

## 使用梯度相關性之高動態範圍色調映射技術之研究

吳佳純<sup>1</sup> 林展霽<sup>2</sup> 危永中<sup>1</sup> 曾苡禎<sup>1</sup> 蔡吉昌<sup>1</sup>

<sup>1</sup>義守大學資訊管理系

<sup>2</sup>陸軍軍官學校電機系

### 摘要

高動態範圍影像(High Dynamic Range Images; HDRI)，其影像檔所記錄的數值種類與範圍能真實反映實際環境的影像，此數值種類與範圍已超出一般顯示器所能顯示的能力，所以就必須將此數值種類與範圍轉換到有限種類的數值範圍，這種將真實景像動態範圍進行壓縮或展開到顯示設備可顯示的範圍，這個過程被稱為色調映射 (Tone Mapping)。

色調映射方法基本上可分為兩大類：區域色調映射(Local Mapping)及全域色調映射(Global Mapping)。全域色調映射的優點就是簡單、速度快，在應用上若想快速知道影像的內容為何或即時顯示，全域映射是不錯的選擇，然而區域色調映射是能夠獲得比較好的主觀影像品質。本論文的主要目的就是提出一個優質且良好的區域色調映射技術，論文中首先是計算影像之對數灰階值、像素之梯度大小、影像平均梯度，接著利用像素本身梯度的大小、影像平均梯度及像素週邊平均梯度的大小來調整像素梯度的大小，最後利用全多格演算法(Full Multigrid Algorithm)計算出顯示裝置所能呈現的影像。結果顯示，本論文所提之方法能有效的提升映射後的影像細節及對比的主觀品質。

關鍵字：高動態範圍影像，色調映射，區域色調映射，全域色調映射

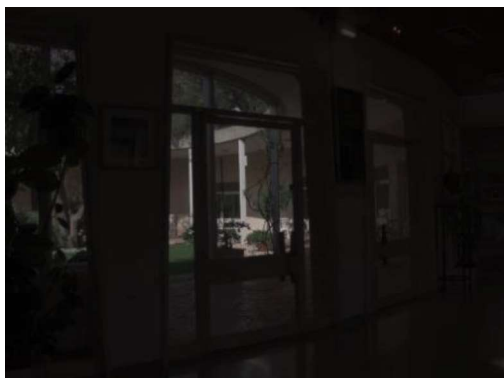
### 一、簡介

隨著科技發展日新月異，幾乎人人都智慧行動裝置，可以隨時拍照記錄生活。然而，當在高反差的環境下拍攝照片，往往無法如實呈現肉眼看見的美景。其原因來自人類的視覺動態範圍(High Dynamic Range, HDR)[1]，在同一個環境中可以自動感應 1:10000 的亮度差異，所以人類可以觀察出各種影像中的細節[2][3]。然而，取像設備產生的影像與顯示影像設備皆是屬於低動態範圍，不足以呈現真實場景的

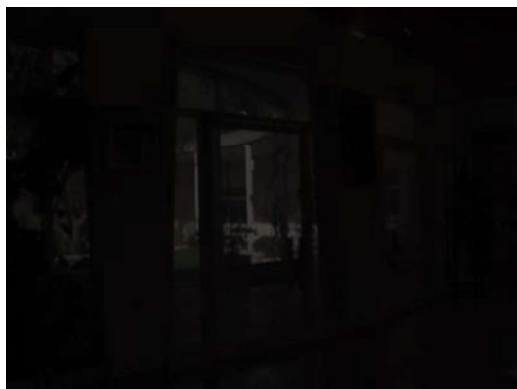
動態範圍，這將使得超過動態範圍的部分將會呈現一片黑或一片白的情況。影像往往都需要經過調整輻射光線(Radiances)，才能在顯示影像設備上呈現。

取像設備在設定好取像之曝光值後，在許多的情況中，由於實際環境陰亮度落差過大，使得所設定的曝光值無法適應兩種不同的亮度，因而所取得的影像無法將影像內容皆顯示清楚，如圖一顯示出 3 種不同的曝光值的低動態範圍影像(影像數值種類有限的影像)，在圖一中所顯示的是

