

高效能影像描述法應用於不同光照條件之影像比對

Hung-Yu Liao(廖鴻瑜)^{*}, Hui-Fuang Ng(黃惠藩), Chih-Yang Lin (林智揚)

亞洲大學資訊工程學系 (台中市霧峰區柳豐路 500 號)

^{*}andy777333@hotmail.com

摘要

影像描述已被廣泛成功地被使用在許多電腦視覺的應用上。然而，在光照條件的變化下，物件影像對光照色彩和方照方向是很敏感的，如：照明幾何的變化和光照顏色的變化。在場景照明的變化上，如果這些所使用的影像描述不具穩健性，影像識別的表現將會受到極大地影響。本研究提出一個具有高效能的影像描述法，應用於不同光照條件下之影像比對。實驗結果顯示出，本描述法之辨識效能可以與 SIFT 描述法相抗衡，不過本描述法之運算複雜度比 SIFT 來的小許多。

關鍵詞：色彩描述、尺度不變特徵轉換、影像比對、光照變化。

1. 緒論

影像描述(image descriptor)是很複雜的，觀察條件只要有一個要素些許的改變，將會導致整張影像描述發生很大的變化，例如光線照明、距離遠近、觀察角度的不同，將產生影像形狀大小的變化，處理這些外在的變化都是影像識別的一大考驗。色彩(color) 是最常用來做影像描述的方法之一，對影像檢索來說，也是一個很重要的辨識訊息，人們將眼睛所看到的色彩數字化，以便於色彩描述和比對，Swain & Ballard (1991) 提出了一種簡單有效的方法，基於 RGB 顏色直方圖的影像檢索方法，其方法稱為色彩索引(color indexing)，針對物件影像的變化，如觀察角度或物件部份遮蔽，具有穩健的辨識能力。

近幾年來，局部影像描述(Local image descriptor)受到關注(Mikolajczyk and Schmid, 2005)，其中以尺度不變特徵轉換(SIFT)(Lowe, 2004)為目前廣泛應用且強健的特徵點擷取與特徵點描述的一個方法。SIFT 是尺度不變(scale invariant)的，也就是說，由這個演算法可以使不受影像大小的影響，由這一個影像中找到的特徵位置，在另一個不同尺度的影像中也可以同樣的被找到。SIFT 方法除了在特徵點擷取上有良好效果外，在特徵點描述上，因為是以計算特徵點位置周圍區塊(block)像素的影像梯度(gradient)後，求出其方向性並將其周圍區塊像素的方向統計過後濃縮成特徵點向量強度，以此方法所做的特徵點描述，在對抗破壞與干擾上都得到了優良的結果。所以，SIFT 在影像比對和場景分類已被證明是最強健及成功的方法之一(Mikolajczyk and Schmid, 2005)。不過傳統的 SIFT 只有強度計算不具色彩資訊，所以有數篇 SIFT 加上色彩描述(color SIFT)的研究(Abdel-Hakim and Farag, 2006; Cui, et al., 2010; Rassem and Khoo, 2011)，以提高顏色的辨識能力。國內也有不少的論文研究，其應用範圍包含物體辨識、自走車的定位與控制(曾建樺, 2009)、手勢辨識(王科植, 2007)、影像拼接(黃漢哲, 2009)、影像定位(吳俊霖、陳彥良, 2006)、3D 影像比對(張庭榮, 2008)和動作比對。

照明條件對影像所反應出的物體顏色是非常敏感的，例如：幾何形狀的照明、照明燈光的顏色或使用強光照射。如果色彩描述對上述這些外在條件改變卻不具穩健性，那麼，場景照明的變化將會對物件

