

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高職組 電子、電機及資訊科

091007

影像評估分析系統用於情境照明之研究

學校名稱：國立台中高級工業職業學校

作者： 職二 林可均 職二 周慧敏 職二 賴亭翰	指導老師： 卓明賢
---	------------------

關鍵詞：影像評估分析、夕陽下山過程、特定時空資料

摘要

本作品為影像評估分析系統用於情境照明之研究，特別針對可選定不同時間地點模仿夕陽之情境照明系統，整合環狀與放射狀的電路圖設計，選擇接近夕陽頻譜的波長複數個發光裝置，利用影像評估分析系統輔助製作仿夕陽燈具，讓設計更富彈性。本作品提出新的控制法則，進行電路設計之改良，精確的掌握每條迴路的驅動電流量限制。利用影像評估分析系統建立夕陽資料庫，結合發光元件控制法則之建立，可讓使用者充分領略夕陽之美。本研究利用影像評估分析計算夕陽下山過程之每一時間點對應於色度圖之軌跡點，即時比對特定時空資料其對應於色度圖之軌跡線，並啟亮與該軌跡點相對應之該發光元件組合，如此達到最佳情境照明效果。

壹、研究動機

當一個人看到朝陽時，常常會覺得變得更有精神，而看到夕陽時，也常常會覺得心情輕鬆而寧靜。有一句話叫做「夕陽無限好，只是近黃昏。」夕陽能讓人感到身心靈放鬆，也象徵工作回家、休息的意義。但是美好的東西總是稍縱即逝，現代人由於各種原因，能夠靜靜的欣賞夕陽美景的機會總是不多，其實要看朝陽或夕陽不是那麼容易的，有時刮風下雨，夕陽會被烏雲遮住；有時工作太忙碌忘了，而當工作忙完終於想起來的時候，美麗的夕陽早已下山……等。特別是在都市裡，高樓林立，要想看到夕陽就更困難了。2011年7月13日在紐約的曼哈頓的街頭出現了難得的夕陽奇景，此現象發生於夏至前後，這個時間點，太陽日落軌跡恰巧與紐約的街道對齊，一年才出現兩次，因此引起大批人潮爭相攝影留念，由此可見現代人想看到夕陽的困難。由於作者自己曾經有一連三個月只看到四次夕陽的經驗，而且這四次的夕陽最後下山前都被雲層遮住了，因此錯失了最精彩的那一刻，深覺遺憾，這才發現，原本以為看朝陽或夕陽是一件很簡單、很容易辦到的事，其實卻一點也不容易，於是就想到：「有沒有可能自己模仿一個人造的朝陽或夕陽，隨時隨地想要看朝陽或夕陽，打開開關就可以看到？」，本作品即基於此動機，設計一個發光波長變化與夕陽光非常相近的照明裝置，讓使用者在居家時，以靜躺或靜坐的方式，觀看可隨時間變化之仿夕陽之燈具，所以本作品希望製作出接近夕陽的燈具，隨時都可以享受夕陽的美好，透過這個作品就不用再怕黃昏很快就過去了。

首先要在此說明夕陽光的成分，在電腦、電視上看的夕陽的照片或影片，和真正的夕陽有沒有一樣呢？其實並沒有，如果真的一樣的話，就不用這個辛苦地去做一個夕陽了！電腦上的夕陽光，和真正的夕陽光的差別，重點就是在夕陽的波長，電腦上的夕陽光的只是利用三原色——紅色、綠色、藍色所構成的夕陽的「顏色」。但本作品在製作時，不只是外觀要長得像，最主要是它的波長，要盡量模仿到真正的夕陽所散發出來的光譜，這樣才能達到逼真的境界。

那麼問題來了，作者究竟可以仿造夕陽到多像的程度呢？本作品並不強調光動力療法的部份，而是試圖以工藝的角度出發，針對居家環境、建築照明裝飾及特殊景觀照明而設計的裝置，希望可營造吸引人的情境，提供舒適的環境，希望於情境照明與休閒效果應用及功能性上都做一提升。

作者在2012年以〔SUNRISE, SUNSET：情境照明研究〕獲第十一屆旺宏科學獎佳作，隨後以〔情境照明之仿真控制研究〕獲2013年臺灣國際科學展覽會大會獎工程學科四等獎，因當時電路及硬體整體設計不良，部份電路設計不當而燒壞，而且整體的模仿效果

欠佳，而不太像夕陽，裁判覺得外觀不具吸引力，因此未能得到更好的名次而列為儲備作品[1]，期許作者更努力進行改良。之後設計〔可選定不同時間地點之模仿日月及雲彩之情境照明系統〕入圍 102 年 2 月的全國 LED 創意設計競賽，但仍因當時電路設計不當而燒壞，因此未能得獎。本團隊因此邀請新夥伴加入，進行 PROTEL 電路設計之改良，並以影像評估分析系統的角度出發，加入全新的元素，希望能得到更好的情境照明效果。

貳、研究目的

民國 97 年作者把構想寫出來，申請專利，成了一個仿夕陽的燈具發明專利，並獲得通過[2]。整個專利作品為一個發光波長與夕陽光非常相近的照明裝置，由 6~7 組 LED 燈(每組有數個發光二極體)、有一個發光元件發出紅黃光連續性光譜，一個環狀的日光燈管或白光 LED，再加上一個擴散片、濾光片所構成。因為夕陽最美的時間總是最短，所以作者又設計一個隨時間變化可呈現日出日落過程之仿太陽光之燈具[3]。利用創新的時序間隔調整控制器，結合電腦程式，能把短的時候變成長的時間，透過創新的設計調整時序控制參數，可以控制 LED 燈的亮或暗，依照使用者的偏愛，有延長漸進的模式，或是逐漸縮短的模式，讓夕陽西下或旭日東昇的某一時刻變長，抓住最美好的時刻。

製作出來的仿夕陽之燈具光場是不是非常均勻? 與真正朝陽或夕陽光兩者差異有多大? 只用肉眼觀察感覺光場，是無法精確的評估的。因此本作品完成一系列影像評估程式，除了計算光場均勻度之外，將朝陽或夕陽影像的 RGB 值計算出來後，轉成 CIE 色度圖裡面觀察，朝陽或夕陽顏色應該會形成一個範圍，再去拍攝仿夕陽之燈具，燈具顏色也有一個範圍，觀察兩者差異多少，如此就可以對仿夕陽之燈具進行影像評估。本作品更可形成一種可選定不同時間地點之模仿夕陽之情境照明系統[4]，利用新的控制法則，當選擇該任一筆特定時空資料時，處理裝置即啟動該複數組發光裝置，並依該情境變化過程之每一時間點對應於色度圖之複數個軌跡點，即時計算比對特定時空資料其對應於色度圖之軌跡線，而得到與該軌跡點間兩種累計誤差為最小距離之計算值，並啟亮與該軌跡點相對應之該發光元件組合，如此達到不同時間地點之模仿夕陽之最佳情境照明效果。

這個題目包括了五個課題：

- 1、設計新的整合電路
- 2、每條單一電路的影像評估
- 3、整體仿夕陽之燈具的影像評估
- 4、新的發光元件控制法則與影像評估資料之整合
- 5、影像最佳化之計算

參、研究設備及器材

一、研究設備：如附圖 1(1)-(7)

1、大型工具：電動鑽頭及工具組、數位相機、紅外線攝影機、電腦、可程式控制器。

2、小型工具：小型錫槍、錫錫、工具箱、裁紙刀、美工刀、尺、螺絲起子、剪刀、剝線鉗。

二、研究器材：如附圖 1(8)-(11)

包含光柵、LED 燈座、LED、零件盒、開關、手機充電電池、電池座、3 號充電電池、太陽能板，擴散片（半透明膠片）、濾光片（玻璃紙）、電線、電路板軟體、電路板。



(1) 電動鑽頭



(2) 工具組



(3) 電腦



(4) 數位相機與紅外線攝影機



(5) 可程式控制器(PLC-MITSUBISHI-FX2N-16MR)



(6)工具箱



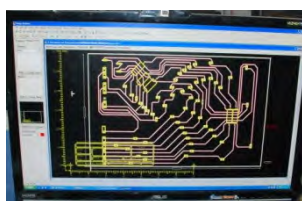
(7)小型銲槍與銲錫



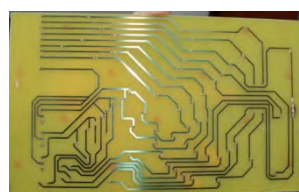
(8) LED、零件盒與手機充電電池



(9)太陽能板



(10) 電路板軟體(設計圖)



(11)電路板(實體)

