【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中（職）組成果報告表單

題目名稱：金光四「色」–顏色校正系統

一、摘要：

外部環境對於我們認知顏色有著密切的關係，若環境偏暗，會導致我們所認知的顏色皆偏灰黑，為解決此問題，實驗者自行利用光敏電阻與市售照度計求取兩者之間的關係，且透過人工智慧自行製作照度計觀察四周環境的變化，並且在自製的環境箱中觀察四個顏色的色卡（白、紅、綠、藍），測量不同環境亮度與環境色（冷、暖色系）的 RGB 值表現狀態，將所測得的數據進行模擬訓練，之後撰寫一款程式修正低照度狀態下的 RGB 值。

二、探究題目與動機

日常生活中，常常因為燈光因素造成人們的視覺產生錯覺，像是為了讓水果看起來更新鮮，會打不同的燈光，誤導消費者的眼睛，而相機、感測器等機器也是，容易受到光線等外在因素導致機器所判斷的顏色數值與實際數值產生偏差，為解決此問題，我們進行了顏色校正的探究實驗，透過 RGB 值進行探討與修正。

三、探究目的與假設

觀察物體在不同照度下 RGB 數值的回歸線與分析其照度 RGB 的各自占比，再探討環境色對物體顏色所帶來的影響，並且以光敏電阻配合人工智慧自行製作照度計，撰寫出顏色校正的系統。透過我們的顏色校正系統，在極為昏暗的環境以及經過調色的燈光下，可以將被燈光影響的顏色修正成原始顏色的色彩，並且期望在未來可以應用在日常生活中，像是監視器等機器上，以利人們日後的生活。

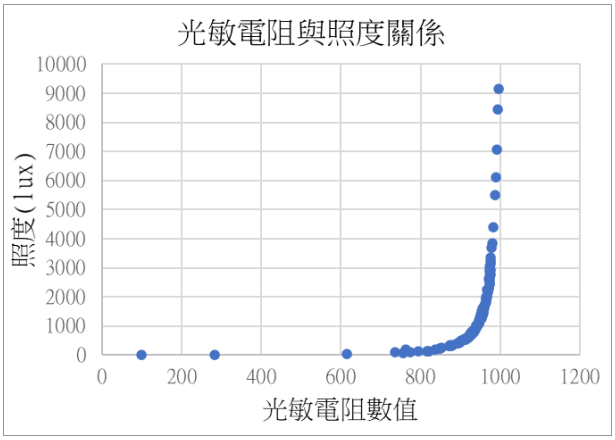
四、探究方法與驗證步驟

(一) 研究工具

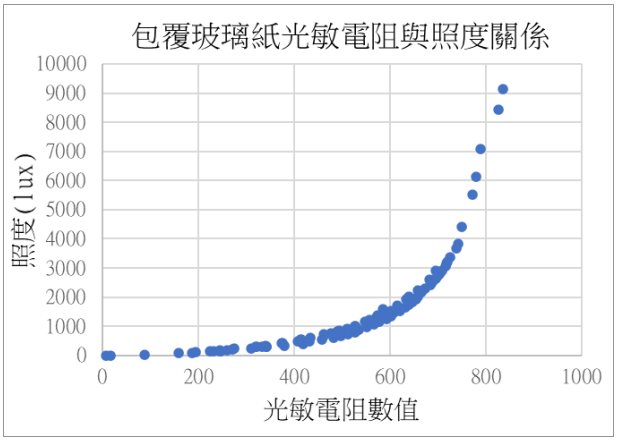
1、自製照度計

本實品採用 Micro bit 作為傳輸的主板，連接兩顆光敏電阻，分別是**有包覆**黑色玻璃紙與**未包覆**的光敏電阻，並透過熱熔膠將光敏電阻固定於 同一片厚紙板，資料傳輸透過 USB 連線，傳輸至電腦。