的比對和識別造成極大的影響，在文獻(N. Hui-Fuang, et al., 2012)中，作者將不同的色彩模型所具的描述不變性和 color SIFT 特徵描述法的獨特結構化方式做比較，以及建議 SIFT 應用在一般的物件和場景辨識，並且在實驗結果中得到 SIFT 有著最佳的效果。但由於在文中所得知 SIFT 有著相當複雜的計算方式而且具有較長的計算時間，因此如果需要運用在即時的運算中較為不適合，因此我們希望可以創造出，計算簡單又快速，而且能與 SIFT 相抗衡的描述法。

本論文研究目的是研發一個具有高效能的影像描述法，應用於不同光照條件下之影像比對，並對其效能進行評估。下一個章節將針對我們所提出來的描述法做詳細的描述；第三個章節將呈現我們所做的實驗以及結果；最後的章節是探討與結論。

2. 影像描述法

我們所提出的描述法是藉由文獻(K. Muchtar, 2011) 所得到的靈感，應用區塊截斷編碼(block truncation coding, BTC) 的概念，來開發與改進達到我們所期望的目標。

首先將要比對的影像切成 $M \times M$ 個不重複的區塊，每個區塊擁有 $n \times n$ 個像素，如圖 1 所示，原本影像為 160×160 被分割成 16×16 個區塊，所以一個區塊就是 10×10 像素。

分割大小：4×4、7×7、10×10、13×13、16 ×16

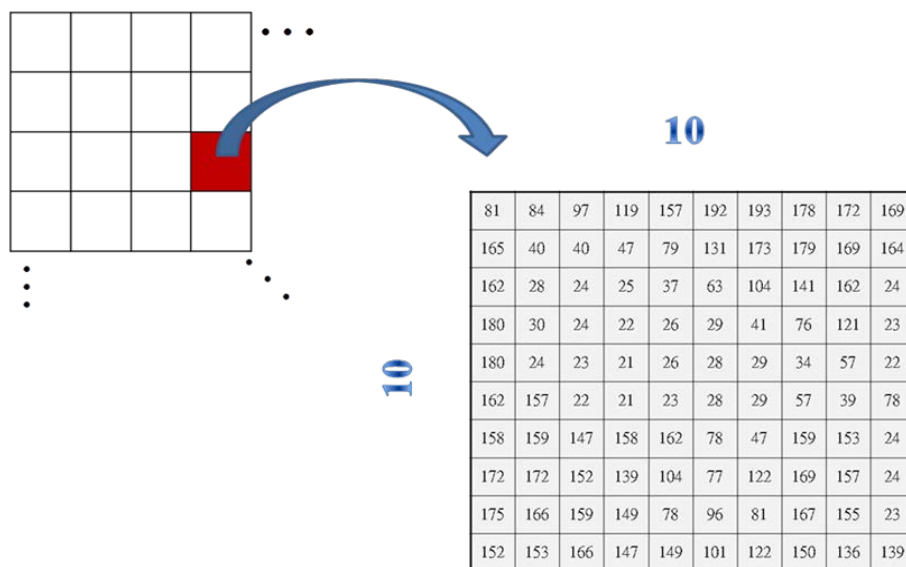


圖 1 影像分割示意圖

再來針對每一個區塊，計算此區塊的平均數 m ，將已計算出來的平均數與區塊中的數值進行大小的比較，如果數值 x_{ij} 比 m 大則標記為 1，相對而言如果 x_{ij} 比 m 小則標記為 0，計算公式如公式(1)所示，二值化範例如圖 2 所示。

$$b_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{if } x_{ij} < m \\ 1, & \text{if } x_{ij} \geq m \end{cases} \quad (1)$$