圖 1、研究設備與器材

肆、研究過程或方法

紅外線是電磁波的一種，從熱輻射的原理得知，任何物體只要高於絕對零度（ -273°C ）以上，都會放射出不同波長的光線（紅外線），本作品的仿夕陽之燈具除了可見光區段的模擬外，也加入紅外線的模擬，所以本作品設計一個發光波長與夕陽光非常相近的照明裝置。夕陽光和白天的日光不相同，包含了許多紅外線的成分，而且存在許多波形尖峰[5]，可能是陽光被大氣層吸收與散射的結果，因此已經不是可以用一個單純的發光源可以模仿出它的頻譜了，如圖 2 所示，這些波形尖峰很適合用不同的 LED 燈去模擬其光波。所設計的照明裝置一共由 6~7 組 LED 燈（每組有數個發光二極體）、一個太陽能板，再加上一個擴散片、濾光板所構成，發光二極體(Light-Emitting Diode，簡稱 LED)，當電流通過 PN 界面的時候，因為化合物的不同而發出各種可見光和不可見光，其外型及發光的方向性因為用途而有相當大的差異。本設計之七組發光二極體的對應波長分別為：585、635、680、720、790、880、1000nm(表 1)，再透過濾光鏡片將 LED 燈的較短波長的光成分加以

衰減後，整體光場組合應該與夕陽光譜相似度極高。透過擴散片之後，光線即變為柔和均勻。

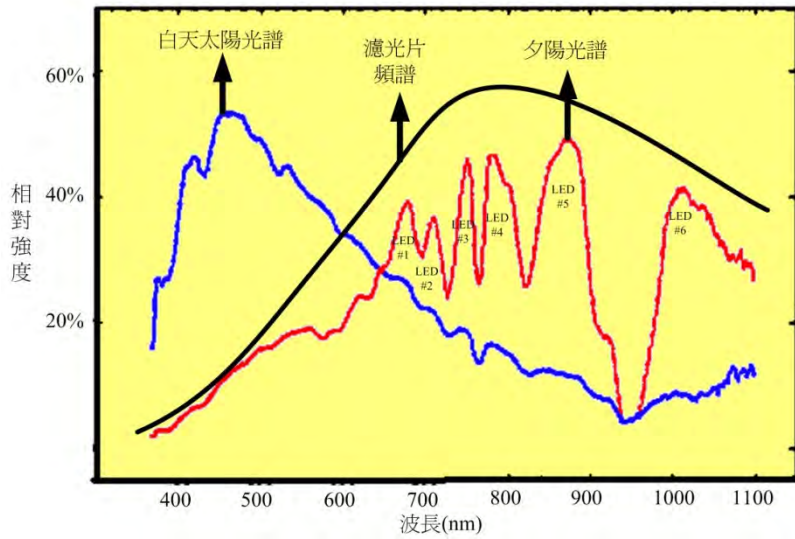


圖 2 仿夕陽之燈具之七組 LED 波長與夕陽光譜對照圖

表 1 仿夕陽之燈具的七組發光二極體

型號	輸出波長	頻寬
276-021	585nm	± 45 nm
56VR3F	635nm	± 45 nm
4501FV	680nm	± 45 nm
M3L1	720 nm	± 50 nm
LR780	790 nm	± 40 nm
L-34SF4C	880 nm	± 50 nm
R-3T	1000 nm	± 50 nm

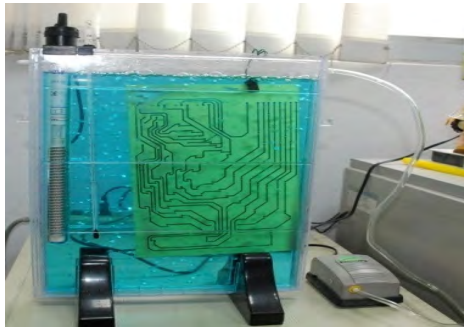
因為 LED 的用量多，考量到焊接與跨線上的困難，決定以「洗電路板」的方式，克服這方面的問題。首先用《Protel 99SE》這套電路圖設計軟體，設計兩個不同形式的電路圖。完成電路圖後，將電路 layout 轉印至描圖紙後，並把感光電路板與描圖紙放入紫外線箱曝光(圖 3(A))，完成後將電路板浸至顯影劑(圖 3(B))，影像出來後，經清水清洗再放入蝕刻機(圖 3(C))，當多餘的銅都蝕刻掉後，最後的步驟就是鑽孔(圖 3(D))，電路板完成後就可以進行 LED 配置。



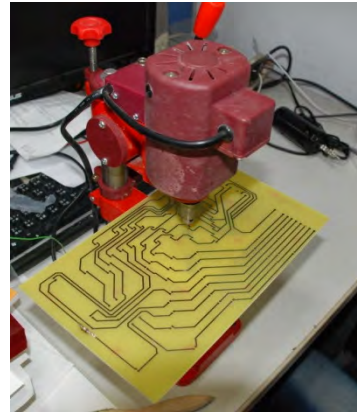
(A) 紫外線箱曝光



(B) 電路板浸至顯影劑



(C) 放入蝕刻機，蝕刻掉多餘的銅



(D) 鑽孔

圖 3 洗電路板步驟

表 2 (A) LED 配置表

L1	Y0	Y0	Y0	Y1	Y1	Y1	Y2	Y3
L2	Y0	Y0	Y1	Y2	Y3	Y3	Y4	Y5
L3	Y0	Y1	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6
L4	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y5	R2
L5	Y0	Y2	Y3	Y4	Y5	Y5	Y5	R2
L6	Y2	Y3	Y4	Y4	Y5	R2	R2	R3
L7	Y2	Y3	Y5	Y6	R2	R4	R4	IR2
L8	Y3	Y3	R2	R3	R4	IR1	IR1	IR2

表 2 (B) LED 數量統計

Y0	8	Y4	6	R2	6	IR1	2
Y1	7	Y5	9	R3	2	IR2	2
Y2	7	Y6	2	R4	3		
Y3	10						

本作品第一個基本設計是以約 3-8 個同樣規格的 LED 為一組，第一組到第三組分別並聯後再串聯一個可變電阻，然後連接一個 3.0V 電池座，第四組到第七組分別並聯後再串聯一個

可變電阻，然後連接另一個 3.0V 電池座，如圖 4，最後再把 3.0V 電池座分別連結到太陽能電池充電器，其中一個 3.0V 電池座並負擔白光 LED 的供電，構成仿夕陽之燈具雛型的實際電(圖 4)。但此設計在不同迴路的 LED 順向電壓偏差過大的情況下，電流會向順向電壓低的迴路轉移，不同迴路的亮度的差異也將會非常明顯。

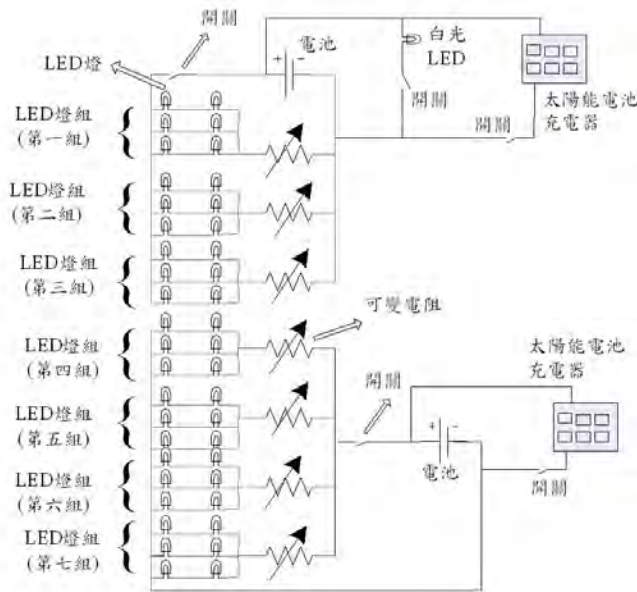


圖 4 仿夕陽之燈具的第一個設計電路之示意圖

本作品第二個設計是以約 3-8 個同樣規格的 LED 為一組，共八組，分別並聯後再串聯一個可變電阻來調整電流，最後連接一個 24V 的電源(圖 5)，最後再把各組的 LED 燈與電腦控制的接點串聯在一起，構成動態的仿夕陽之燈具的主要電路。

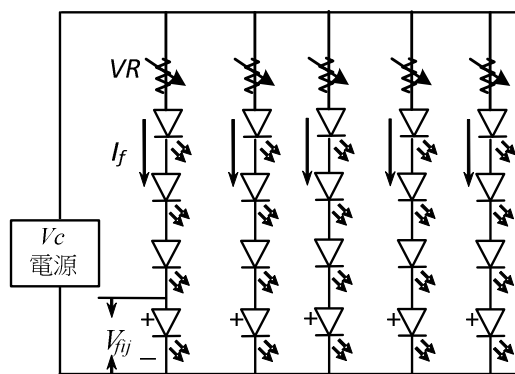


圖 5 仿夕陽之燈具的第二個設計之電路示意圖

IR/紅光 LED 驅動電壓約 2V，藍/綠/白光 LED 驅動電壓約 3.3V，驅動電流依發光亮度而有所不同，從 3mA 到 100mA 都有可能，而第二個設計之電路經常讓不同亮度的 LED 安排在