藉觀察發現光敏電阻與照度的關係整體趨勢成指數性上升，會導致光敏電阻當照度高於 1000 lux 後數值上升緩慢，容易導致照度回報偏差大(圖)；則圖四為光敏電阻 包覆黑色玻璃紙後，可讓照度高於 4000 lux 後，才會使數值偏差大，但在照度低於 1000 lux 時，反應程度較為不佳(圖)。



圖一，光敏電阻與照度關係圖

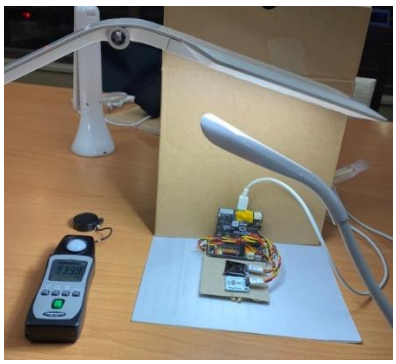


圖二，包覆玻璃紙光敏電阻與照度關係圖

以下為訓練照度計的完整過程：

(1) 採集資料：在相同亮度的環境下，先以 tenmars tm-720 照度計蒐集數值，再讓自製照度計中的兩顆光敏電阻分別蒐集不同的數值，合計 100 組。

圖三，自製照度計蒐集數據展示圖

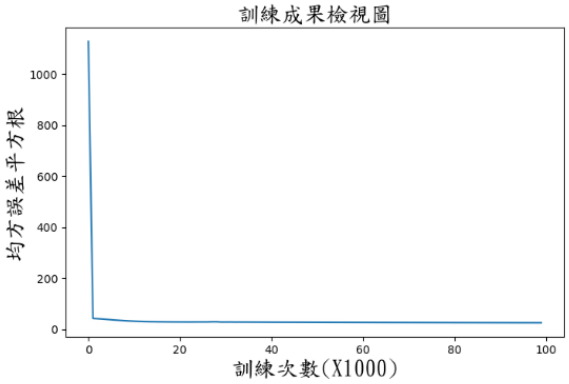


圖四，市售照度計蒐集數據展示圖

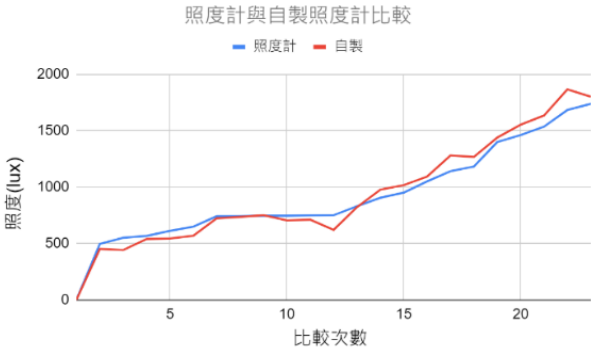
(2)資料分類：將資料以 8：2 的形式分為訓練資料(train data)與驗證資料(test data)。

(3)處理問題：將分散的資料以多層感知器(MLP)處理，求出 R^2 最大的回歸線，訓練時輸入兩個自變量（光敏電阻數值），並運算求出一個依變量（預估照度）， 使用均方誤差作為 Loss Function，總計回合數為 100 萬次，觀察每次均方誤差平方根，反覆測試數次取最佳結果作為模型。

(4)準確度驗證：再自行測試 23 筆資料，整體趨勢大致符合，在照度低於 1000 lux 自製的照度計判斷的照度容易低於實際的照度約 1.5~129lux，其餘狀況 則較容易超出實際數值約 5~182lux。



圖五，訓練模型的表現



圖六，模型驗證成果

2、模擬環境箱

根據 **Which colors absorb more light energy ?** 探討各顏色吸光的能力，文中提到黑色是吸光能力最佳的顏色，同 時避免大量反射，因此在材質的選擇使用黑色的風扣版。在在箱體的設計上，邊長各為 28 公分，操縱變因有兩項， 分別為箱壁頂端 LED 燈條與底端的可移動底板，前者是環 境箱的主要光源輸出，同時也可搭配玻璃紙改變光色；後者 可分為九個階段調整高低，影響色卡與光源的距離。

