

# 圖像增強簡介

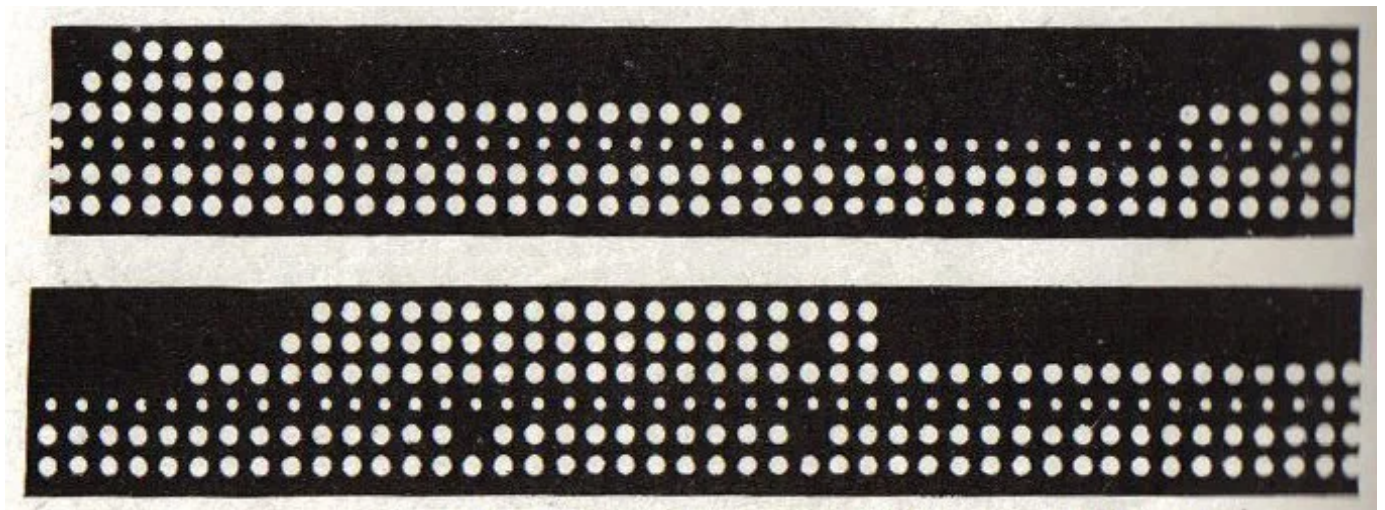
努比 3D視覺初學者 2021-12-10 10:05

點擊上方“3D視覺初學者”，選擇加“星標”或“置頂”

重磅乾貨，第一時間送達

數字圖像的誕生並不是與計算機的發展完全相關，第一次世界大戰結束後的第二年，數字圖像被發明並用於報紙行業。為了當時傳輸此圖像，發明了**Bartlane電纜圖像傳輸系統**。主要是為了從英國倫敦連接到美國紐約。

第一張數字圖像的傳輸是在1921年實現的，用打印機進行了3個小時的編碼和解碼，當時使用5個灰度級進行編碼，因為人眼只能分辨出這麼多。



Bartlane系統在圖片傳輸中使用的Baudot磁帶樣本

電子計算機是在1950年代發明的，人們開始使用計算機來處理圖像，數字圖像處理在1960年代初開始正式誕生。

早期圖像處理的目的是提高圖像質量。噴氣推進實驗室（JPL）使用圖像處理技術處理了空間探測器Prowler 7在1964年發回的數千張月球照片，包括幾何校正和灰度。成功繪製月球表面圖可以被認為是最早的數字圖像處理。

## 01. 圖像直方圖

直方圖通常可以為我們提供一些優化圖像的方法。圖像實際上是一個二維矩陣，因此該矩陣的每個位置 $[i, j]$ 必須對應一個 $[0, 255]$ 的值。我們可以根據灰度值的大小將具有相同灰度值的