同一回路，超過其額定電流，才不斷的讓 LED 燒掉，設計不良時，串聯式驅動電路有可能會出現所有 LED 都不亮的情形[6]。

第 i 條迴路 VR 電阻的阻值可計算出為

$$R_i = \left(V_C - \sum_{j=1}^n v_{fi} \right) / I_f \quad (1)$$

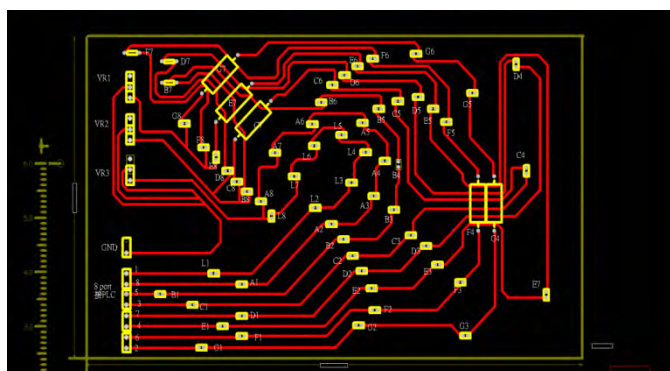
式中， V_{fi} 為第 i 條迴路第 j 條個 LED 的順向電壓； I_f 為第 i 條迴路 LED 的順向電流； V_C 為電源電壓； R_i 為第 i 條迴路電阻的阻值。

LED 的配置可從觀察夕陽著手，夕陽快下山時，中心呈現黃光，至於外圍則是紅光，按照夕陽對應波長買了各種不同層次的紅色 LED 與黃色 LED，為了使配置出來的燈光更逼近夕陽，一一測出 LED 的波長並加以編號，黃色依序為 Y0、Y1、Y2、Y3、Y4、Y5，紅色依序為 R1、R2、R3、R4，其中有三顆紅外線 IR1、IR2、IR3，編號的依據是數字愈小的表示波長愈短，也就是說 Y1 的波長 < Y5 的波長，而黃色 LED 波長 < 紅色 LED 波長。

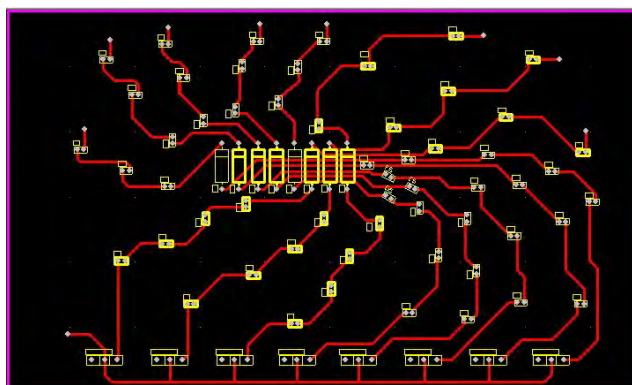
設計出兩種電路，第一個設計出來的是環狀電路，每條線路由中心繞入，但在 LED 配置的過程，線路因為要仿夕陽，內圈的黃色 LED 的數量會過多，相對的外圈的紅色 LED 會過多，而這跟每條線路的編號，應該出現的 LED 紅與黃數量有衝突，因此又設計出另一個放射狀電路，屏除掉之前內圈與外圈的困擾(圖 6(A)(B))。

當 LED 都焊上電路板並經過測試，確定每條線路都會亮後，接下來就是以 PLC 去控制其變化。

本創意作品為設計一個發光波長與夕陽光非常相近的照明裝置，一共由 7 組 LED 燈(每組有數個發光二極體)、一個太陽能板，再加上一個擴散片、濾光板、電路開關所構成。在仿夕陽的燈具旁邊加一個太陽能板，平常不開啟 LED 時裝設在陽台邊就可以充電，晚上想要用時就可以打開。要做出一個具有多種功能的人造夕陽，除了紅光 LED 之外，還可加上日光燈管或白光 LED，多種用途，平常拿來當一般的照明，當想要看夕陽的時候，就可以切換開關，立刻看到夕陽。



(A) 環狀電路圖



(B) 放射狀電路圖

圖 6 電路圖

另外也可增加一個功能，讓仿夕陽之燈具的光閃動，在靜坐時，也許可以吸引注意力，提供類似數息的功能，得到靜坐更好的效果，如此構成之發光波長與夕陽光非常相近的照明裝置，其中，主控制器裝置包含有三種模式，可藉由連續按開關裝置而切換之，第一模式為一般照明模式，第二模式為仿夕陽模式，第三模式為閃動模式。在第一模式時，只開啟日光燈管（或白光 LED），提供平時照明的用途，其光線不經過濾光片。在第二模式時，開啟六組發光二極體與能發出連續光譜的紅光光源，本作品之六組的發光二極體的對應波長理論上分別為:680、720、760、790、880、1000nm。

本創作可進一步設計為為一種可隨時間變化之仿夕陽之燈具，讓燈具發光之顏色於 CIE 色度圖中之軌跡與夕陽的顏色變化軌跡範圍(圖 7)與時間變化比例相近；CIE 色度圖中由中間出發，至右邊偏上之位置，再逐漸移至右下角的位置。

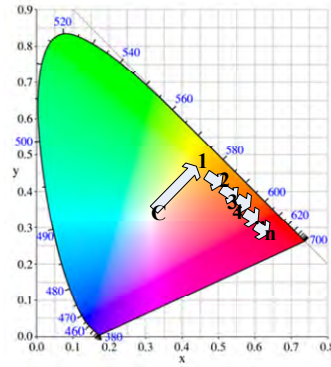


圖 7 CIE 色度圖中夕陽的顏色變化軌跡範圍

時序間隔調整控制器所對應之一組時間間隔(圖 8)為 $t_1, t_2, t_3 \dots t_n$

可提供各種時間間隔之變化曲線，例如變化曲線 1 為陡升或陡降之類型:

$$t_n = a_1 e^{n/a_2} + a_3 \quad (2)$$

其中 a_1, a_2, a_3 為調整參數，可由時序間隔調整控制器改變其大小。透過程式的安排， a_1 參數可調整時間間隔之整體長短， a_2 參數可調整時間間隔曲線之整體形狀， a_3 參數則為一偏移值(offset)，由程式自動判斷產生。

變化曲線 2 為中間突出或下降之類型:

$$t_n = a_1 n^2 + a_2 n + a_3 \quad (3)$$

以夕陽來說， t_1 為 CIE 色度圖裡，中間與右邊偏上位置之變化時間間隔。 t_2 為右邊偏上位置逐漸下移之時間間隔。 t_n 為最後倒數第二的狀態下移至右下角最後的位置之時間間隔。

使用者可調整發光顏色變換的時間間隔，按照他的意思，去延長夕陽下山前一刻的美好畫面，如此之時間間隔設定，可讓使用者充分領略夕陽之美，以朝陽來說， t_1 為一開始的狀態，由右下角最後的位置上移至右下角稍上方的位置之時間間隔， t_{n-1} 為右邊偏下位置逐漸上移之時間間隔...， t_n 為 CIE 色度圖裡，中間與右邊偏上位置之變化時間間隔。

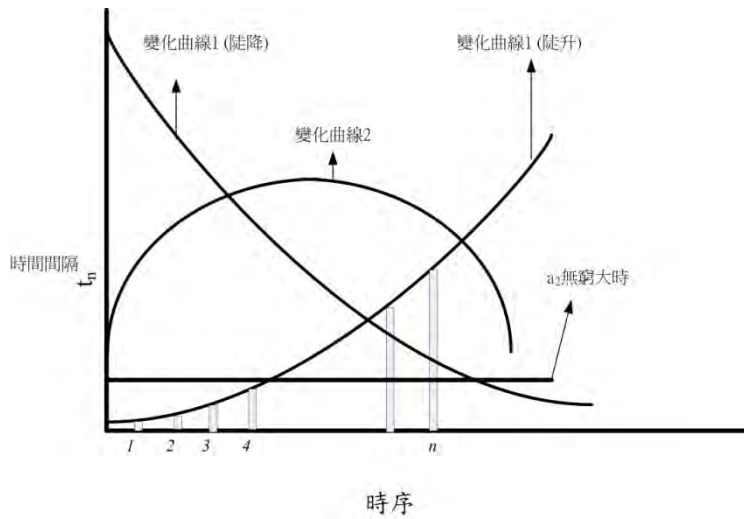


圖 8 時序間隔調整控制器所對應之時間間隔

本研究將一系列夕陽影像的 RGB 值計算出來後，轉成 CIE 色度圖裡面觀察，這影像裡的夕陽顏色應該會形成一個範圍，再去拍攝仿夕陽之燈具(圖 9)，仿夕陽之燈具顏色也有一個範圍，並觀察兩者差異多少，如此就可以對仿夕陽之燈具作評估，在彩色的視訊影像色彩訊息描述方面，有各式各樣的彩色座標系統能供使用，CIE(Commission Internationale de l'clairage) 是一個國際性的組織，專門為設定光度及彩色的標準，此外三色係數(Trichromatic Coefficient)之定義，CIE 制定紅光波長是 $R(\lambda)=700\text{nm}$ ，綠光波長是 $G(\lambda)=546.1\text{nm}$ ，藍光波長是 $B(\lambda)=435.8\text{nm}$ ，R.G.B 為三種顏色的光量在某點素的灰階值，在 CIE 色彩空間中顏色的三色刺激值為 X 、 Y 和 Z ，可以下列數學式對應於紅色、綠色和藍色之間的關係，也就是：

$$\begin{aligned}
 X &= A_{11}R + A_{12}G + A_{13}B \\
 Y &= A_{21}R + A_{22}G + A_{23}B \\
 Z &= A_{31}R + A_{32}G + A_{33}B \\
 x &= X/(X+Y+Z) \\
 y &= Y/(X+Y+Z)
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