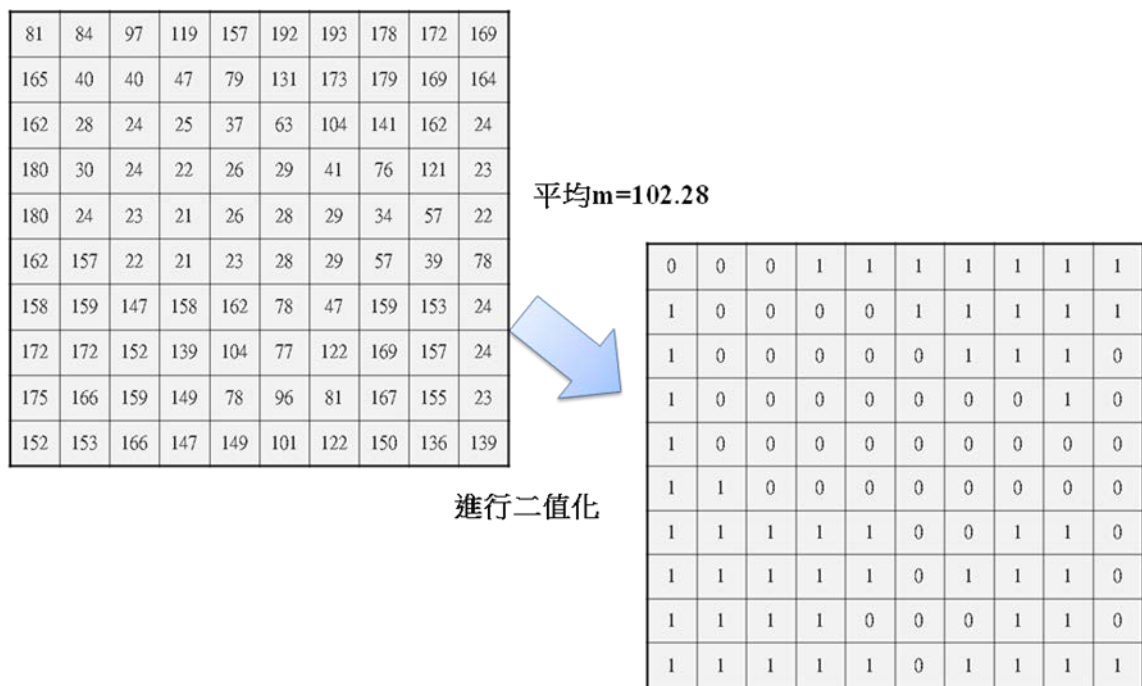


圖 2 區塊二值化示意圖

之後我們將此比較結果切割成 A、B、C、D 四個部分（如圖 3），並統計 A、B、C、D 四個部分 0 與 1 的數量，組合成一個數列 [A1 A0 B1 B0 C1 C0 D1 D0]，A1 代表著 A 部分有 1 的個數，A0 則代表著 A 部分有 0 的個數，以此類推，如圖 4 所示。此一數列組成一個值方圖，此值方圖就是用來描述此區塊的特徵。我們把它分成 A、B、C、D 四個部份是為了保留此區塊特徵之幾何型態。