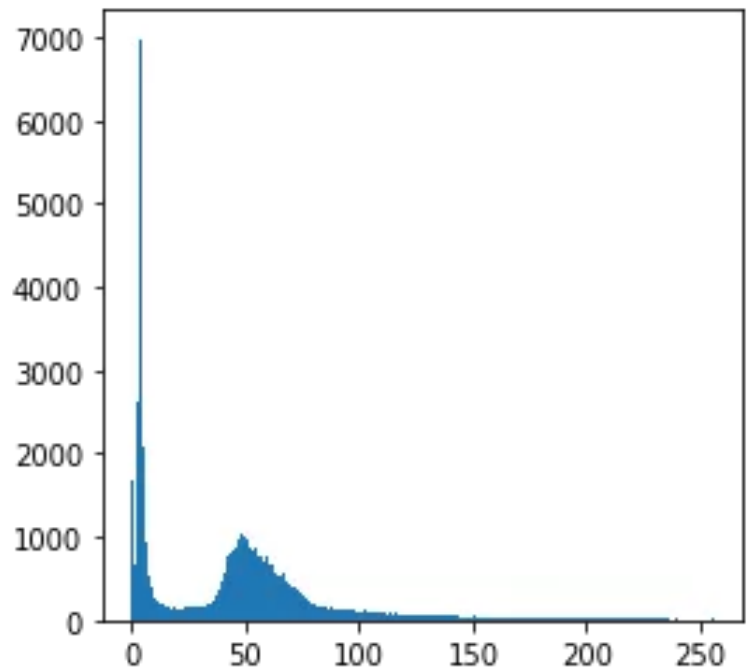
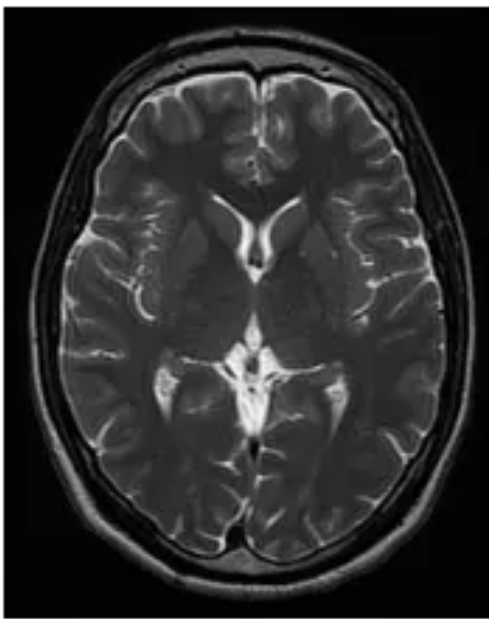
像素分組到同一組中，並繪製每個灰度值中包含的像素數以獲得直方圖。假設此時與圖像相對應的灰度等級為 $[0, L-1]$ ，則直方圖實際上就是這樣一個函數：

$$h(r_k) = n_k, \quad k = 0, 1, \dots, L-1$$

其中， $r_k$ 代表第 $k$ 個灰度級， $n_k$ 代表與圖像中第 $k$ 個灰度級相對應的像素數， $n$ 為該圖像中所有像素的總數在數字圖像處理中，我們經常需要獲取歸一化的直方圖：

