

2015 年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號 110003

參展科別 電腦科學

作品名稱 基於人眼感知範圍減少螢幕藍光強度之研究

得獎獎項 大會獎：二等獎

國際科學博覽會正選代表：2015 年國際科學博覽會

英特爾電腦科學獎

就讀學校 新北市私立康橋高級中學

指導教師 吳浩銘

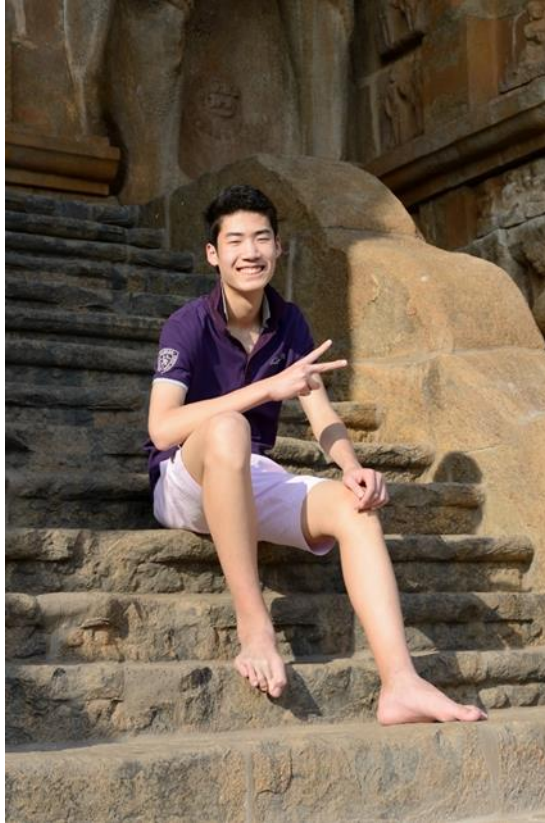
作者姓名 廖子霆、郭柏均、蘇毓唐

關鍵字 藍光、視網膜保護、螢幕

作者簡介



我是廖子霆，目前就讀於康橋國際學校 11 年級。我從小對運動與科技有極大的興趣。個性活潑、喜歡接觸新人物、成績尚可。興趣為聽音樂、閱讀科幻小說、運動。高一下學期開始學習程式語言。之後我就開始對資訊界的種種奇妙感到新奇。每當我上完電腦課的時候，腦中就感到無比的清晰。電腦程式也幫助我與其他同學很複雜的數學應用題目。希望後能有更多機會學習更多的技能。



我是郭柏均，目前就讀於私立康橋國際學校 11 年級。我的個性開朗，學業表現不錯，喜歡音樂和運動，擅長演奏鋼琴和豎笛，多次在全國學生音樂比賽中獲獎。曾擔任學校管樂團團長，目前在學生會任秘書長。在忙碌的學習和活動之餘，喜歡研究數學和資訊科學方面的問題，期待這次的專題研究能夠在減少藍光對於人們的眼睛所帶來傷害方面做出一些小小的貢獻。



我是蘇毓唐，目前就讀於康橋高中二年級，從小便對數學科方面感興趣，在國中一年級決定參加 NPSC 競賽後開始認識程式語言。興趣為電腦相關領域知識及攝影。

希望能藉由參加國際科展為契機，用 Coding 挑戰自己，製作具有創新特質的作品，不僅是為了證明自己的想法，同時也是想為現實生活中的不足帶來更完善的解決方案。

摘要

我們每天的生活都離不開手機、電腦、電視等產品，因此藍光對眼睛造成的影響是所有人都会遇到的問題。本計劃希望能利用人眼對於不同顏色的敏感度，在人眼感知範圍內減少螢幕的藍光強度，以降低電子產品對眼睛帶來的負擔及傷害，同時維持螢幕畫面的正常顯色。市面上現有的方法除了成本較高，也都會使螢幕畫面變得昏暗;若為了維持顯色的自然，則成效便會受到限制。本專題根據人眼對於色度的最小可覺差，參考基於麥克亞當橢圓的顏色差異計算方式，分別算出不同色彩空間上看起來相同的顏色關係表，並將螢幕上的顏色換為色差無法察覺且藍色強度較低的顏色，最後以手持式光譜儀量測螢幕輸出的藍光強度驗證成效。與現行市面上的抗藍光方法相比，除了成本大幅降低以外，也能維持顯示器的正常顯色。未來希望能推廣至所有 LED 螢幕電子產品，並為色盲色弱患者設計不同色度感知能力的最佳調整方式。

Abstract

Cell phones, computers, and televisions are all critical elements of our daily lives. While they provide convenience to our daily lives, the negative effects that blue light on our eyes are inevitable. Our plan aims to reduce the harm, caused by LED monitors, on human eyes while having minimalizing color difference to human eyes' perception range. Currently, methods available not only cost a lot, but also fail to transmit the original colors. If we want to maintain the natural color, the effectiveness of reducing the amount of blue lights will be minute. This project, based on human eye's lowest perceptiveness of color and McAdam's ellipse color difference formula, replaces the original colors with similar colors calculated on different color spaces. At last, using hand-held spectrometer, the amount of blue light, which is expected to be lower, can be measured. Comparing to blue light filters that are available now, our method does not only greatly lowers the cost, but also maintains the original color of the monitor. In the future, with hope to promote this project to every electronic device with LED monitor, we wish to design the most feasible and customized application based on color perception of victims of color blindness.