圖七，環境箱

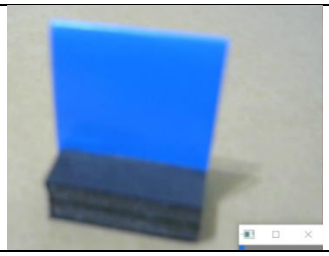
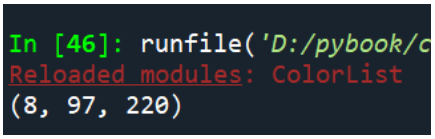
3、色卡

本實驗有 4 種不同顏色的色卡，皆使用色紙製作， 並以寬 2 公分、長 4 公分、高 1 公分的風扣板作為固定色卡的基座。

圖八，色卡

4、顏色辨識模組

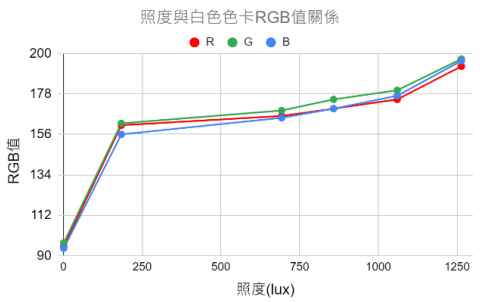
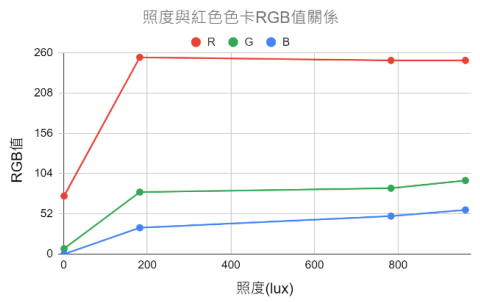
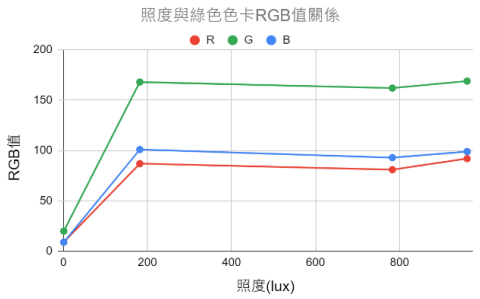
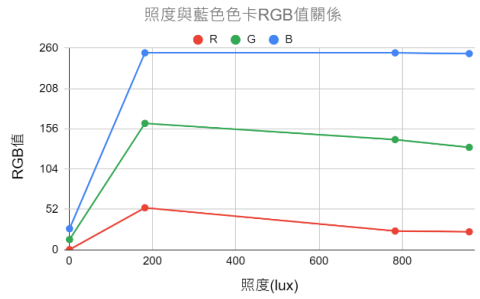
透過 Python 的 PIL 模塊與 OpenCV 處理圖像，當鏡頭拍攝照片後以 Pygame 呈現，透過切割的功能讓使用者選擇 9×9 的圖像，運算後輸出 RGB 值。

相關畫面			
介紹	在程式初始執行時，移除其他檔案，並且開啟相機，當按下 s 鍵會拍下目前的影像，開啟後續程式，按下 q 鍵會離開程式。	獲得照片後，會有一個方框，可讓使用者透過鼠標自行選擇位置，之後會自動產出 9×9 的圖像。	經由系統判斷，去除黑色與極亮的色光，輸出相對應的 RGB 值。