$$P(r_k) = \frac{n_k}{n}, \quad k = 0, 1, \dots, L-1$$

其中， $P(r_k)$ 實際上表示某種形式的概率，它表示像素總數中灰度級為 $r_k$ 的像素數。



左側代表深色部分，右側代表亮色部分，中間代表中間調。

垂直方向的高度表示像素的密度，並且高度越高，在該亮度下分佈的像素越多。

## 02.點操作

圖像的點的操作是執行相同的操作 $F$ 上的每個像素 $(X, Y)$ 與圖像的相同灰度值予。

$$J(x, y) = F(I(x, y))$$

點操作改變原始像素但是不受其位置或相鄰像素影響，通常用於更改灰度範圍和分佈。

## 03.圖像閾值

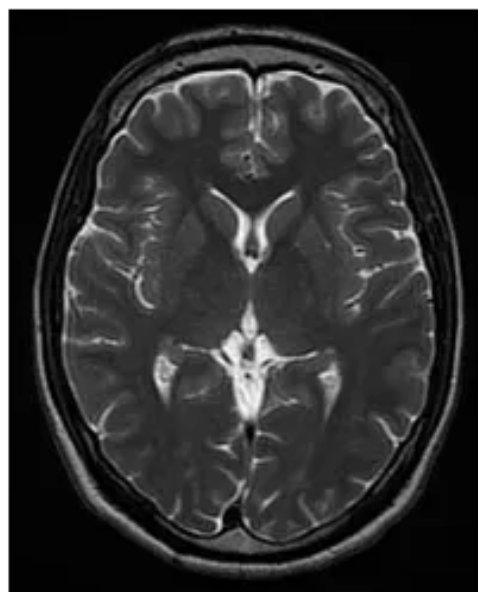
圖像閾值算法簡單高效，至今仍在許多場景中使用，實時性非常好。

圖像閾值分為全局閾值，局部閾值和動態閾值。全局閾值將對整個圖像使用單個閾值，而局部閾值將基於圖像的局部信息在本地執行閾值化。