其中， A_{ij} 為與攝影機有關的參數，相關設定為：

$$A_{11} + A_{12} + A_{13} = 1, \quad A_{21} + A_{22} + A_{23} = 1, \quad A_{31} + A_{32} + A_{33} = 1$$

使用 x 作為橫軸， y 為縱軸，而畫出夕陽顏色在 CIE 色度圖中的位置，如圖 10，當仿夕陽之燈具顏色不在夕陽顏色範圍內時，可改變 LED 的波長或顆數進行調整。



圖 9 仿夕陽之燈具發光情形

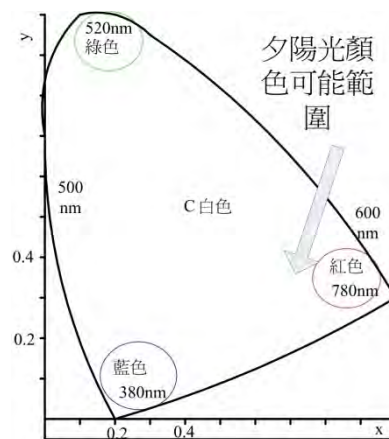


圖 10 用 x 作為橫軸、y 為縱軸之 CIE 色度圖

仿夕陽之燈具均勻度定義如下:

$$T_{\text{uniformity}} = 1 - (\Delta g / g_{\text{ave}}) \quad (5)$$

其中， $T_{\text{uniformity}}$ 為光場均勻度

Δg 為光場亮度差異量

g_{ave} 為光場平均亮度

$$\Delta g = g_{\text{max}} - g_{\text{min}}$$

g_{max} 為光場最大亮度

g_{min} 為光場最小亮度

燈具設計組合變化控制法則如下:

- 燈組發光元件較大者編號設計:其發光元件波長較長。

$$\lambda_k < \lambda_{k+1}$$

- 除了雲破與彩霞半掩模式，日出模式時啟亮發光元件編號由大而小，黃光 LED

整體數量由少而多，日落模式時啟亮燈組編號由小而大，黃光 LED 整體數量由多而少。

$$\begin{aligned} \text{日出模式時 } m \leq n \quad \text{且} \quad \bar{\lambda}_t > \bar{\lambda}_{t+1} \\ \text{日落模式時 } n \geq m \quad \text{且} \quad \bar{\lambda}_t < \bar{\lambda}_{t+1} \end{aligned} \quad (6)$$

n 為在時間 t 時發光元件開啟的總個數。

m 為在時間 $t+1$ 時發光元件開啟的總個數。

$\bar{\lambda}_t$ 為在時間 t 時發光元件整體平均波長

$\bar{\lambda}_{t+1}$ 為在時間 $t+1$ 時發光元件整體平均波長

- 以整體視為一大面積之燈具，發光元件排列以交錯方式來安排。
- 發光元件可任意組合，但除了雲破與彩霞半掩模式，過程中燈具整體亮度不可忽大忽小，而應循序漸進。

$$\text{在日落時 } \sum_{i=1}^n I_{it} > \sum_{i=1}^m I_{i(t+1)}$$

$$\text{在日出時 } \sum_{i=1}^n I_{it} < \sum_{i=1}^m I_{i(t+1)} \quad (7)$$

其中， I_{it} 為第 i 個發光元件在時間 t 時的亮度。

其中， $I_{i(t+1)}$ 為第 i 個發光元件在時間 $t+1$ 時的亮度。

n 為在時間 t 時發光元件開啟的總個數。

m 為在時間 $t+1$ 時發光元件開啟的總個數。

- 未來燈具之面積應縮小，不同波長的 LED 應分散排列。
- 未來燈具可採矩陣式驅動。

紅色的夕陽，是陽光被大氣層吸收與散射的結果，因此在不同的雲層氣候影響下，夕陽的波長變化也會呈現微量的差異。

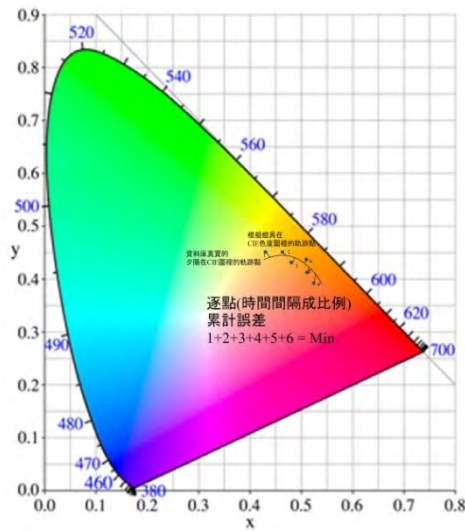


圖 11 在 CIE 色度圖裡的軌跡點逐點累計誤差比較

如圖 11 所示， $P_i = (xp_i, yp_i)$ 是某個資料庫真實的夕陽在第 i 個時間點在 CIE 色度圖裡的軌跡點， $Q_i = (xq_i, yq_i)$ 是模擬燈具在第 i 個時間點在 CIE 色度圖裡的軌跡點。

燈組發光元件可任意組合，在此定義第 j 個發光元件組合之逐點累計誤差 Δ_{1j} 如下：

$$\begin{aligned} \Delta_{1j} &= \sum_{i=1}^n \overline{P_i Q_i} \\ &= \sum_{i=1}^n \sqrt{(xp_i - xq_i)^2 + (yp_i - yq_i)^2} \end{aligned} \quad (8)$$

當情境照明發光顏色變換的時間間隔依照原來的實際夕陽顏色變換比例時，以發光元件組合之逐點累計誤差最小為最佳設計，亦即

$$\Delta_{opt} = \min[\Delta_{11}, \Delta_{12}, \dots, \Delta_{1j}] \quad (9)$$

Δ_{opt} 為最佳設計時情境照明發光顏色變換與實際夕陽顏色變換之誤差量。

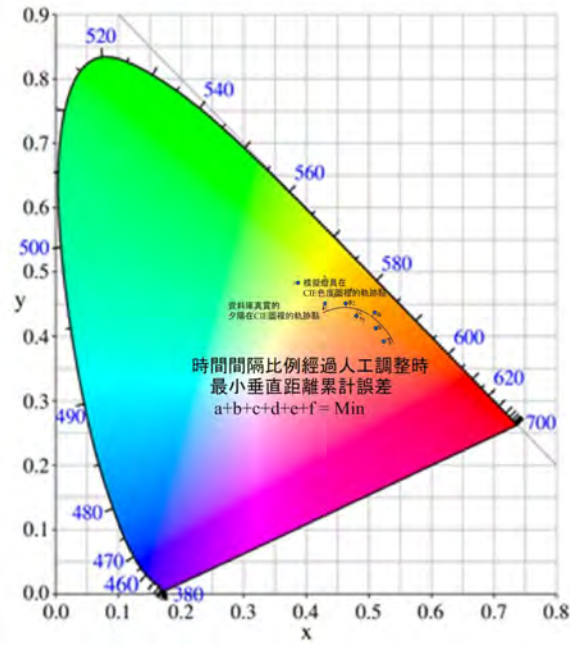


圖 12 在時間間隔經過人工調整時最小距離累計的誤差比較

如圖 12 所示，當情境照明發光顏色變換的時間間隔經過人工調整時，另外定義模擬點對某個資料庫真實的軌跡曲線之距離 $\overline{P_i'Q_i}$ ，可以如下公式求出

$$\overline{P_i'Q_i} = \min[\sqrt{(xp_1 - xq_i)^2 + (yp_1 - yq_i)^2}, \sqrt{(xp_2 - xq_i)^2 + (yp_2 - yq_i)^2}, \dots, \sqrt{(xp_n - xq_i)^2 + (yp_n - yq_i)^2}] \quad (10)$$

其中 P_i' 為模擬的軌跡點 $Q(x, y)$ 對某個資料庫真實的軌跡曲線之垂足，亦可定義第 j 個發光元件組合之最小距離累計誤差 Δ_{2j} 如下：

$$\Delta_{2j} = \sum_{i=1}^n \overline{P_i'Q_i}$$

$$\sum_{i=1}^n \min[\sqrt{(xp_1 - xq_i)^2 + (yp_1 - yq_i)^2}, \sqrt{(xp_2 - xq_i)^2 + (yp_2 - yq_i)^2}, \dots, \sqrt{(xp_n - xq_i)^2 + (yp_n - yq_i)^2}] \quad (11)$$