壹、前言

一、研究動機

近年來，隨著電子產品與智慧型手機的快速發展，民眾盯著電子產品螢幕的時間也逐漸增長。與此現象相應而生，有越來越多新聞和文章報導 LED 螢幕的藍色光源對眼睛容易造成傷害，也有很多廠商推出所謂的抗藍光護眼產品，這引起了我們的好奇心：為什麼 3C 產品產生的藍光會對眼睛造成傷害呢？

在進行了研究後才了解，市面上絕大部分的 LED 顯示器皆是採用 "藍光 LED (波長較短) + 螢光劑" 來產生其他色彩 (波長較長)。此種發光方式的好處是製造成本較低，技術含量低，適合大量生產。不過，藍光因波長短，其能量與其他可見光相比偏強。當藍光穿透角膜與水晶體直射入黃斑部後，容易造成黃斑部感光細胞的損傷。另一個藍光傷眼的原因是由於藍光的波長較短、容易造成散射，因此眼睛必須更用力聚焦。長時間下來，睫狀肌緊繃、無法放鬆，眼睛容易疲勞、痠疼，也可能造成假性近視 [1] [2]。另外，LED 色溫較高，在波長約 450nm 時放射能量峰值最高，而根據 DOE (U.S. Department of Energy，美國能源局)的研究[3]，當人眼過度暴露在波長約 400nm 至 480nm 的藍光下，會導致視網膜受損。

目前市面上較常見減少螢幕藍光強度的方式大略有三種：配戴可過濾藍光之眼鏡、使用可過濾藍光之螢幕保護貼、和使用軟體減少螢幕輸出的藍光，但三者都有著一個共通的缺點：都會使螢幕畫面看起來變得昏黃或黯淡(圖一)。若為了維持顯色的自然，則減少藍光的成效便會受到限制。這樣的技術缺陷激起了我們的強烈興趣，因此我們決定開始這次的專題研究：是否能在避免顯示器對人眼感官的色彩失真的情況下，盡可能的減少螢幕藍光對人類眼睛的傷害？

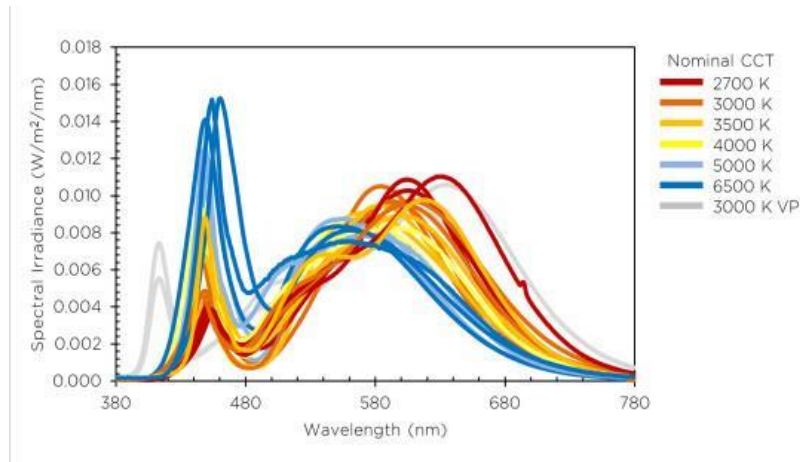


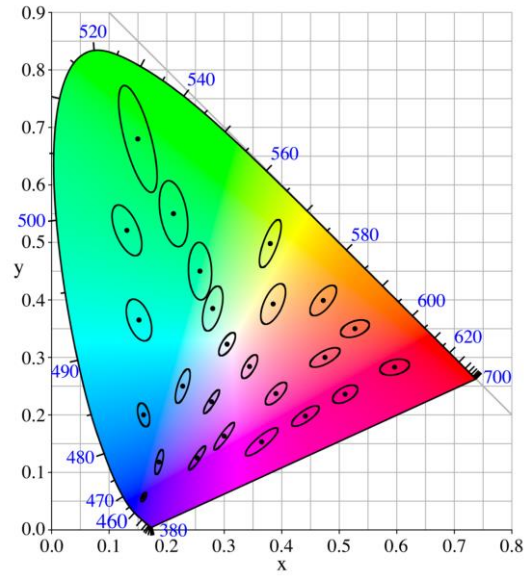
圖 A

二、研究目的

基於人眼對於色度的最小可覺差，在人眼無法感知範圍內改變色彩並降低藍色光量，進而減少螢幕放射出的藍光。

三、文獻探討

要在人眼感知範圍內改變顏色，就必須先得知人眼對於色度的最小可覺差（JND，Just-noticeable difference）。MacAdam 在大量實驗過後提出了麥克亞當橢圓（MacAdam Ellipse），說明人眼無法感知出差異的色度在 CIE 1931 色彩空間上是一個個的橢圓形，圖三列出了實驗過程中的一些橢圓形。



CIE 1931 色彩空間的色域遠超出任何顯示器所能表現的範圍，後來的學者基於麥克亞當的研究，使用麥克亞當橢圓所描述的颜色差異度量 CIELAB 及 CIELUV 等色彩空間建立颜色差異的計算方式。以 CIELAB 色彩空間為例，颜色差異的值 ΔE^*_{ab} 的評估方式為：

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(L^*_2 - L^*_1)^2 + (a^*_2 - a^*_1)^2 + (b^*_2 - b^*_1)^2}$$

一般標準來說， ΔE^*_{ab} 的值大於 8 在視覺上會有顯著的差異、 ΔE^*_{ab} 介於 4 到 8 之間可看出明顯差距、 ΔE^*_{ab} 介於 2 到 4 之間將色塊放在一起約略看得出些微差距、 ΔE^*_{ab} 的值小於 2 時肉眼便看不出色差。