正常曝光之影像，室外清楚，室內不清楚。圖二是曝光短的影像，室內外接不清楚。圖三是曝光長的影像，室內清楚，室外不清楚。很明顯地，取像設備不論怎麼設定曝光值，對於陰亮對比過強的實際環境，總會使得影像中部份的區域看不清楚，這就是取像設備曝光能力之限制，為解決此一問題，使用多曝光影像合成的方法之相關論文已陸續地被發表出來[4]~[8]，此合成影像之影像數值以浮點值並依規定的格式紀錄，其目的是希望能真實地記錄真實環境之景象，此影像檔被稱為高動態範圍影像，但此檔案無法直接的以顯像設備顯示出來，因為顯像設備無法顯示無限多種的數值。表一[9]是目前高動態影像所採用的格式，本論文實驗所採用的高動態影像是 HDR 格式，RGBE 編碼。



圖一：正常曝光低動態範圍影像



圖二：曝光短低動態範圍影像長



圖三：曝光長低動態範圍影像

為能使高動態範圍影像於一般的顯像設備上呈現，就必須將高動態範圍影像做影像映射，使多種類的數值變為有現種類的數值，這就是所謂的色調映射[10] ~ [18]。

色調映射演算法可分為全域映射與區域映射等兩大類。

全域映射：此種映射方法會將高動態範圍影像中的相同的像素值映射到相同的值，映射過程不受其他因素(如鄰近像素值或影像平均值等)所影響，一旦映射規則建立，輸出值只與當時的輸入值有關。其優點為計算效率較為快速，因此可快速知道影像中的內容為何，且可用於即時裝置，其缺點是忽略了人類視覺系統的真正感受。

區域映射：此種映射方法會將高動態範圍影像中的相同的像素值可能映射到不同的值，也就是其映射的結果常需要參考到鄰近像素的光源資訊。其優點可得到較多的細節；相對的缺點為計算量很大，而且會造成一些很明顯的不自然光暈(Halo)副效應。

表一：高動態範圍影像儲存格式

| Format | Encoding    | Color Space            | Bits/Pixel |
|--------|-------------|------------------------|------------|
| HDR    | RGBE        | Positive<br>RGB        | 32         |
|        | XYZE        | (CIE)XYZ               | 32         |
| TIFF   | IEEE<br>RGB | RGB                    | 96         |
|        | LogLuv24    | $\text{LogY}+(u', v')$ | 24         |
|        | LogLuv24    | $\text{LogY}+(u', v')$ | 24         |
| EXR    | Half RGB    | RGB                    | 48         |

本論文的主要目的就是提出一個優質且良好的全域色調映射技術，本論文的主要目的就是提出一個優質且良好的全域色調映射技術，論文中首先是計算影像之對數灰階值、像素之梯度大小、影像平均梯度，接著利用像素本身梯度的大小、影像平均梯度及像素週邊平均梯度的大小來調整像素梯度的大小，最後利用全多格演算法(Full Multigrid Algorithm)計算出顯示裝置所能呈現的影像。結果顯示，本論文所提之方法能有效的提升映射後的影像細節及對比的主觀品質。

論文共有五節，在第二節中會探討基本的全域映射技術，第三節則介紹本論文所提出的新全域映射方法，第四節為實驗結果，第五節為結論。

## 二、全域映射技術之探討

全域映射方法會將高動態範圍影像中的相同的像素值映射到相同的值，映射過程不受其他因素(如鄰近像素值或影像平均值等)所影響，一旦映射規則建立，輸出

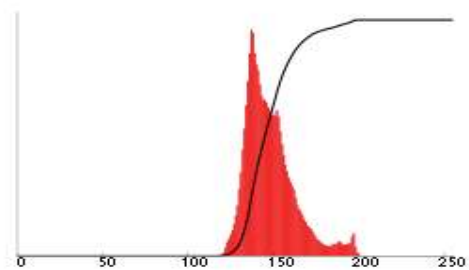
值只與當時的輸入值有關，本節將介紹 3 種常用的全域映射方法：直方圖均化法(Histogram Equalization) [14]、雙向濾波色調映射[15]與梯度域色調映射[16]。