當情境照明發光顏色變換的時間間隔經過人工調整時，以發光元件組合之對真實軌跡曲線最小垂直距離累計誤差最小為最佳設計，亦即

$$\Delta_{opt} = \min[\Delta_{21}, \Delta_{22}, \dots, \Delta_{2j}] \quad (12)$$

Δ_{opt} 為最佳設計時情境照明發光顏色變換與實際夕陽顏色變換之誤差量。

仿夕陽之燈具影像與夕陽影像的 RGB 及 CIE 座標比對結果取如下之轉換值：

$$X=0.619R+0.177G+0.204B$$

$$Y=0.299R+0.586G+0.115B$$

$$Z=0.000R+0.056G+0.944B$$

(13)

在此利用可程式控制器(programmable logic controller, PLC) MITSUBISHI -FX2N-16MR 來做發光元件控制，其介面規格為 RS422，在與電腦作連線控制時，需經由 232 轉 422 之轉換連接器，以轉換成電腦適用之介面格式。因此在硬體方面，由 PLC 之輸寫孔接出一條 422 之傳輸線(25pin)，連接轉換器，轉換器另一端則 USB 接 RS232(25pin)轉 9 pin 之傳輸線，利用可程式控制器中的計時器與繼電器控制發光元件的亮或暗。

利用紅外線攝影機可觀察仿夕陽之燈具中紅外線 LED 的發光情形。運用影像評估分析系統測量均勻度，首先先載入影像，把每條線路的發光情形加以分析，影像評估分析系統可選擇用長方形或圓形做測量，scroll bar 可以調整距離，但仿夕陽燈具都是用圓形測量，也可以選擇半徑，假如取半徑 3，就會跑出 13 個取樣點，scroll bar 一樣可以調整取樣點的距離和大小，再來就是將影像置中，並算出他的 x 座標和 y 座標、灰度值、亮度、平均亮度、平均灰度值，和取樣點的均勻度，另外還能顯現出取樣點在 CIE 色度圖裡的對應位置。

本研究所開發的影像評估軟體其操作步驟如下:

步驟一：按【Load Image】載入影像(圖 13)

載入影像後的影像評估分析系統如圖 14 所示

步驟二：【Setup】可選擇要測量的形狀

【Width】和【Height】可調整測量每邊方形數量(圖 15)

【X-axis】和【Y-axis】可調整測量點與測量點的寬度

【Radius】可調整圓形的半徑(圖 16)

【Distance】可調整測量點與測量點之距離

【Size】可調整測量點的大小

步驟三：按【Intensity Analysis】可測出每個測量點的【Position】【Gray Value】【Luminance】和平均的 Intensity、Luminance、Gray Value(圖 17)

步驟四：按下【Analyze】會測出 Intensity、x 座標、y 座標並顯示在 CIE(圖 18)

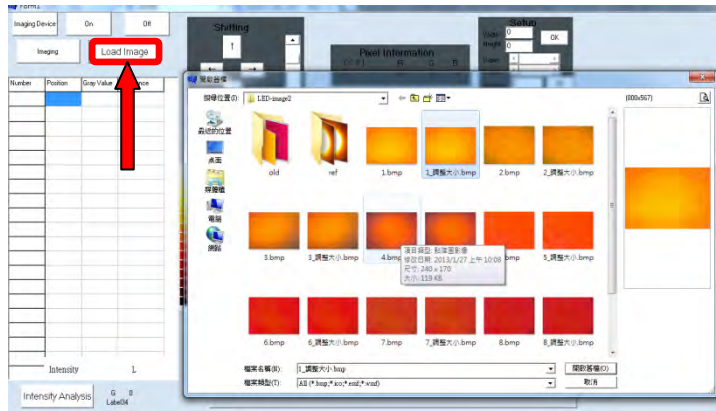


圖 13 【Load Image】功能圖

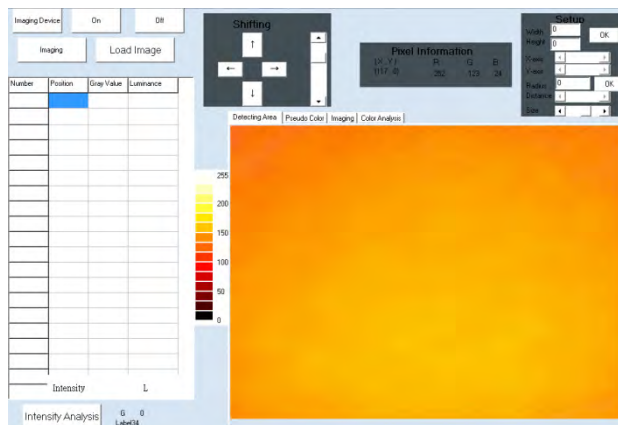


圖 14 載入影像後的影像評估分析系統

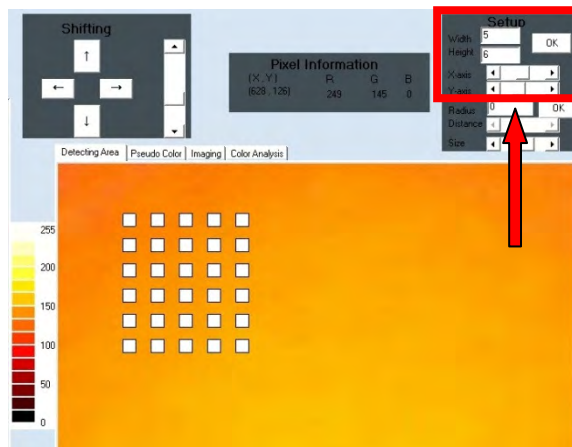


圖 15 選擇要測量的形狀以及調整測量每邊方形數量

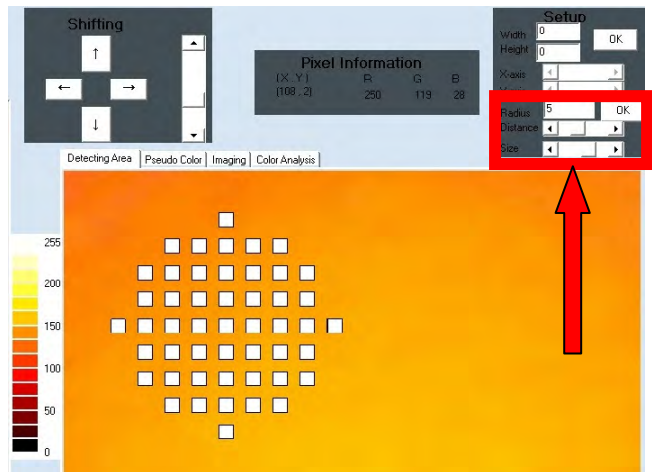


圖 16 調整圓形的半徑

Number	Position	Gray Value	Luminance
1	(52,167)	131	3.8
2	(82,107)	129	3.74
3	(82,137)	131	3.8
4	(82,167)	132	3.83
5	(82,197)	135	3.91
6	(82,227)	135	3.91
7	(112,77)	127	3.68
8	(112,107)	130	3.77
9	(112,137)	132	3.83
10	(112,167)	133	3.86
11	(112,197)	135	3.91
12	(112,227)	136	3.94
13	(112,257)	138	4
14	(142,77)	128	3.71
15	(142,107)	131	3.8
16	(142,137)	132	3.83
17	(142,167)	134	3.89
18	(142,197)	136	3.94
19	(142,227)	139	4
20	Intensity 158		L 3.94