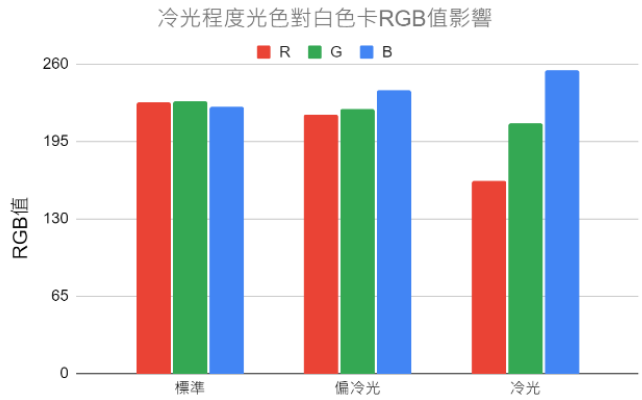
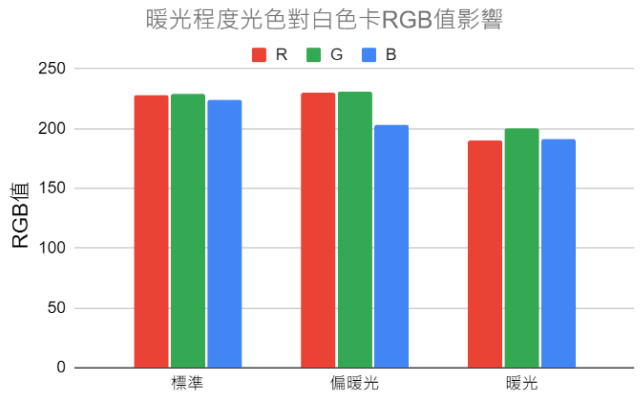
(二) 實驗結果

透過改變環境亮度或環境光色的狀態，分別觀察不同色卡的 RGB 值。

1、環境亮度對顏色的影響

說明	環境亮度對於各色的影響	
在白色狀態時，RGB 各自數值在照度小於 250lux 時上升快速，之後漸緩，且三值平均；其餘顏色無論照度為何，都有一值較為突出(紅色：R，綠色：G，藍色：B)，且上升速度較明顯，剩餘兩值則較為緩慢。	白色	紅色
		
	綠色	藍色
		

2、環境光色對物體色的影響

環境光色對各色物體的影響	
冷色系	暖色系
	
說明	
標準狀態下的 RGB 各自的比例皆較為相近，在冷光的比例加重下，R 的占比有漸漸下降的趨勢 33.5%下降至 25.8%，而 G 的比例無太大的變化皆在 33%附近，最後 B 的占比有上升的趨勢由原本的 32.9%提升至 40.7%；而在偏暖光比例加重下 R 的占比微升至 34.6%，G 由 33.6%成長至 34.8%，B 在偏暖光時占比最低。	

(三) 修正系統

以在環境箱內照度 184 lux 的白光做為標準，修正在兩種環境因素下，對顏色所造成的誤差，提供更正確的顏色。

1、環境亮度修正

利用實驗所獲得的數據進行推測，並且在預測 RGB 值時有四種狀態，分別為白色、紅色、綠色、藍色，不同的狀況會有不同的算法，透過這種分類可以避免不分顏色因不適用白色算法所產生的誤差，以下為判斷各種狀態的方法：

狀態	判斷方法	備註
紅色	當 R 值大於 B+G 總和時	
綠色	當 G 值+20 大於 R+B 總和時	實驗所用的色卡，並非正綠色，故在判斷時補償 20。
藍色	當 B 值大於 R+G 的總和時	
白色	上述三種狀態皆否時	

在使用使系統拍攝時，會得出未經處理的目標物 RGB 值、以及拍攝點的照度， 利用回歸式推導並計算，以下為計算過程。

步驟	名稱	說明	過程
1	定義	設照度計的值為 x 、目標物的 RGB 原值為 X, Y, Z	
2	代入	藉由經由回歸式 $f(x)$ 推導出該狀態的 RGB 值 R1,G1,B1、標準狀態的 RGB 值 R2,G2,B2	
3	計算	讓兩 RGB 值相減得出新的數得出 R′、G′、B′	R′ = R1 - R2