### 1. 直方圖均化法

直方圖均化法是一個典型的全域映射方法，原理簡單且有效，該方法將每一個新的映射值分配相同數量的輸入值。圖四是一個對比不強的影像，圖五是影像的直方圖(Histogram)，從圖可以很容易看出影像的灰階值集中在部分的區域，這也是影像模糊的主要原因。圖六是對模糊影像做直方圖均化後之結果影像。圖七是結果影像的直方圖，很明顯地在經過直方圖均化處理後的影像直方圖會擴散在整個數值範圍。



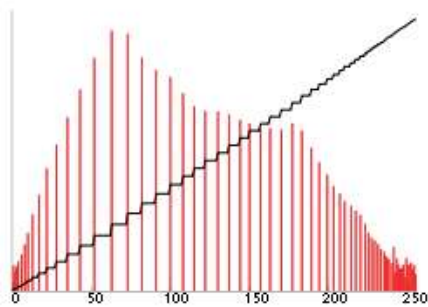
圖四：對比不強的影像



圖五：影像的直方圖



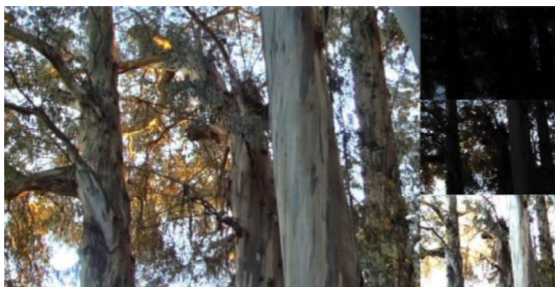
圖六：直方圖均化後之結果影像



圖七：結果影像的直方圖

## 2. 雙向濾波色調映射

用於高動態範圍影像顯示之快速雙向濾波方法是 Durand 等學者所提出[15]，他們使用降低對比並同時保存影像的細部特徵的方法。方法中以兩個尺度為基礎來分解影像，將影像分解成基礎層(Base Layer)影像與細節層(Detail Layer)影像。由於細節層影像包含影像重要的資訊，因此，只對基礎層影像進行壓縮來減少對比。



圖八：高動態範圍的照片

圖八是一個高動態範圍的照片，是由不同的曝光照片所合成，如圖的左上角所顯示的天空及景觀細節的顏色。圖九是基礎影像，圖十是細節影像，圖十一是色彩影像，說明兩個尺度分解出影像灰階強度之原理，色彩影像之處理只是簡單的比例壓縮處理，只有基礎層影像的對比要縮減處理。



圖九：基礎影像



圖十：細節影像



圖十一：色彩影像

快速雙向濾波方法使用一個非線性的雙向濾波器來獲得基礎層影像並保留影像中的邊界，非線性的雙向濾波器使用兩個高斯函數 $f$ 與 $g$ ，高斯函數 $f$ ，主要在在空間區域限制一塊區域，高斯函數 $g$ 主要在

限制空間區域內賦予每一個像素強度權重。  
高斯函數 $f$ 與 $g$ 的定義分別表示如下：

$$f = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{d(p,b)}{\sigma_d}\right)^2}, g = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\delta(I_p, I_b)}{\sigma_r}\right)^2} \quad (1)$$

其中

$d(p, b)$ ：兩個像素點間的距離

$\delta(I_p, I_b)$ ：兩個像素點間的灰階值差。

基礎層影像 $I_{base}$ 之像素點的灰階值可由下式求得：

$$I_s = \frac{1}{k(s)} \sum_{p \in \Omega} f(p-s) g(I_p - I_s) I_p \quad (2)$$

$I_s$ 為原始像素 $s$ 在經過雙向濾波器處理之後的輸出結果， $I_p$ 與 $I_s$ 分別為像素 $p$ 及像素 $s$ 的灰階強度(Intensity)， $k(s)$ 為正規化的函數， $\Omega$ 在此為全部的影像範圍，而其中 $k(s)$ 又可寫成下述的方程式：