貳、研究方法或過程

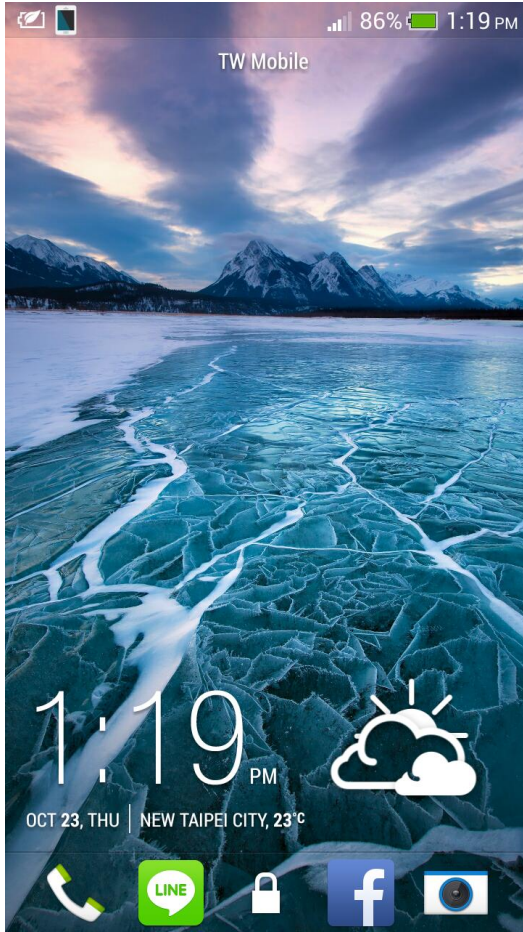


圖 B.1

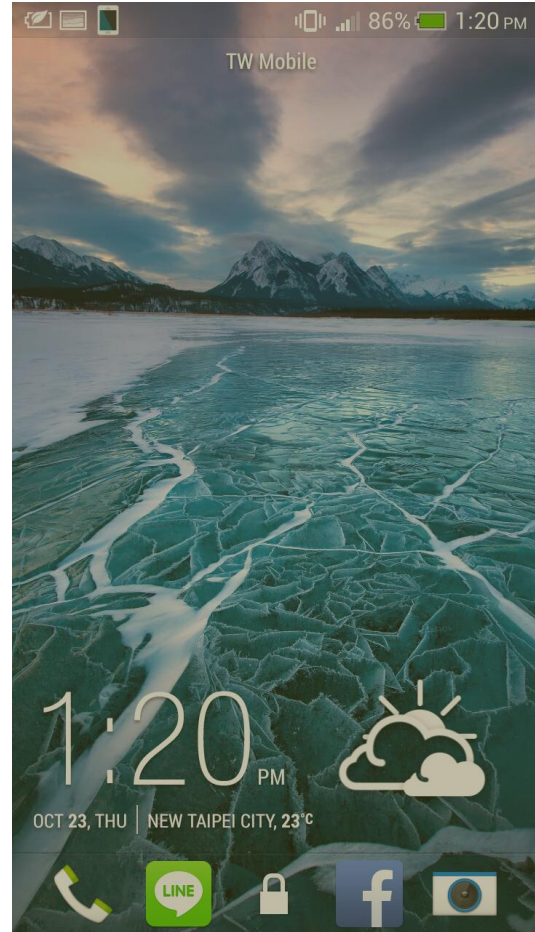


圖 B.2

圖 B.1 是原本手機螢幕畫面，而圖 B.2 則是使用 Google Play 上的 BlueLight Filter 直後的螢幕畫面。在兩邊比對下，我們可以清楚地看到有使用現行的 BlueLight Filter 的手機螢幕有變黃的跡象。

一、LAB 與 RGB 關係概念

LAB 色彩是顏色對立空間。其中的 L 代表亮度，而 A 與 B 則是表示顏色對立空間。LAB 又稱 CIELAB 就是我們這次研究所使用的色彩空間。LAB 所產生的顏色範圍包含了人類視覺範圍的所有顏色並超出此範圍，圖 C.1。RGB 色彩空間只能顯示出大概 90% 的可見顏色，圖 C.2。

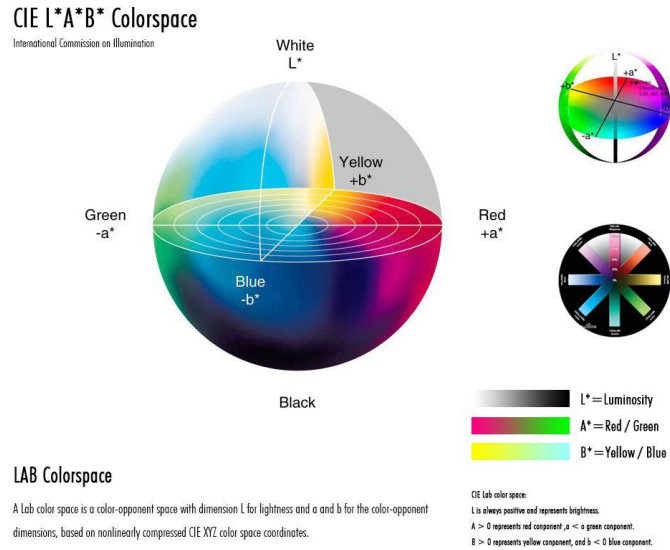


圖 C.1

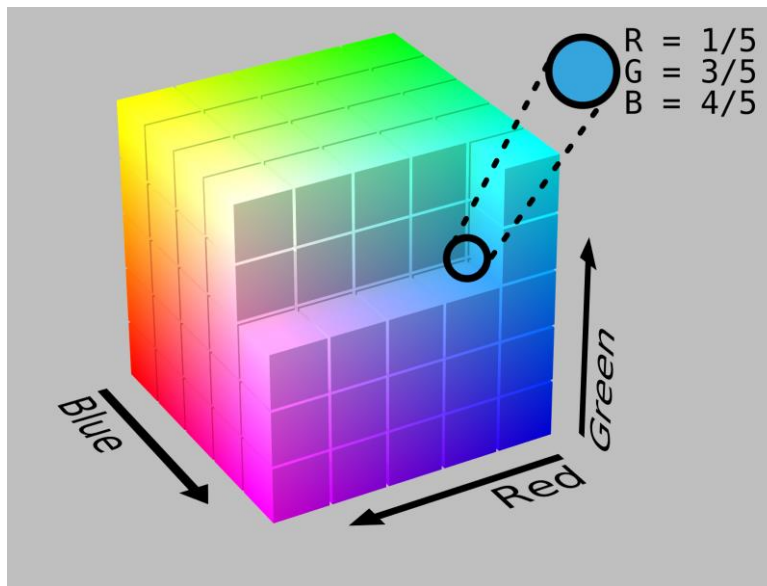


圖 C.2

二、RGB 轉 LAB

根據麥克·亞當橢圓的結果，比對 RGB 相關顏色值必須先轉換為 LAB 值，因此我們設計了一套將 RGB 轉為 LAB 的程式。但因為目前並沒有直接轉換 RGB 至 LAB 的公式，我們必須先把 RGB 轉為 XYZ 坐標，然後再將 XYZ 坐標轉為 LAB 值。同時，我們將轉換結果生成一份 List of RGB to LAB.txt 檔，作為往後轉換的資料庫。