設置某個閾值 $T$ 可以將圖像分為兩部分：大於 $T$ 的像素組和小於 $T$ 的像素組。

$$F(I(x, y)) = \begin{cases} 1 & I(x, y) \geq T \\ 0 & I(x, y) < T \end{cases}$$

高於 $T$ 的任何東西都變成1，低於 $T$ 的任何東西都變成0。



T=20



T=100



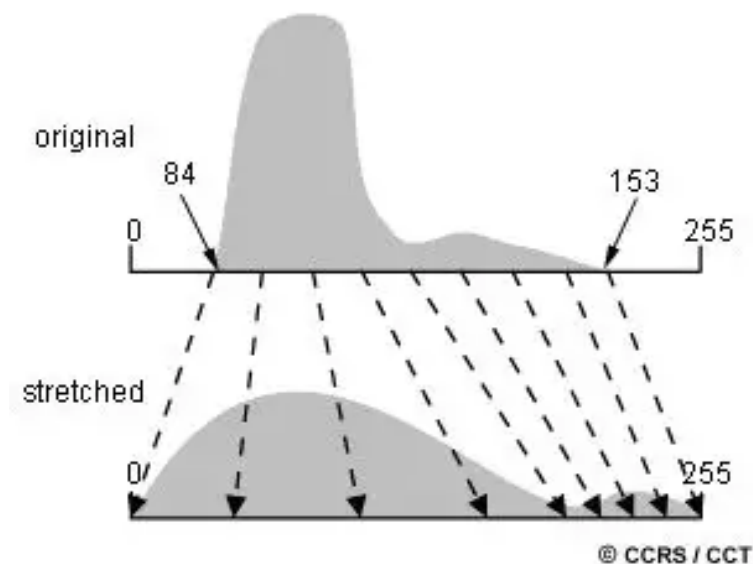
T=127



Image 閾值圖像的示例

## 04. 對比拉伸

對比度拉伸是將灰度值範圍拉大，以達到色差更明顯的目的。

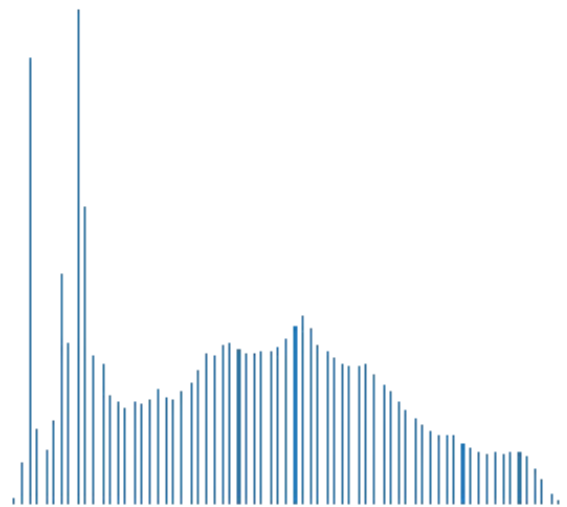
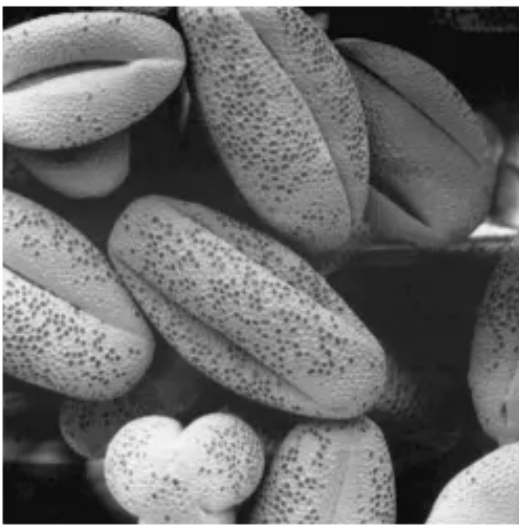
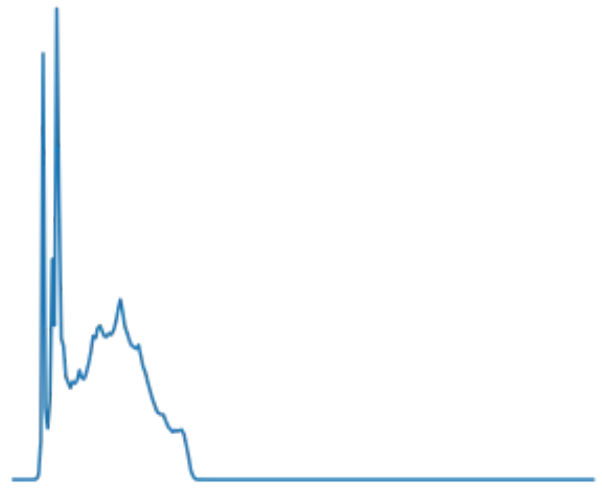
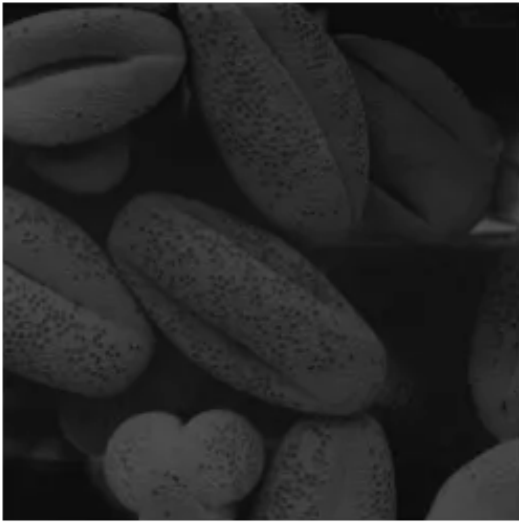