$$k(s) = \sum_{p \in \Omega} f(p-s) g(I_p - I_s) \quad (3)$$

細節層影像 $I_{detail}$ 可以經由下式求得

$$I_{detail} = I - I_{base}$$

將影像分成基礎層與細節層影像後，接續的處理就是對基礎層影像做壓縮的處理，最後將壓縮過後的基礎層影像與細節層影像相加後，就可得到色調映射的結果。

雙向濾波色調映射雖然能夠呈現影像部分細節，且擁有鮮豔的色彩表現，但往往顯得虛假不真實。

### 3. 梯度域色調映射

Fattal 等學者[16]提出了一個梯度域的高動態範圍影像壓縮方法，並獲得良好的結果，為目前做這方面研究者常為引用的論文，其做法敘述如下：

假設：

$I(x, y)$ ：高動態範圍影像

$H(x, y) = \log(I(x, y))$

計算 $H(x, y)$ 的梯度， $\nabla H(x, y)$ 。

$$\begin{aligned} \nabla H(x, y) \approx & (H(x+1, y) \\ & - H(x, y), H(x, y+1) \\ & - H(x, y)) \end{aligned}$$

計算 $G(x, y) = \nabla H(x, y) \Phi(x, y)$

$\Phi(x, y)$ 是梯度衰減函數。

從上式子可以了解，針對空間域的每一位位置之 $\nabla H(x, y)$ 值會有相對應的衰減值 $\Phi(x, y)$ ，因此，如何得到最佳的衰減值 $\Phi(x, y)$ 是此篇論文研究的重點。

為了避免邊緣太強烈的地方有光暈的不自然現象，定義

$$\begin{aligned} \varphi_k(x, y) &= \frac{\alpha}{\left( \frac{\|\nabla H_k(x, y)\|}{-\alpha} \right)^{\beta}} \quad (4) \\ \nabla H_k &= \left( \frac{H_k(\nabla_x H + k(1x, y)) - H_k(x, y)}{2^{k+1}} \right) \quad (5) \end{aligned}$$

$$\Phi_d(x, y) = \varphi_d(x, y)$$

$$\Phi_k(x, y) = L(\Phi_{k+1})(x, y) \varphi_k(x, y) \quad (6)$$

$$\Phi(x, y) = \Phi_0(x, y)$$

其中 $\alpha$ 是用來判斷是否進行壓縮的閾值， $\beta$ 為壓縮的比率大小。

調整色彩分量之值，由下列式子計算

$$C_{out} = \left( \frac{C_{in}}{L_{in}} \right)^s L_{out} \quad (7)$$

其中

$C = R, G, B$

$L_{in}$ ：高動態範圍影像之像素的亮度值。

$L_{out}$ ：低動態範圍影像之像素的亮度值。

$s$ ：色彩飽和度參數。

相較於其他色調映射技術，梯度域技術應用在不同場景的影像中，不論在光線呈現或細節表現上，平均表現較為優秀，僅在少部分的影像上暗處的細節不清楚。

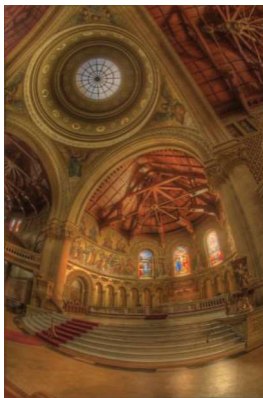
### 三、研究方法

在區域色調映射的相關研究中，梯度域色調映射是目前能夠獲得比較好的主觀影像品質。該技術先是計算影像的梯度，從獲取的數據中會反映影像的內容，若影像的像素低梯度占了大部分時，那麼就代表著影像中的物件與其背景亮度過於相近，而難以辨認，使得觀察者無看出背景中的物件為何。梯度

域技術主要是計算影像的像素梯度，從計算出的梯度中會反映出像素之間的對比性與差異性，倘若某影像區域是複雜的，其像素梯度會較大，例如有邊緣的存在；反之，如果某影像區域是平滑的，則像素梯度會較小。所以梯度能夠偵測出影像細節的內容與對比的強弱。圖十二是暗處不清的影像，經梯度域色調映射處理得到的結果如圖十三，很明顯影像的細節變的非常明顯。