我們首先用了 C 語言寫出一段把 RGB 轉換成 XYZ 的程式碼:

```
var_R = ( R / 255 )    //R from 0 to 255
var_G = ( G / 255 )    //G from 0 to 255
var_B = ( B / 255 )    //B from 0 to 255

if ( var_R > 0.04045 ) var_R = ( ( var_R + 0.055 ) / 1.055 ) ^ 2.4
    else      var_R = var_R / 12.92
if ( var_G > 0.04045 ) var_G = ( ( var_G + 0.055 ) / 1.055 ) ^ 2.4
    else      var_G = var_G / 12.92
if ( var_B > 0.04045 ) var_B = ( ( var_B + 0.055 ) / 1.055 ) ^ 2.4
    else      var_B = var_B / 12.92

var_R = var_R * 100
var_G = var_G * 100
var_B = var_B * 100

//Observer = 2°, Illuminant = D65
X = var_R * 0.4124 + var_G * 0.3576 + var_B * 0.1805
Y = var_R * 0.2126 + var_G * 0.7152 + var_B * 0.0722
Z = var_R * 0.0193 + var_G * 0.1192 + var_B * 0.9505
```

然後再將 XYZ 轉為 LAB，進而將 RGB 間接轉換為麥克·亞當橢圓所得出的計算方式能夠使用的 LAB 值。

```
var_X = X / ref_X    //ref_X = 95.047  Observer= 2°, Illuminant= D65
var_Y = Y / ref_Y    //ref_Y = 100.000
var_Z = Z / ref_Z    //ref_Z = 108.883

if ( var_X > 0.008856 ) var_X = var_X ^ ( 1/3 )
    else      var_X = ( 7.787 * var_X ) + ( 16 / 116 )
if ( var_Y > 0.008856 ) var_Y = var_Y ^ ( 1/3 )
    else      var_Y = ( 7.787 * var_Y ) + ( 16 / 116 )
if ( var_Z > 0.008856 ) var_Z = var_Z ^ ( 1/3 )
    else      var_Z = ( 7.787 * var_Z ) + ( 16 / 116 )

CIE-L* = ( 116 * var_Y ) - 16
CIE-a* = 500 * ( var_X - var_Y )
CIE-b* = 200 * ( var_Y - var_Z )
```

三、利用 LAB 值比對，列出與此 RGB 最相近值的其他 RGB 數值，並把原始 RGB 轉換為藍光值最小的 RGB 並建造關係對照表

除此之外，麥克·亞當另外一個對於 CIELAB 的研究結果說明，兩個不同 LAB 值

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2}$$

的差異比較公式如下：

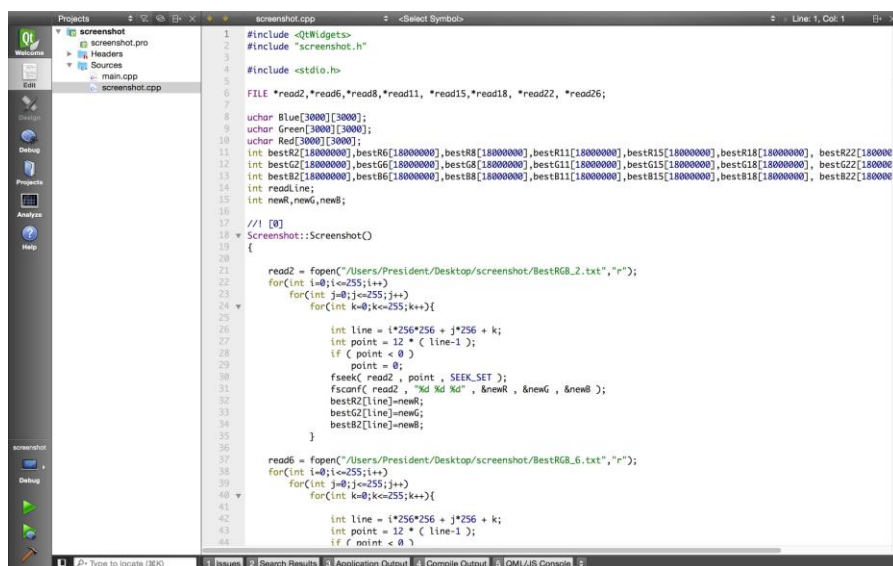
當得出的數值大於 8，人眼的視覺能夠辨識出明顯的差異; 介於 2 與 4 之間，則略約看得出差距; 若是得出的數值小於 2，肉眼便看不出任何色彩差異。

經過我們對 RGB 不同色彩範圍的測試後，我們發現在 RGB 值正負 70 的範圍內，得出的相近值數量與正負 255 之數量相符。由此，我們便能對比較的過程進行優化，減少搜尋相近值所需的時間。

在比對的部分，我們使用上一步所生成的 List of RGB to LAB.txt 檔進行處理，找出每一個 RGB 值的相近值中，藍色光量最低的 RGB 值，並再生成一份 List of Best RGB.txt 檔，作為程式轉換 RGB 值的基準。

四、建立程式 GUI

在程式界面的部分，我們使用 Qt Creator 來生成可轉換即時螢幕畫面之測試程式。在參考 Qt Forum 中 screenshot widget 的範例程式後，我們決定將此改寫成只有顯示更改顏色後的畫面與調整修正幅度的功能。