Intensity Analysis G 139
0.856115102767944

圖 17 測出每個測量點的特性

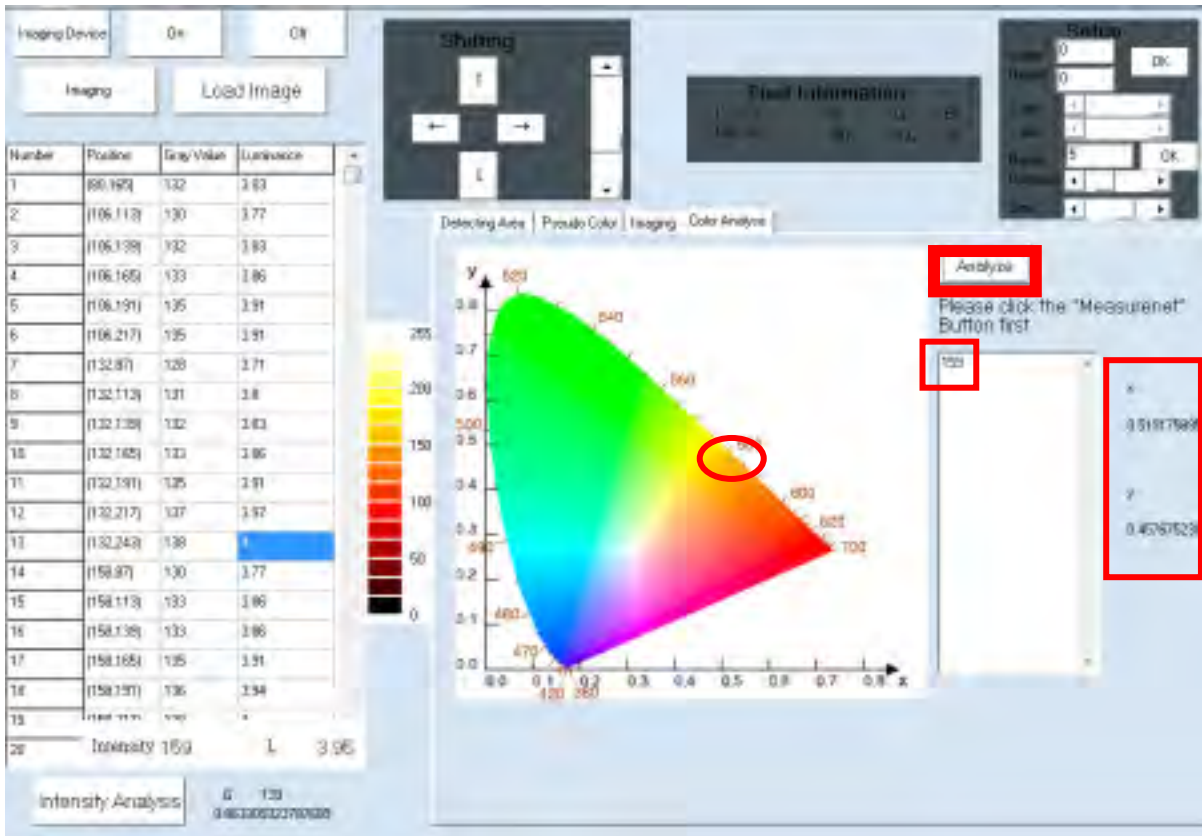


圖 18 測出亮度、x 座標、y 座標並顯示在 CIE

伍、研究結果

在操作上，首先開啟通訊埠，讓電腦與可程式控制器產生連線，同樣的，要關閉程式的時候必須先關閉通訊埠，讓連線中斷。在左邊的區域有 M0~M7 繼電器的開關按鈕，可以控制可程式控制器上各個繼電器的開啟與關閉。採用正午模式(noon mode)能提供一般照明。

當利用 load 功能選擇某一筆特定時空資料時，該處理裝置即啟動該複數組發光裝置，並依該情境變化過程之每一時間點對應於色度圖之複數個軌跡點，即時計算比對特定時空資料其對應於色度圖之軌跡線，而得到與該軌跡點間兩種累計誤差為最小距離之計算值，並啟亮與該軌跡點相對應之該發光元件組合，如此達到不同時間地點之模仿夕陽之最佳情境照明效果，燈組任意組合之時序如表 3。

表 3 燈組任意組合之時序表

時序 Sequence	第一案例啟亮燈組 Lamps On (1st step)	第二案例啟亮燈組 Lamps On (2nd step)
t1	0, 1, 2 3	0 1 2 3 4
t2	0, 1, 2	0, 2, 3 4
t3	0, 2, 3	2, 3, 4 5
t4	0, 3, 4	3, 4, 5 6
t5	0, 4, 5	4, 5, 6 7
t6	0, 5, 6	5, 6, 7 8
t7	0, 6, 7	6, 7 8
t8	0, 7	7 8
t9	7	7

整體而言，本作品所創新的功能，均可利用 PLC 控制仿夕陽之燈具之程式呈現出來，如圖 18 所示，為 demo1 操作過程的畫面之一例，右半部在相對應的 CIE 色度圖裡面，顯示出隨時間變化顏色的軌跡。

操作上，首先開啟通訊埠，讓電腦與可程式控制器產生連線，同樣的，要關閉程式的時候必須先關閉通訊埠，讓連線中斷。在左邊的區域有 M0~M7 繼電器的開關按鈕，可以控制可程式控制器上各個繼電器的開啟與關閉。採用正午模式(noon mode)能提供一般照明。

想要享受夕陽/朝日情境時可以開啟其他相關模式，demo1 的按鈕提供仿夕陽之燈具呈現日落的景象，而 demo2 的按鈕則提供日出顏色的變化，每一個顏色變化時間之間隔皆是 1.2 秒，relaxing mode on 可以讓使用者在靜坐的情況之下讓仿夕陽之燈具呈現週期性的閃動，閃動頻率從 0.1Hz~2.5Hz。Relaxing mode off 這個按鈕則是關閉仿夕陽之燈具閃動的功能。sunset mode 和 sunrise mode 則需配合時序控制調整按鈕，提供參數 a1 和 a2 的調整，使用者可以任意調整參數，讓自己偏愛的畫面停留的比較久。

整體而言，本作品所創新的功能，均可利用 PLC 控制仿夕陽之燈具之程式呈現出來。一開始如需使用必須先開啟通訊埠，下方有 M0 到 M7 的開關 on 及開關 off，分別對應到電路板的編號 1 到編號 8，當按下 M0on 的時候第一條線路就會亮，按下 M0off 的時候第一條線路就會滅，旁邊可以載入資料庫，目前資料庫有 2012 年 7 月 10 日的海邊夕陽和 2013 年 1 月 28 日的台中市夕陽，首先，將八條線路在 CIE 裡相對應的 x 座標和 y 座標載入(如圖 19)，選擇其中一筆資料，假如時間間隔沒有經過調整，按下 AEPTP，程式就會自動計算出最小逐點累積誤差的組合(如圖 20)，如果時間間隔經過人工調整，那就必須採用 AEMD 之功能，計算出最小垂直距離累積誤差的組合(如圖 21)。最後要記得關閉通訊埠，才不會引起系統錯亂。