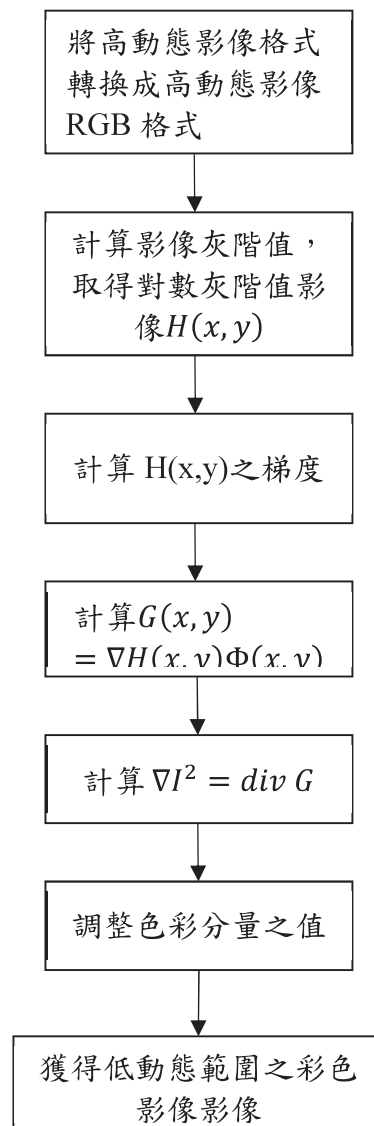


圖十二：暗處不清的影像



圖十三：梯度域色調映射處理的影像

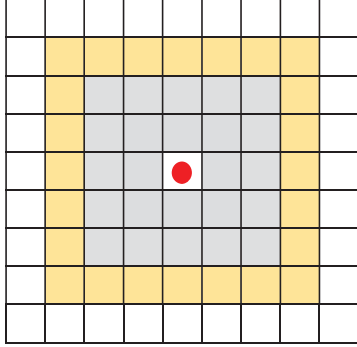
基本上本研究是以 Fattal 等學者發表的高動態梯度域論文為基礎，提出另一個計算像素梯度衰減函數，除使用像素本身梯度值及影像平均梯度值外，並加入像素四周平均梯度值做衰減權重的衡量，以改善梯度域色調映射技術呈現的畫面。圖十四是本論文提出的色調映射方法之整體流程架構。



圖十四：新色調映射方法之整體流程圖

本方法與論文[16]的主要差異在於本方法使用像素周圍平均梯度來修正處理中的像素梯度。圖十五呈現了本研究核心觀念，計算每個像素點外圍梯度平均值，以修正目前像素的梯度值，它的優點就是像素可與其周圍梯度做適當的調整，這是非常合理的，因為當周圍的平均梯度大時，代表著像素位在清楚的區域中，此時可將像素的梯度值衰減大一些，反之，當周圍的平均梯度小時，代表著像素位在不清楚的區域中，此時可將像素的梯度值衰減小一些。

如此的衰減方式會稍為模糊高清晰的影像區域，同時會提升模糊區域影像的清晰度。



圖十五：紅色像素點及四周像素之示意圖

本研究在梯度域的衰減函數中，額外加入四周平均梯度的倒數，作為衰減梯度的衡量，其公式如下：

$$\Phi(x, y) = a \times \|\Delta H_{x,y}\|^b \times \frac{1}{ns} \quad (8)$$

其中

a：影像平均梯度

$\|\Delta H_{x,y}\|$ ：像素梯度，x,y是像素在影像的位置

b：參數(-0.2 ~ -0.1)

s：像素四周平均梯度

n：調整參數(像素外圍圈數)

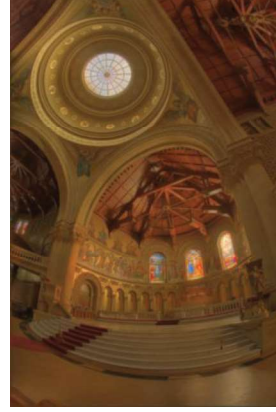
上式中，a 為 (平均梯度) $^{1-\beta}$ ，在梯度域論文[16]中，beta 值建議參數設定為 0.8~0.9，

我們取中間值 0.85 為主。 $\|\Delta H_{x,y}\|^b$  是擷取

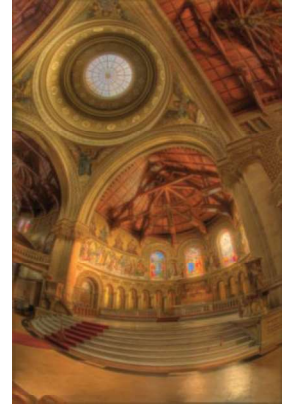
像素點的梯度， $\frac{1}{ns}$  是取像素四周平均梯度的倒數，並除 n 以調整整體衰減函數的數值(n = 5)。