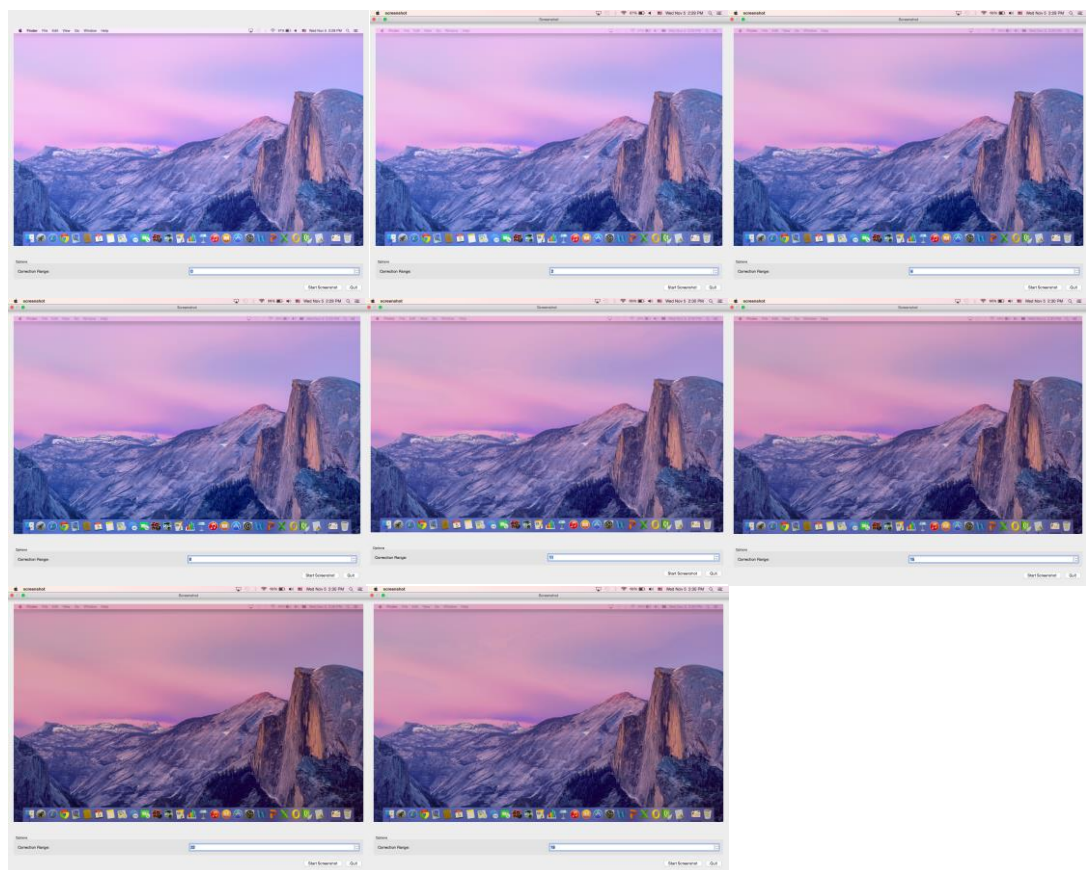
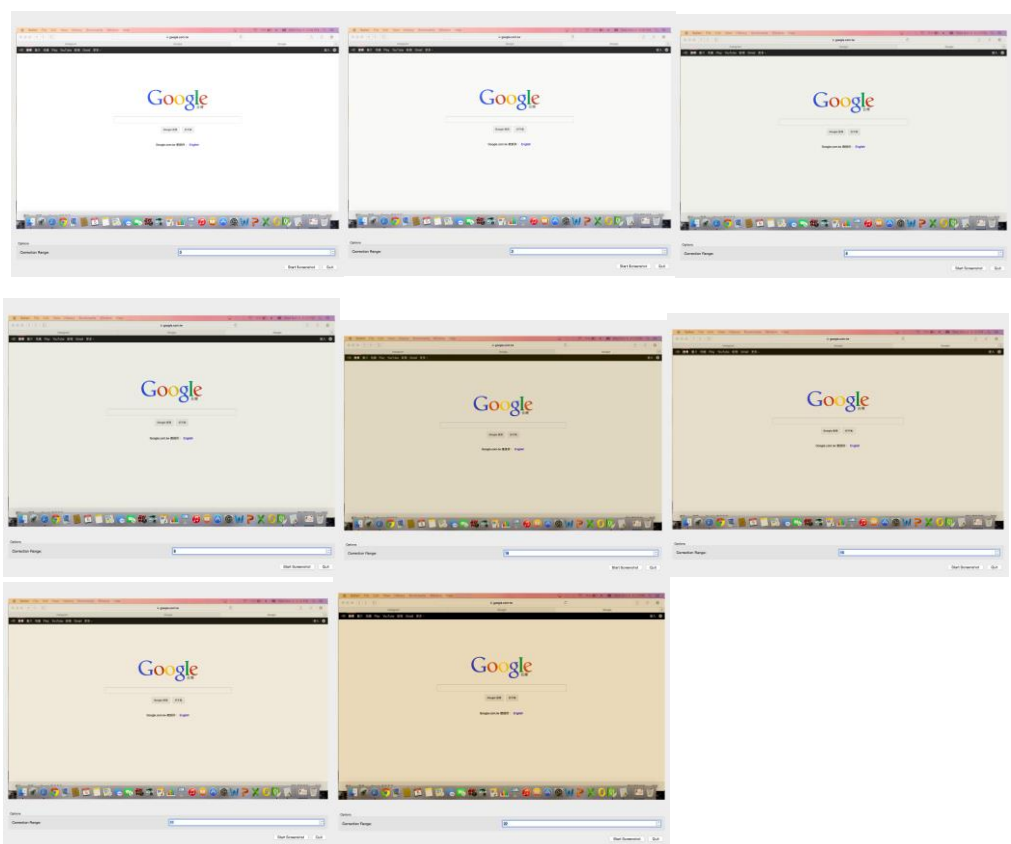