如果所有像素的灰度值集中在 $L$ 和 $H$ 之間，這將使整個圖像非常暗。換句話說，對比度不高。

如果我們使用灰度變換將灰度值擴展到整個0-255間隔，則對比度明顯得到了增強。以下公式可用於將像素的灰度值映射到更大的灰度空間：

$$I(x, y) = \frac{I(x, y) - L}{H - L}(Max - Min) + Min$$

其中， $L$ 、 $H$ 是原始圖像的最小和最大灰度值，而 $MIN$ 和 $MAX$ 是要拉伸的灰色空間的最小和最大灰度值。



對比度拉伸示例

$LH$ 之間的像素值將映射為0-255， $L$ 左側以外的值都將變為0， $H$ 右側以外的值將變為255。

## 05.直方圖均衡化

直方圖均衡處理是將原始圖像的灰度直方圖從相對集中的灰度間隔更改為整個灰度範圍內的均勻分佈。非線性拉伸圖像並重新分配圖像像素值，以便某個灰度範圍大致相同。

當圖像直方圖完全均勻分佈時，圖像的熵最大，圖像對比度高。提高圖像對比度的變換函數 $f(x)$ 需要滿足以下條件：

$$y = f(x) = (L - 1) \int_0^x p_x(t) dt$$

其中 $p_x$ 代表的概率密度函數。在離散圖像中，它表示直方圖每個灰度級的概率。變換函數 $f(x)$ 實際上是連續隨機變量 $x$ 的分佈函數，它表示該函數下的面積。

轉換後的概率密度：

$$p_y(y) = p_x(x)|(f^{-1}(y))'|$$

從變量上限函數的推導規則可以知道：

$$f(x)' = (L - 1)p_x(x)$$

逆函數的導數等於原始函數的導數的倒數，因此：

$$(f^{-1}(y))' = \frac{1}{(L - 1)p_x(x)}$$

除此之外，

$$p_y(y) = \frac{1}{L - 1}$$

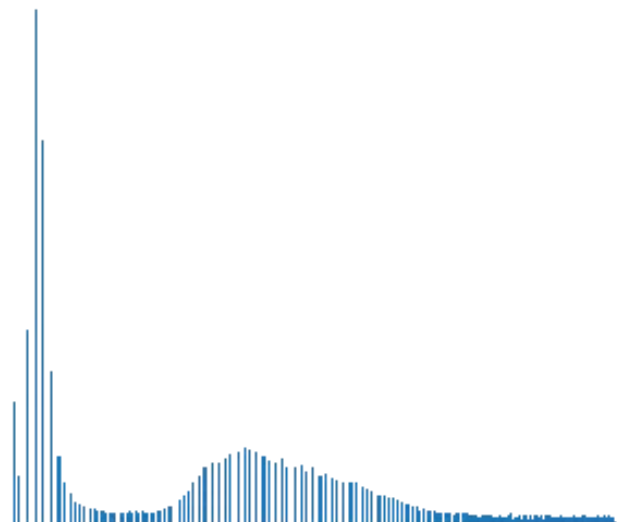
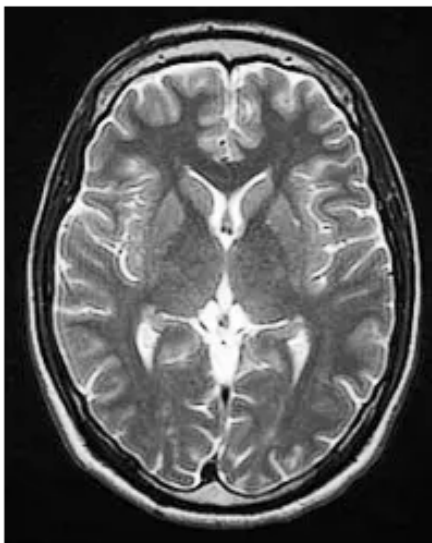
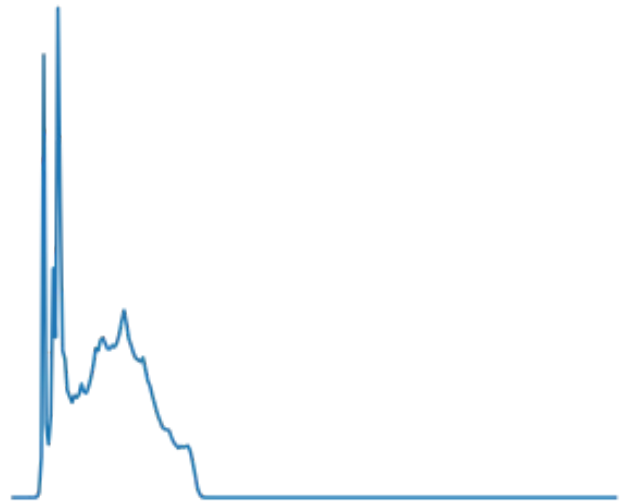
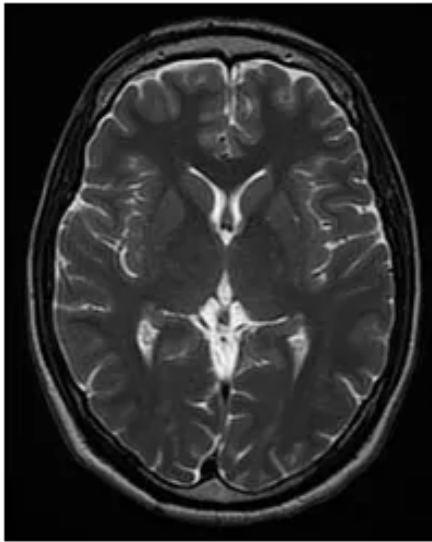
變換後的概率密度函數是均勻分佈。對於圖像，每個灰度等級的概率相等，這可以達到我們的目標。