圖十六至圖十九，呈現不同 n 值的效果，依據不同場景下的影像作比較，從中

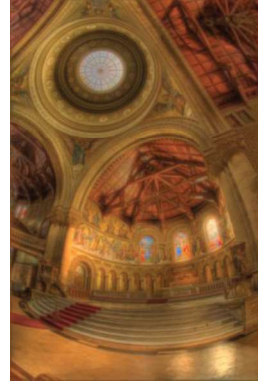
選出表現較佳畫面，並以其 n 值為衰減函數的數值。



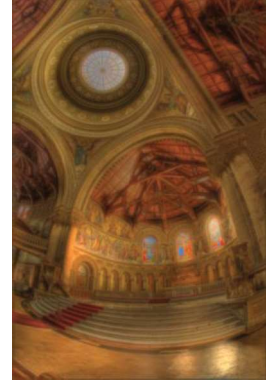
圖十六：n = 1



圖十七：n = 3



圖十八：n = 5



圖十九：n = 7

從實驗圖片中可以觀察出，當不做任何調整時，圖十六圓形的天花板過亮，以至於看不清楚圖樣，圖十七雖看得出些微圖樣，卻不如圖十八及圖十九的細節表現。以整體光線而言，圖十六地板並未反射窗外照入的光線，而圖十七、圖十八及圖十九則能自然呈現反射光線，但圖十九整體畫面顯得昏暗，不如圖十七、圖十八的表現。整體來說，我們認為相較於其他影像，圖十七圖像表現最佳。在實驗幾組影像後，實驗觀察，當 n = 5 時，影像處理的結果是相對較佳的。

本論文所提出的新色調映射技術執行步驟如下：

- (1) 轉換高動態影像格式為高動態影像 RGB 格式
- (2) 計算高動態影像灰階值，並對灰階值取自然對數，得到對數灰階值影像  $H(x, y)$
- (3) 計算  $H(x, y)$  之梯度，得到  $\nabla H(x, y)$ 。
- (4) 計算  $G(x, y) = \nabla H(x, y) \Phi(x, y)$ ， $\Phi(x, y)$  是梯度衰減函數。
- (5) 計算  $\nabla I^2 = \text{div } G$ 。
- (6) 調整色彩分量之值。
- (7) 獲得低動態範圍之彩色影像。

#### 四、實驗結果

目前高動態範圍影像映射至低動態影像的方法好壞之判定主要仍是以主觀的方式來決定，這主觀的感覺包含了下列的指標：

1. 影像的色彩是否自然。
2. 影像光線的明暗是否自然。
3. 影像的暗處與亮處對比度是否清晰

圖二十到圖二十三是幾種不同性質影像處理的結果，原始影像包含極暗及極亮的影像。

由於本研究前階段是以梯度域映射技術為根基，該技術需要設定兩個參數，即  $\beta$  值與  $s$  值，分別設定為  $\beta = 0.85, s = 0.5$ 。

論文中總共用了 5 種方法來處理影像並比較，因此每一張影像的處理結果會產生一組圖組，圖組的順序分別表示：原始影像、雙向濾波結果影像、最佳色調再現曲線運算子結果影像、梯度域結果影像、本研究方法的結果影像。

圖二十到圖二十三中為各種場景的處理結果，我們將針對影像畫面逐一比較，從中分析其他方法與本研究方法的優劣。



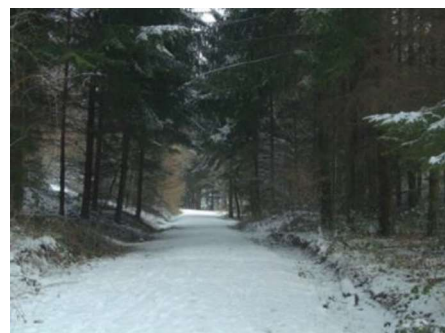
圖二十：影像 door 實驗比較

在圖二十中，第 1 張原始影像室內過暗。第 2 張雙向濾波處理後的圖然提高了整體影像的亮度，但色彩的表現上極度不自然，而第 3 張圖的室內細節有少部分呈現，但仍然昏暗不清。第 4 張圖梯度域將影像細節充分呈現，但是光線過亮。第 5 張圖本論文提出的方法優於第 4 張圖梯度域，不僅能夠仔細呈現室內擺設，在整體光線上顯得更為自然真實。整體而論，本論文提出的方法畫面的處理較為優秀。