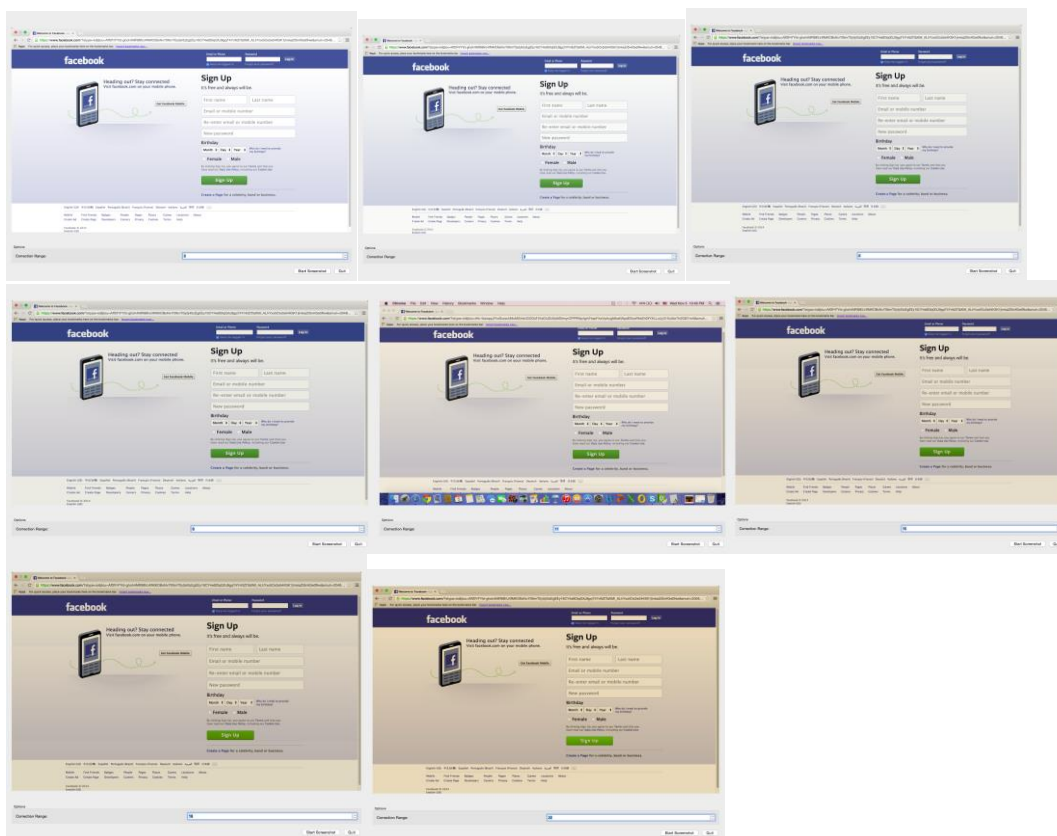
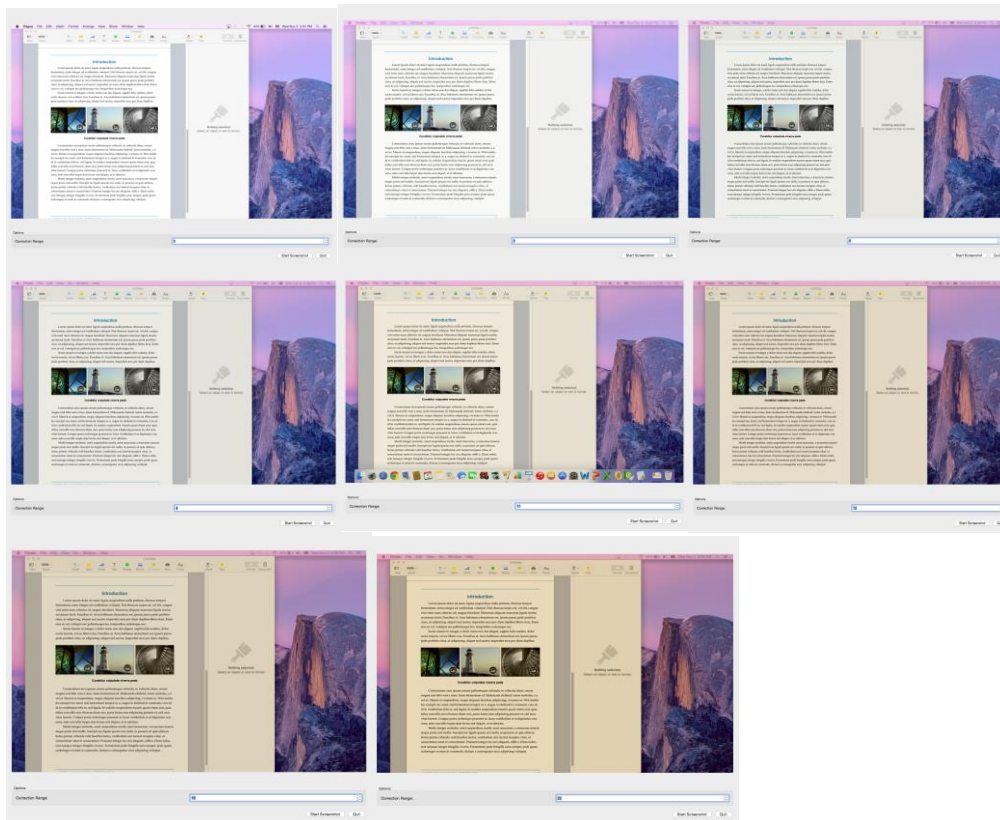
```
1 #include <QtWidgets>
2 #include "screenshot.h"
3
4 #include <stdio.h>
5
6 FILE *read2,*read6,*read8,*read11,*read15,*read18,*read22,*read26;
7
8 uchar Blue[3000][3000];
9 uchar Green[3000][3000];
10 uchar Red[3000][3000];
11 int bestR2[18000000],bestR6[18000000],bestR8[18000000],bestR11[18000000],bestR15[18000000],bestR18[18000000],bestR22[18000000],bestR26[18000000];
12 int bestG2[18000000],bestG6[18000000],bestG8[18000000],bestG11[18000000],bestG15[18000000],bestG18[18000000],bestG22[18000000],bestG26[18000000];
13 int bestB2[18000000],bestB6[18000000],bestB8[18000000],bestB11[18000000],bestB15[18000000],bestB18[18000000],bestB22[18000000],bestB26[18000000];
14 int readLine;
15 int newR,newG,newB;
16
17 //! [0]
18 Screenshot::Screenshot()
19 {
20
21     read2 = fopen("/Users/President/Desktop/screenshot/BestRGB.2.txt","r");
22     for(int i=0;i<=255;i++)
23     for(int j=0;j<=255;j++)
24     for(int k=0;k<=255;k++){
25
26         int line = i*256*256 + j*256 + k;
27         int point = 12 * (line-1);
28         if ( point < 0 )
29             point = 0;
30         fseek( read2 , point , SEEK_SET );
31         fscanf( read2 , "%d %d %d" , &newR , &newG , &newB );
32         bestR2[line]=newR;
33         bestG2[line]=newG;
34         bestB2[line]=newB;
35     }
36
37     read6 = fopen("/Users/President/Desktop/screenshot/BestRGB.6.txt","r");
38     for(int i=0;i<=255;i++)
39     for(int j=0;j<=255;j++)
40     for(int k=0;k<=255;k++){
41
42         int line = i*256*256 + j*256 + k;
43         int point = 12 * (line-1);
44         if ( point < 0 )
```