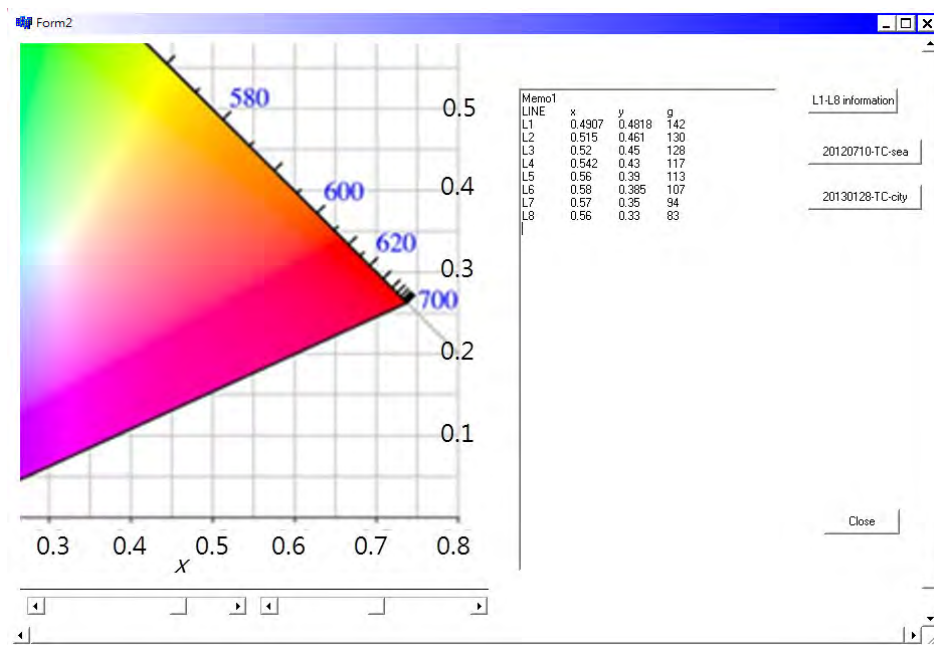


圖 19 載入資料庫

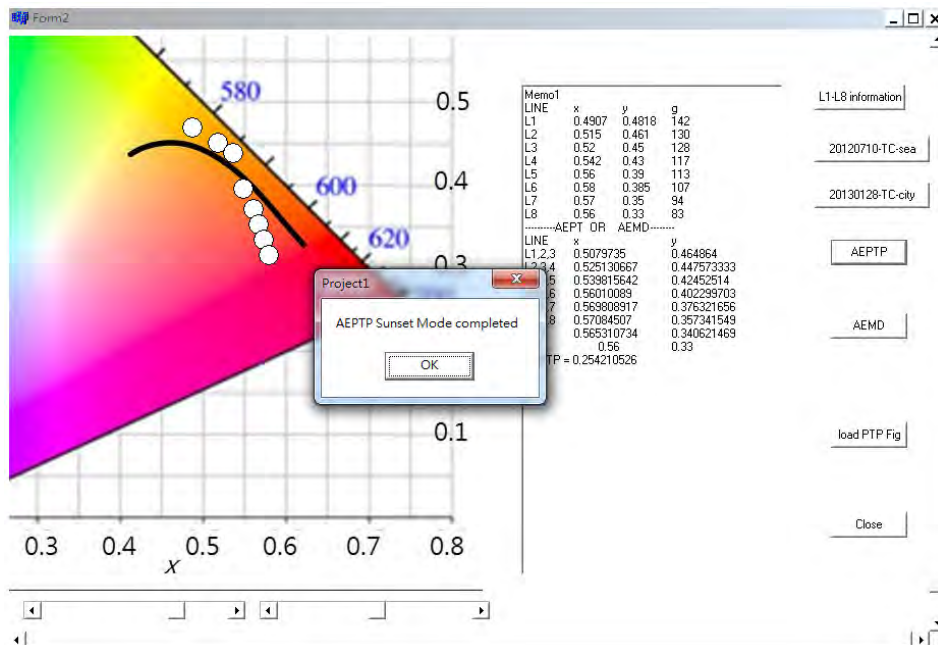


圖 20 最小逐點累積誤差

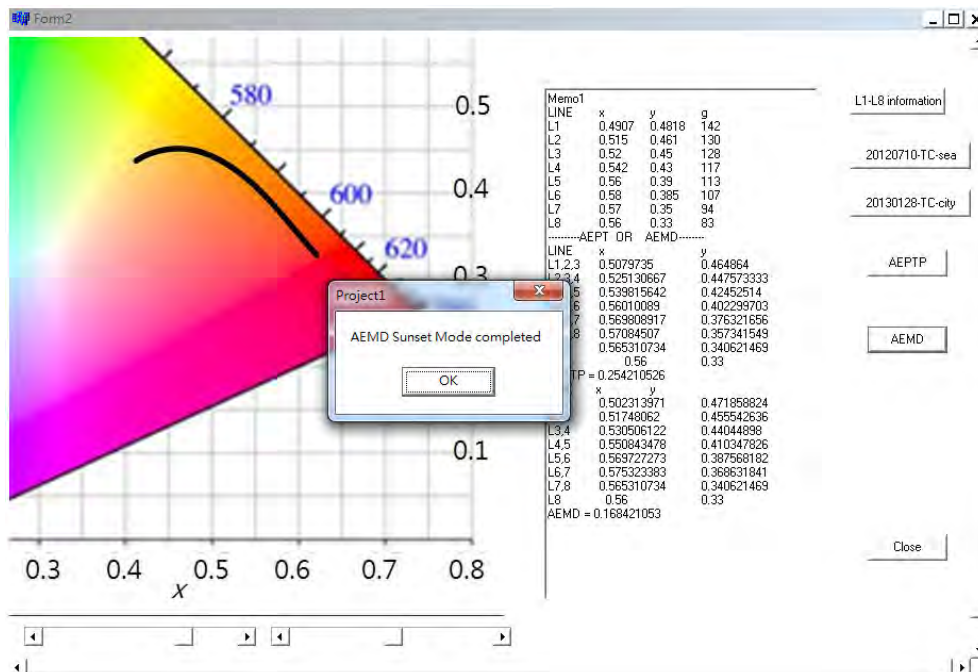


圖 21 最小垂直距離累積誤差

測出每一條線路 x 座標、y 座標和亮度並紀錄在 excel 檔裡(如表 4(A))，取 L1 和 L2 的重心值，也就是把 0.4907 乘以 142 加上 0.515 乘以 130 最後除以 142 加上 130，即可算出 L1 和 L2 一起亮時的 x 座標、y 座標，再將 L1 和 L2 一起亮的影像載入影像評估分析系統，並以同樣的方式測出 x 座標和 y 座標(如表 4(B))。

表 4(A) x 座標、y 座標和亮度之紀錄

Line	x	y	Intensity
L1	0.4907	0.4818	142
L2	0.515	0.461	130

表 4(B) x 座標和 y 座標量測結果

	x	y	
Real	0.497	0.474	---影像評估分析系統算出的 x 座標和 y 座標
Cal	0.502314	0.471859	---以重心法求出的 x 座標和 y 座標
ERROR	-0.01069	0.004517	---誤差值

影像評估分析系統算出的 x 座標和 y 座標與重心法求出的 x 座標和 y 座標，假設 L1 其顏色在 CIE 色度圖之 x 及 y 座標為 (x_1, y_1) ，亮度為 I_1 ，L2 其顏色在 CIE 色度圖之座標為 (x_2, y_2) ，亮度為 I_2 ，則重心法求出 L1 加上 L2 其顏色在 CIE 色度圖之座標可表示為 (X', Y')

$$X' = (x_1 \times I_1 + x_2 \times I_2) / (I_1 + I_2)$$

$$Y' = (y_1 \times I_1 + y_2 \times I_2) / (I_1 + I_2) \tag{14}$$

表 5 組合量測範例

Line	x	y	Intensity	Line	x	y
L1	0.4907	0.4818	142	1+2	0.502314	0.471859
L2	0.515	0.461	130	2+3	0.517481	0.455543
L3	0.52	0.45	128	3+4	0.530506	0.440449
L4	0.542	0.43	117	4+5	0.550843	0.410348
L5	0.56	0.39	113	5+6	0.568976	0.387756
L6	0.58	0.385	92	6+7	0.575083	0.36779
L7	0.57	0.35	89	7+8	0.565174	0.340349
L8	0.56	0.33	83	8	0.56	0.33

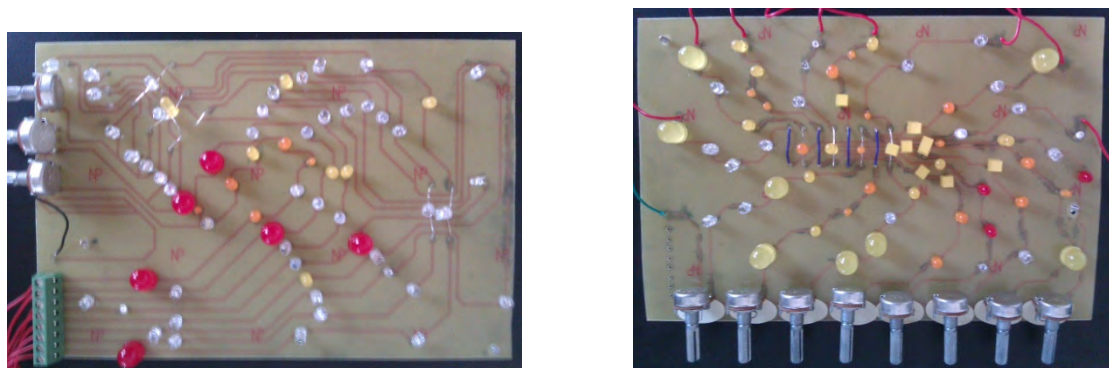
(A) 每條線路的資料庫
(B) 兩條線路組合的資料庫

Line	x	y	Line	x	y
1+2+3	0.507974	0.464864	1+2+3+4	0.515674	0.456974
2+3+4	0.525131	0.447573	2+3+4+5	0.533205	0.434242
3+4+5	0.539816	0.424525	3+4+5+6	0.549062	0.41543
4+5+6	0.560101	0.4023	4+5+6+7	0.56226	0.390893
5+6+7	0.569809	0.376322	5+6+7+8	0.567758	0.366637
6+7+8	0.570845	0.357342	6+7+8	0.570845	0.357342
7+8	0.565311	0.340621	7+8	0.565311	0.340621
8	0.56	0.33	8	0.56	0.33

(C) 兩條線路組合的資料庫
(D) 兩條線路組合的資料庫

經過實際取像比對之後，發現重心法估算值與實際值兩者非常相近，誤差值皆小於 2%，如此一來，便可不用每個組合都量測(表 5)，並更有效率的找出每個組合的 x 座標和 y 座標，最後利用影像評估分析系統找出逐點累積誤差(AEPTP)和最小垂直距離誤差(AEMD)的組合。

透過影像評估分析系統最後設計出兩種不同類型的電路圖，第一種環狀電路圖(圖 22(A))，每條線路是由外圍繞入中心，另一個放射狀的電路圖(圖 22(B))，屏除掉先前內圈與外圈的困擾。當 LED 都焊上電路板並經過影像評估分析測試，確定每條線路都正常呈現所需的色彩後(圖 23)，接下來就是以 PLC 去控制其變化。最後，並整合環狀與放射狀的電路圖於一體，以使其發光形狀更像一個圓形或半圓形，包含複數個發光元件，排列呈現圓形與放射狀，係設置於該座體上，提供各種不同的特定波長，而得到最佳之仿真效果(圖 24)。