接下來，我們需要將該變換函數轉換為圖像中的表達式，我們使用求和而不是積分，使用差而不是微分。因此，上述轉換函數為：

$$y = f(x) = (L - 1) \sum_0^{x_i} \frac{h(x_i)}{w \times h}$$

其中， **$h(x_i)$** 代表直方圖中每個灰度級的像素數， **$w$** 和 **$h$** 分別代表圖像的寬度和高度。





對比度拉伸. Image的示例作者。

如果我們將累積直方圖 $H$ 應用為對比度變化，那麼我們將在圖像上施加均勻的直方圖。我們使用 $H$ 作為一種查找表來查找圖像的新值。

實際上，這可以通過以下方法完成：

- 標準化累積直方圖，以使最大值為1.0。這會將最終圖像映射到區間0，...，1。
- 將圖像灰度級轉換回間隔0，...，255作為int值。
- 將累積直方圖應用於圖像像素的值

## 06.伽馬校正

伽瑪校正是對圖像的非線性操作，用於檢測圖像信號部分和淺色部分中的暗色，並增加二者的比率以提高圖像對比度效果。

每個顯示設備在像素輸入強度和顯示輸出亮度之間具有不同的非線性關係，取決於：

$$V_{out} = (V_{in})^\gamma$$

將非負實際輸入值 $V_{in}$ 升高到CRT顯示屏的功率 $\gamma$ ，以獲得輸出值 $V_{out}$ 。

但是，實際上對於大多數相機或成像設備，該關係是線性的。這導致監視器上顯示的圖像與照相機設備拍攝的實際圖像不一致。為了糾正這種差異，當保存由以下內容確定的圖像時，相機將自動對數據進行伽瑪校正：

$$V_{out} = (V_{in})^{1/\gamma}$$

其中， $\gamma$ 仍然是顯示器的伽瑪值。監視器顯示圖像時，由監視器的伽瑪值引起的錯誤被抵消。

$$V_{out} = (V_{camera}^{1/\gamma})^\gamma = V_{camera}$$

顯示器的伽瑪值越高，圖像越暗。



紅線代表顯示屏的伽瑪值

藍線代表相機保存照片時進行的校正

紫色線代表兩者合併後的結果



大多數圖像捕獲設備在保存圖片時會自動添加伽瑪校正，這意味著非線性空間中的顏色存儲在圖片中。我們直接使用存儲在圖片中的顏色數據，然後最終輸出到屏幕時，再次手動執行伽瑪校正，這將導致紋理太亮，因為我們執行了兩次伽瑪校正。