圖二十一：影像 Hotel Room 實驗比較

在圖二十一中，第 1 張原始影像昏暗不清。第 2 張雙向濾波處理後的圖雖然提高了整體影像的亮度，但色彩的表現上相當不自然，而第 3 張圖雖然看得清楚旅館房間內部的物體，光線上仍略顯昏暗，在暗處的細節也無法完整呈現，像是左方的衣櫃。第 4 張梯度域將影像細節充分呈現，但是光線略暗。第 5 張本論文提出的方法優於第 4 張梯度域影像，不但能夠呈現細節，像是左方衣櫃的紋路，而整體光線上也相當真實自然。整體而論，本論文提出的方法畫面的處理較為優秀。





圖二十二：影像 Forest Path 實驗比較

在圖二十二中，原始影像整體過亮，經過雙向濾波的處理，第2張圖雖然降低了亮度，但是失去更多影像的細節，而第3張圖比第2張圖顯現了更多樹枝與光線間的細節描繪。第4張圖梯度域影像中，細節充分呈現，光線亮度相較於第1張圖也明顯降低許多，但第5張圖本論文提出的方法除可看到細節外，亦能保有原影像的色彩，呈現更為自然。整體而論，本論文提出的方法畫面的處理較為優秀。



圖二十三：影像 Belgium 實驗比較

在圖二十三中，第1張原始影像整體過暗，看不清楚任何細節。雙向濾波處理後的第2張圖雖然能夠看清楚影像細節，但色彩的表現上極度不自然，而第3張圖的室內細節仍昏暗不清，像是左方樹葉及右上方天花板。第4張圖梯度域將影像細節充分呈現，但是室內與室外光線亮度相近，有些許的不自然。第5張圖本論文提出的方法優於上述的圖，室內與室外光線有所差異，卻不失去影像細節呈現，像是眼睛真實所見。整體而論，本論文提出的方法畫面的處理較為優秀。

## 五、結論

本研究將區域色調映射中的梯度域作為改良，提出一個新色調映射技術。我們主要是將像素周圍平均梯度來修正處理中的像素梯度，此方法的優點就是像素可與其周圍梯度做適當的調整，能夠使得影像表現更為清晰自然。

從處理各種場景的影像中可以發現，本研究方法平均優於一般處理技術，在部分過暗或過亮的場景中的影像表現，更是優於梯度域的清晰度或自然感受。然而，本研究方法不盡然是完美的，處於過亮與過暗兩者中間的影像上，本研究方法處理後的結果比起梯度域呈現的影像，會稍微模糊，細節部分不夠清晰，但整體表現上仍然優於其他色調映射技術。

## 參考文獻：

- [1] HDR, [http://en.wikipedia.org/wiki/High\\_dynamic\\_range\\_imaging](http://en.wikipedia.org/wiki/High_dynamic_range_imaging), 2018.
- [2] Pattanaik, S. N., Ferwerda, J. A., Fairchild, M. D. and Greenberg, D. P., "A Multiscale Model of Adaptation and Spatial Vision for Realistic Image Display," in Proc. ACM SIGGRAPH 98, Annual Conference on Computer Graphics, Orlando, FL, pp. 287-298, 1998.
- [3] Webster, M. A., "Human colour perception and its adaptation," *Network: Computation in Neural Systems* 7(4), 587-634. 1996.
- [4] T. Mitsunaga and S. Nayar, "Radiometric self calibration", In *Computer Vision and Pattern Recognition*, IEEE Computer Society Conference, volume 1, pp 374-380, 1999.
- [5] Paul E. Debevec, Jitendra Malik, "Recovering High Dynamic Range Radiance Maps from Photographs", in: *Proceedings of the SIGGRAPH 97 Conference*, pp. 369-378, 1997.
- [6] Xiaojun Wu, Zhan Song, Gang Yu, "A Novel Multiple Exposure Merging Method for High Dynamic Range Image Generation" 2nd International Conference on Signal Processing Systems (ICSPS), 2010.
- [7] T. Mertens, J. Kautz and F. V. Reeth, "Exposure Fusion," in *IEEE Computer Society*, pp. 382-390, 2007.
- [8] Wen-Chung Kao, "High Dynamic Range Imaging by Fusing Multiple Raw Images and Tone Reproduction", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 54, No. 1, Feb. 2008.
- [9] [http://booksite.elsevier.com/samplechapters/9780123749147/02~Chapter\\_3.pdf](http://booksite.elsevier.com/samplechapters/9780123749147/02~Chapter_3.pdf), 2016.
- [10] R. K. Chaurasiya, Prof. K. R. Ramakrishnan, "High Dynamic Range Imaging", *International Conference on Communication Systems and Network*

