 參考資料

一、花青素：

(一) 維基百科 (Wikipedia)：「花青素」(Anthocyanin) 條目，

<https://zh.wikipedia.org/wiki/花青素>。

(二) 國立中興大學食科系，《天然色素概論》教學資料，內文介紹花青素在酸鹼環境下的變色特性。

(三) 林玉書 (2019)。〈以蝶豆花作為天然酸鹼指示劑之探討〉。《台灣食品與營養學會期刊》，第 12 卷，第 1 期，頁 45 - 52。

(四) 陳美玲 (2021)。〈天然花色素應用於變色飲品之實驗研究〉。臺中市立科學教育中心研究成果報告。

二、影像辨識相關資料：

(一) 陳偉民 (2019)。《人工智慧入門：用 Python 玩深度學習》。旗標出版。

(二) 李宏毅 (2020)。深度學習課程。台灣大學電機系。(線上課程)

<https://speech.ee.ntu.edu.tw/~hylee/ml/>