			G′ = G1 - G2 B′ = B1 - B2
4	計算	並且與原值相減得出 X′ , Y′ , Z′	X′ = X – R′ Y′ = Y – G′ Z′ = Z – B′
5	結果	新的 RGB 值為 X′ , Y′ , Z′	

2、環境色修正

利用實驗中的冷暖色數據進行分析，正常狀況的白色色卡 RGB 各自的比例約為 33%，透過觀察同張色卡在不同環境的 RGB 值，進行補償或扣除數值讓顏色趨近於標準狀態下的顏色。修正的方法為抓取當前白色色卡的 RGB 值比例，透過計算之後便會得出校正後的 RGB 值，以下為計算過程。

步驟	名稱	說明	過程
1	定義	設白色卡 RGB 值為 X , Y , Z，目標物的 RGB 值為 a ,b ,c	
2	計算	R, G, B 為白色卡各自的比例	$R:\frac{X}{X+Y+Z}$ ，$G:\frac{Y}{X+Y+Z}$ ，$B:\frac{Z}{X+Y+Z}$
3	計算	此時減去各自的校正值，得出 R′、G′、B′	R′ = R – 0.335 G′ = G – 0.336 B′ = B - 0.329
4	計算	讓 R′、G′、B′乘目標物的 RGB 總值加原值 a ,b ,c	$a' = a-(a+b+c)\times R'$ $b' = b-(a+b+c)\times G'$ $c' = c-(a+b+c)\times B'$
5	結果	得出校正過後的 RGB 值a', b', c'	

(四)修正結果

原圖	影響因素		照度校正	整體校正	預期效果
	環境亮度	環境色			
55, 52, 85	2.63lux	無	126, 116, 146	117, 110, 156	102, 82, 167
5, 25, 62	2.63lux	無	58, 173, 255	56, 170, 255	26, 143, 252
111, 113, 112	688.7lux	暖	105, 105, 102	100, 118, 95	57, 152, 100

220, 165, 0	426.9lux	暖	169, 145, 0	168, 162, 0	213, 203, 0
123, 64, 119	207.7lux	冷	120, 62, 116	152, 47, 99	192, 41, 19
159, 155, 68	108.5lux	冷	179, 174, 87	203, 190, 46	213, 203 , 0

五、結論與生活應用

1、訓練成果

經由本系統校正後的顏色，在低光度時擁有較佳的補色效果，雖然距離實際顏色還有 些距離，但可用於顏色上的大致判斷。而面對環境色的影響，冷暖色的校正表現較為弱勢， 仍會有紅色或藍色的數值太高或太低，導致修正後仍會感受濛濛的。

2、應用限制

由於蒐集的顏色範圍太少，僅有白、紅、綠、藍四色，進行顏色修正的測試可使用的算 法較少，同時在模擬環境亮度對物體顏色的影響，會因採集點皆低於 1000 lux 以及過於散佈，修正的校過較不如預期。

3、未來應用

台灣在許多地方會安裝監視器，而有監視器的地點不一定會有路燈供給照明，因此當夜晚來臨時間是彷彿就像失明般，無法供給充滿色彩的畫面，為解決此問題目前多採用紅 外線錄影，但同時也失去判斷顏色的能力，若採用此系統透過照度計提供照度資訊，在運算應補足的顏色，在判斷事物也會有較好的依據。

參考資料

一、Paul Horwitz (2010). Which colors absorb more light energy,The Concord Consortium, Retrieved March 14, 2021, form https://reurl.cc/1gOmMX.

二、不留川 英一(2021)。強化式學習：打造最強 AlphaZero 通用演算法。旗標科技股份有限公司。