- Technologies, 2013.
- [11] Y. Bando, G. Qiu, M. Okuda, S. Daly, T. Aach and Oscar C. AU, "Recent Advances in High Dynamic Range Imaging Technology", Proceedings of Sep. 2010 IEEE 17th International Conference on Image Processing, Hong Kong. D. Valentin, H. Abdi, A. J. O'Toole, and G. Cottrell, "Connectionist models of face processing: A survey", Pattern Recognition. 27, pp. 1209–1230, 1994.
- [12] J. Duan and G. Qiu, "Fast Tone Mapping for High Dynamic Range Images", Proc. ICPR2004, pp. 847-850, August 2004.
- [13] G. Qiu and J. Duan, "An Optimal Tone Reproduction Curve Operator for The Display of High Dynamic Range Images", ISCAS2005, Proc. of IEEE International Symposium on Circuits and Systems, vol. 6, pp. 6276- 6279, Kobe, Japan, 23 - 26 May 2005
- [14] [https://en.wikipedia.org/wiki/Histogram\\_equalization](https://en.wikipedia.org/wiki/Histogram_equalization), 2108
- [15] F. Durand and J. Dorsey, "Fast Bilateral Filtering for The Display of High-Dynamic-Range Images," ACM Trans. on Graphics, pp. 257–266, 2002.
- [16] R. Fattal, D. Lischinski, and M. Werman, "Gradient Domain High Dynamic Range Compression," ACM Trans. on Graphics, pp. 249–256, 2002.
- [17] 郭忠民，吳保樹，“以內容為基礎的高動態範圍影像色調映射”，碩士論文，義守大學，2014。
- [18] 吳佳純等，“全域映射之高動態範圍色調映射技術之研究”，黃埔學報， vol. 71， pp. 9-19， 2016。

# A Study on High Dynamic Range Image Tone Mapping Using Gradient Correlation

**Chia-Chun Wu<sup>1</sup>, Zhan P.Lin<sup>2</sup>, Yung-Chung Wei<sup>1</sup>, Yi-Chen Tseng<sup>1</sup>  
Jyi-Chang Tsai<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Department of Information Management, I-Shou University, Taiwan

<sup>2</sup> Department of Electrical Engineering, Chinese Military Academy, Taiwan

## Abstract

High dynamic range images (HDRI) are the images that can record real scenarios, but HDRI can't be shown in the display device directly. In a real environment, the range of brightness is very broad, and the number of expressing the brightness of environment is uncountable. So, HDRI recording real scenarios have to be mapped into low dynamic range images (LDRI) which have countable value and can be shown in general display device. The mapping is called tone mapping.

Tone mapping methods can basically be divided into two categories: local tone mapping and global tone mapping. Advantages of global tone mapping is simple, fast. Therefore, it is the best choice if anyone wants to know the contents of HDR quickly, but local tone mapping can obtain better image quality than global tone mapping. The main goal of this paper is to propose a high-quality local tone mapping method. First, calculate the logarithmic grayscale value of the image and the average gradient of the image. Then, use these values and the gradient of the pixel itself to adjust the gradient of the pixel. Finally, the Full Multigrid Algorithm is used to calculate the image that the display device can display. The results show that the proposed method in this paper can effectively enhance the detail and contrast of subjective quality of LDRI.

Key words: high dynamic range images, tone mapping, local mapping region, global tone mapping