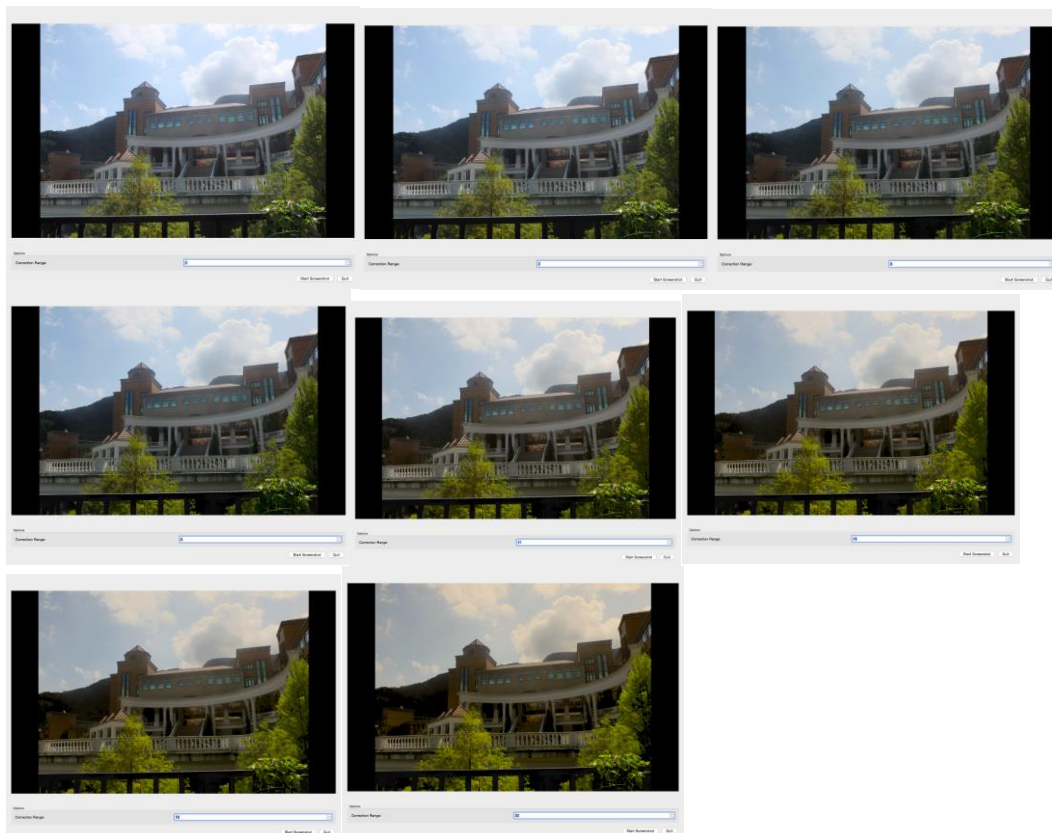
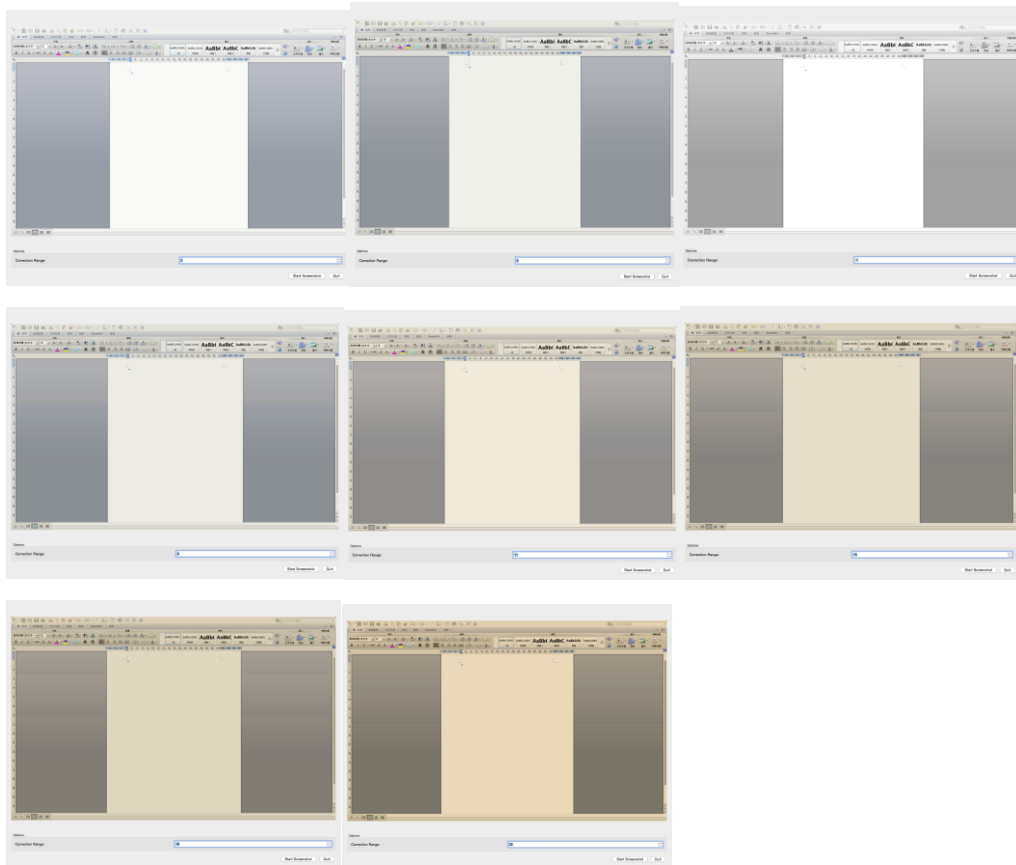
參、研究結果與討論