Original

 $\gamma=1$  $\gamma=1.8$  $\gamma=2.2$ 

伽瑪校正的示例

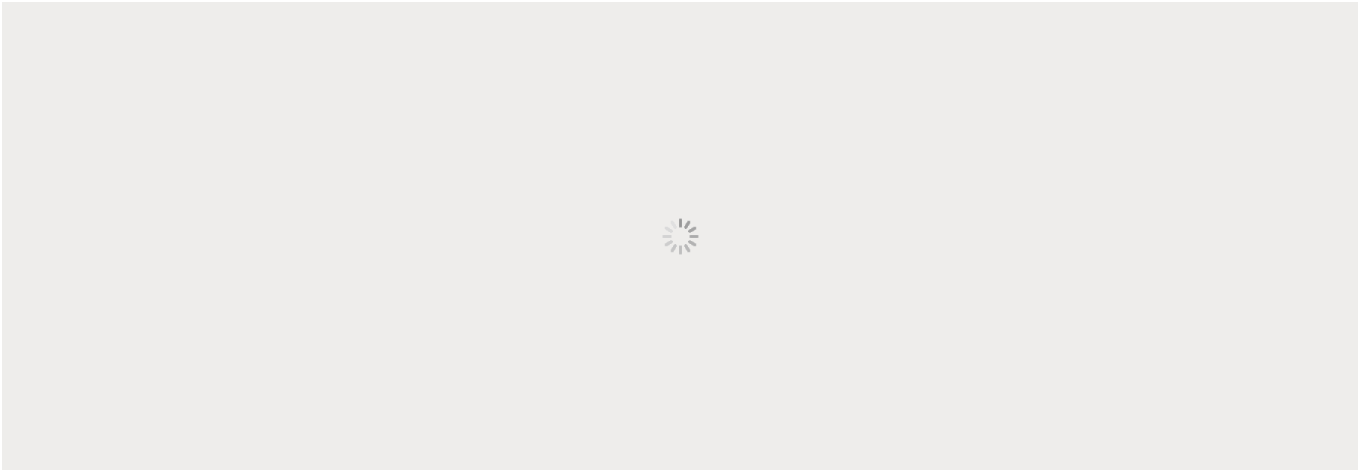
#### 參考文獻

1. Gonzalez & Woods , Digital Image Processing ( Pearson Education ,2002)
2. NHKaplan, I.Erer,and N. Gulmus Remote Sensing Image Enhancement Via Bilateral Filtering in Intern. Conf. On RAST, 2017.
3. Chengtao Cai, Haiyang Meng, and Qidan Zhu Blind Deconvolution for Image Deblurring based on Edge Enhancement and Noise Suppression IEEE Access 2018.
4. Sangu Aruna Kumari and Rajasekhar Karumuri Weighted Guided Image Filtering For Image Enhancement in proc. ICCES 2017.

5. Lianghai Jin , Min Jin, Xangyang and Enmin Song Structure-Adaptive Vector Median Filter For Implus Noise Removal in Color Images IEEE Inter.conf. on ICIP 2017

6. SisHan, WeibinLiu and Weiwei Xing Image Enhancement Based on Spatial MultiScale Homomorphic Filtering and Local Entropy Guided Image Filtering in Inter. Conf., on DASC/PiCom/DataCom/CyberSci Tech 2017

7. Jaifei Wu,Chang Wang ,and Yongze Xu An Improved Guided Filtering Algorithms for image Enhancement in IEEE Intern. Conf. On ICME 2018.



喜歡此內容的人還喜歡

目標檢測入門之再讀YOLOv3

AI算法之道



37歲前女僱員揭露Facebook滔天罪行：用放大仇恨言論算法賺錢

財聞智評



VISIA-CR科研級面部成像系統

廣州捍馬