(A) (B)
圖 22 (A)環狀電路完成圖 (B) 放射狀電路完成圖

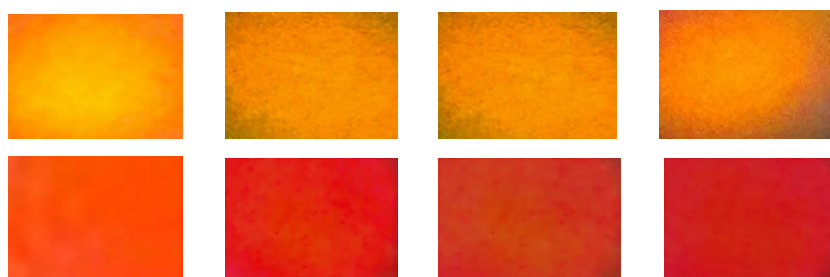


圖 23 每條線路所呈現的色彩

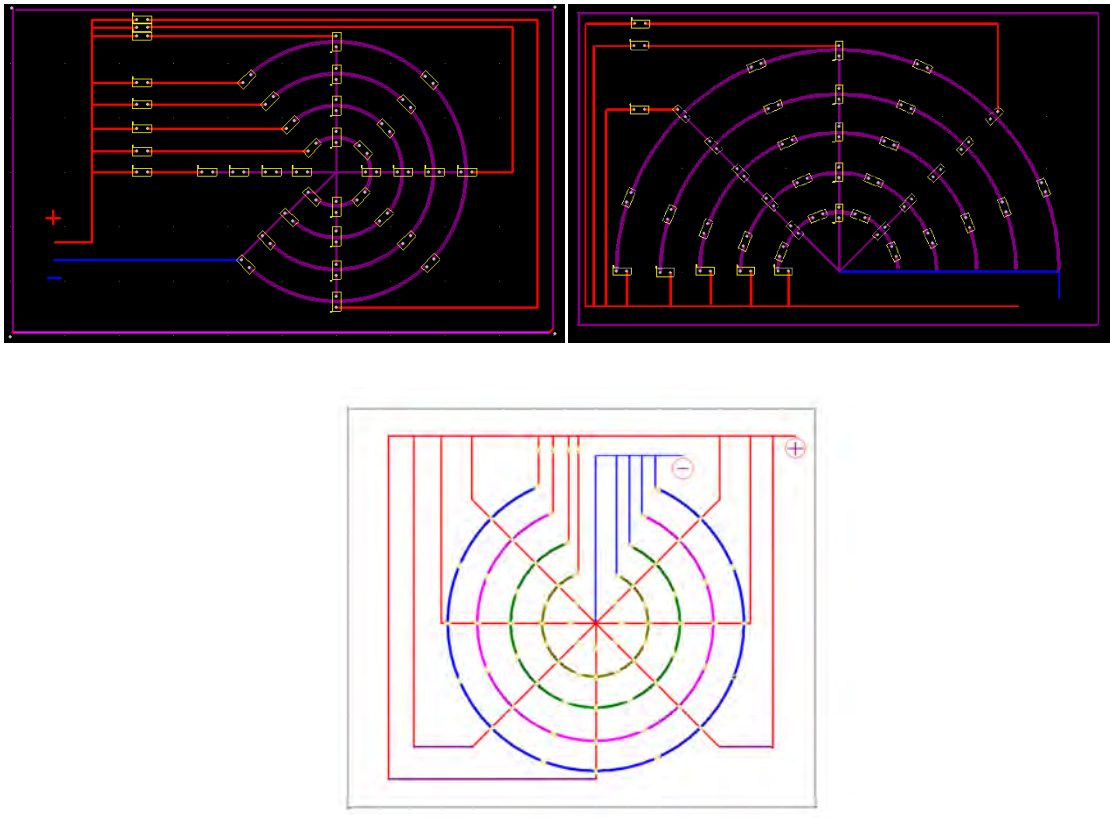


圖 24 整合環狀與放射狀的電路圖設計

陸、討論

紅光 LED 驅動電壓約 2V，藍/綠/白光 LED 驅動電壓約 3.3V，LED 陽極端的電壓要大於驅動電壓，LED 才會亮。LED 發光亮度與輸入電流成正比，同一款的 LED 其驅動電壓差異性可達 20%，驅動電流依發光亮度而有所不同，低亮度者約 3mA，高亮度者約 20mA，高功率者至少 100mA[7]，而之前的設計經常讓不同亮度的 LED 安排在同一回路，才不斷的讓 LED 燒掉。

根據實際製作出來的仿夕陽之燈具，啟動後的發光情形可以看出外圍光場還不是非常均勻，由於擴散板的擴散效果有限，必須要仔細調整其亮度分布，隔著 LED 光源較遠的地方才能得到較好的效果，在中間的部位，其均勻度為 99%。均勻度檢測畫面如圖 25 所示。

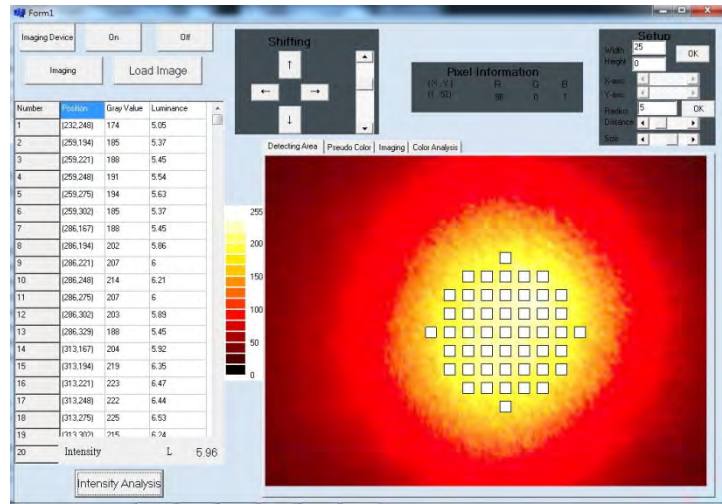


圖 25 仿夕陽之燈具均勻度檢測畫面

本作品主要是針對居家環境、建築照明裝飾及特殊景觀照明而設計的裝置，整體光場組合後與發光波長與夕陽相似度極高，透過擴散片之後，光線即變為柔和均勻，可有效降低炫光的產生以及可營造吸引且舒適的環境，於情境照明與休閒效果應用及功能性上都做一提升(圖 26)。

仿夕陽的燈具可連接太陽能電池作為電源之供應，而潔淨的太陽能則是最受到矚目與期待的再生能源，因此這樣的潔淨感可以讓使用者放鬆整體的身心靈，使情境照明得到節能減碳能源綠化之最好效果，利用影像評估分析系統完成了仿夕陽燈具應用成品製作及仿夕陽燈具 CIE 色度分佈檢驗，證明本作品的可行性。



圖 26 仿夕陽燈具所呈現的光場

柒、結論

本創意作品可應用於建築照明、或是特殊景觀照明裝飾，其中的設計與先前之研究的主要差異如下：

1. 利用影像評估分析系統輔助製作仿夕陽燈具，讓設計更富彈性。
2. 利用影像評估分析系統觀察仿夕陽燈具 CIE 色度分佈，以驗證仿夕陽燈具與實際夕陽兩者相近的程度。
3. 先前之研究電路及硬體整體設計不良，部份電路設計不當而燒壞。本研究進行 PROTEL 電路設計之改良，精確的掌握每條迴路的驅動電流量限制。
4. 整合環狀與放射狀的電路圖設計。
5. 利用影像評估分析系統建立夕陽資料庫。
6. 影像評估分析結合發光元件控制法則之建立。
7. 以影像評估分析系統的角度出發，加入全新的元素，利用影像評估分析系統結合兩種累計誤差為最小距離之計算。
8. 延伸至其他情境之仿真，如夕陽與雲彩之情境照明，可動態的改變不同位置的 LED 光源之顏色。
9. 參考網路的設計，加入夕陽燈之意境。

本作品可以連接太陽能，在仿夕陽的燈具旁邊加一個太陽能板，平常不用時放在陽台邊就可以充電，晚上想要用時就可以打開。可以想像，在未來如果能夠設計專用的微電腦電路板，並且以陣列驅動方式形成可隨時間變化之仿夕陽之燈具，再建立更多的資料庫，那麼類似『2012 年立秋的” 黃河落日圓” 』、『2011 年 1 月 1 日阿爾卑斯山的日出』、『2010 年聖誕節北極圈的夕陽』、『2007 年 5 月 30 日紐約市西區的曼哈頓巨石陣的日落時分』等等情境照明的選項都是可能的，這樣必可它在讓情境照明與休閒效果的應用及功能性上都做一大提升。

捌、參考資料及其他

1. 作者*，情境照明之仿真控制研究，2013 年臺灣國際科學展覽會 大會獎 工程學科 四等獎與儲備作品
2. 作者等人*，複合式發光裝置，中華民國發明專利通過，2012，專利編號: I371547 號。
3. 作者等人*，隨時間變化可呈現日出日落過程之仿太陽光之燈具，中華民國發明專利申請號 099125660。
4. 作者*，可選定不同時間地點之模仿日月及雲彩之情境照明系統，中華民國發明專利申請號 101133165。

5. Gregory A. Rechtsteiner and Jane A. Ganske, Using Natural and Artificial Light Sources to Illustrate Quantum Mechanical Concepts, The Chemical Educator, Vol. 3, No. 4, (1998) 1-12
6. 林宸生等，光電系統與應用，五南圖書出版公司，民國 102 年 3 月
7. 點晶科技，LED 應用與驅動方式，
<http://www.ee.nsysu.edu.tw/led2012/document/LEDSiti.pdf>

(依規定研究報告勿出現作者之姓名，以便密封作業。)

【評語】 091007

1. 本作品實用度及完成度高，值得肯定。
2. 同學對於作品所用到的數學要有清楚的認識，除了能用於程式撰寫外，也應深入了解其背後的原理。
3. 本作品延續過去之專利及他人軟體作品，建議書面及口頭報告都清楚交待本年度之研究或實驗，並與往年研究做一區隔。
4. 建議海報與口頭報告要多注重科學探究與實驗層面的討論，避免僅為實作作品的呈現。