一、 研究結果

以下為 Screenshot 的結果與比較，我們採用平常使用電腦時最常見的畫面來進行演示。共有六組範例，每組八張圖，每組修正程度由左上至右下遞增：







二、討論

1. 在圖片較為彩色的時候，減低藍光後的效果更自然。相比之下，白色系較重的螢幕會容易顯得泛黃。
2. 研究結果雖然能夠以肉眼辨之，但若能使用光譜儀測量藍光抑制量，便可進行更進一步的分析及探討，並提供更精確的測量值與結論。

肆、結果與應用

一、結果

基於人眼感知範圍，我們的研究方案有效降低藍光，並且效果相較於現有的技術及產品更加自然。未來希望能夠使用手持式光譜儀檢測且量化此研究的實際成效。

二、未來應用

（一）降低消費者門檻與增強使用者體驗

未來希望能進一步推廣至所有 LED 螢幕，如不同作業系統平台的智慧型手機、電腦、電視等，使減藍光功能更普及；同時取代抗藍光眼鏡，提升 3C 產品使用者經驗，讓大眾能以低成本且方便的方式降低藍光對眼睛帶來的負擔。

（二）針對色盲、色弱患者設計

研究過程中所參考的是一般情況下人眼的感知能力，但對於色盲、色弱患者來說情況可能就不一樣。色盲與色弱患者的人數並不算少（每 100 名男性就有 8 名色弱患者、每 200 名女性則有 1 名），患者可能會無法分辨某些藍、紫色或紅、橙色之間的差別，因此在特定顏色情況下能做的調整就更大。目前已有為色盲色弱患者設計的眼鏡、螢幕、

軟體等產品，使他們能觀看正常色調的畫面，但如此一來可能就不方便再同時使用抗藍光的眼鏡或螢幕。由於色盲色弱患者的色度感知能力與一般人也不同，因此希望能提出一套完整的算法，為不同的色盲色弱患者都能呈現最不傷眼的螢幕畫面。

伍、參考文獻

- [1] Mainster MA .Spectral transmittance of intraocular lenses and retinal damage from intense light sources.Am J Ophthalmol. 1978 Feb;85(2):167-70.
- [2] Klein R, Klein BE, Wong TY, Tomany SC, Cruickshanks KJ.The association of cataract and cataract surgery with the long-term incidence of age-related maculopathy: the Beaver Dam eye study. Arch Ophthalmol. 2002 Nov;120(11):1551-8.
- [3] DOE Publishes Technical Brief Clarifying Misconceptions About Safety of LED Lighting. (n.d.).
- [4] GrimmC, Wenzel A, Williams T, Rol P, Hafezi F, Reme C. Rhodopsin- mediated blue- light damage to the rat retina: effect of photoreversal of bleaching. Invest Ophthalmol Vis Sci ,2001;42(2):497- 505
- [5] King A, Gottlieb E, Brooks DG, Murphy MP, Dunaief JL. Mitochondria- derived reactive oxygen species mediate blue light- induced death of retinal pigment epithelial cells. PhotochemPhotobiol , 2004;79(5):470-475
- [6] Keller C, Grimm C, Wenzel A, Hafezi F, Reme C. Protective effect of halothane anesthesia on retinal light damage: inhibition of metabolic rhodopsin regeneration. Invest Ophthalmol Vis Sci ,2001;42(2):476- 480
- [7] Augustin AJ, Dick HB, Offermann I, Schmidt- Erfurth U. The significance of oxidative mechanisms in diseases of the retina. Klin Monatsbl Augenheilkd ,2002; 219(9):631- 643
- [8] Schwartz L, Boelle PY, Dhermies F, Ledanois G, Virmont J. Blue light dose distribution and retinitis pigmentosa visual field defects: an hypothesis. Med Hypotheses ,2003;60(5):644- 649
- [9] Chen E, Pallon J, Forslind B. Distribution of calcium and sulphur in the blue- light- exposed rat retina. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol ,1995;233(3)
- [10] Thompson CL, Rickman CB, ShawSJ, Ebright JN, Kelly U,Sancar A,Rickman,DW. Expression of the Blue- Light Receptor Cryptochrome in the Human Retina.Invest Ophthalmol Vis Sci ,2003;44:4515- 4521

【評語】 110003

作品完成度很好，在保存非常近似原圖的色彩下，可以降低藍光的量對於眼睛的保護作用很好。建議利用平行演算法來加速，轉頻的進行，讓此應用可以擴及影片的處理。