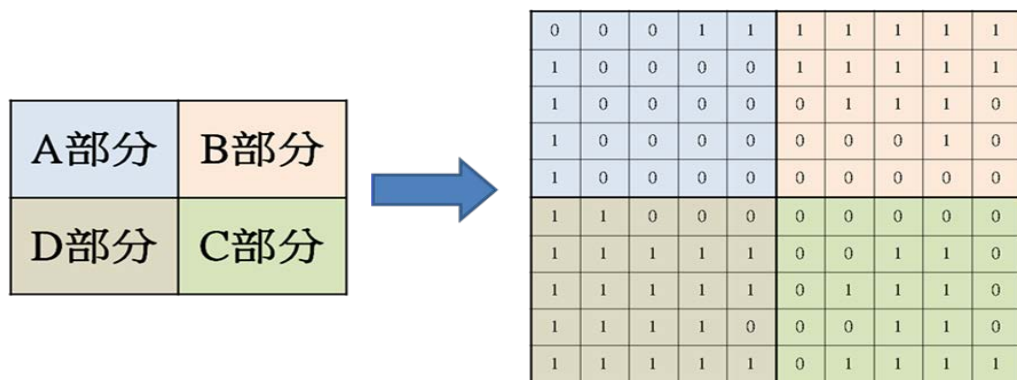


圖 3 區塊分割示意圖

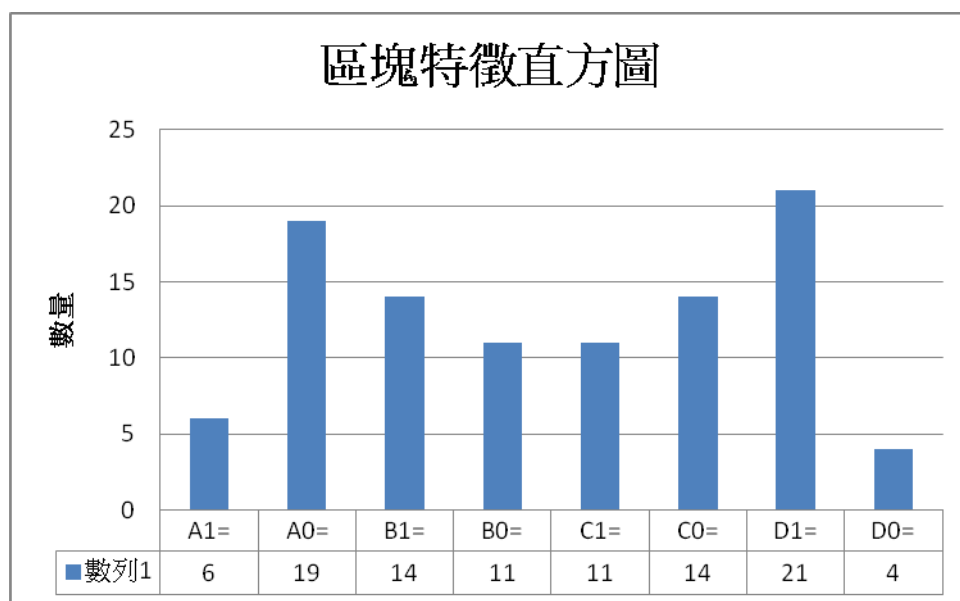


圖 4 區塊特徵直方圖

所以每個區塊都會擷取一個 8 個 bins 的直方圖來做為此區塊特徵的描述，這數量與 SIFT 描述法所產生的直方圖之 bins 的數量相同，不過由上述中可看出我們所提的影像描述法比 SIFT 來的簡單許多。接下來將利用實驗來比較本描述法與 SIFT 描述法，在不同的光照條件下進行影像比對之效能。

3. 實驗

本論文使用的影像資料是取自於「阿姆斯特丹圖書館物件影像資料庫」(the Amsterdam Library of Object Images database)簡稱「ALOI」彩色影像資料庫(Geusebroek, et al., 2005)；「ALOI」彩色影像資料庫的影像主要分為兩大類：光照色彩的改變以及光照角度變化，有 1000 組的物件影像，每組的物件表面特性不太相同，有的表面粗糙、有的表面光滑、有的表面佈滿紋理或者表面容易造成鏡射、漫射等。

「ALOI」彩色影像資料庫包含光照色彩的改變，圖 5 是 8 種不同的照明顏色，借由照明溫度的改變使照明色彩由紅光到白光的變化從(a)I110 的對照影像到(h)I250 影像其光線差異變化最大。

「ALOI」影像資料庫另一類是光照角度變化，圖 6 是 8 種不同的光照方向，(d)L5C1 的影像只開左邊角度的照明，(f)L3C1 的影像開中間角度的照明，(h)L1C1 的影像是開右邊角度的照明，(a)L8C1 的影像所有照明全開，所以光照角度變化以(a)L8C1 為對照影像；「ALOI」影像資料庫中有 1000 個不同表面特性的物件從粗糙表面到光滑表面，不同的表面特性對光照在物件上的反射也會有所不同，越光滑的物件，光的折射會越嚴重甚至形成亮點。

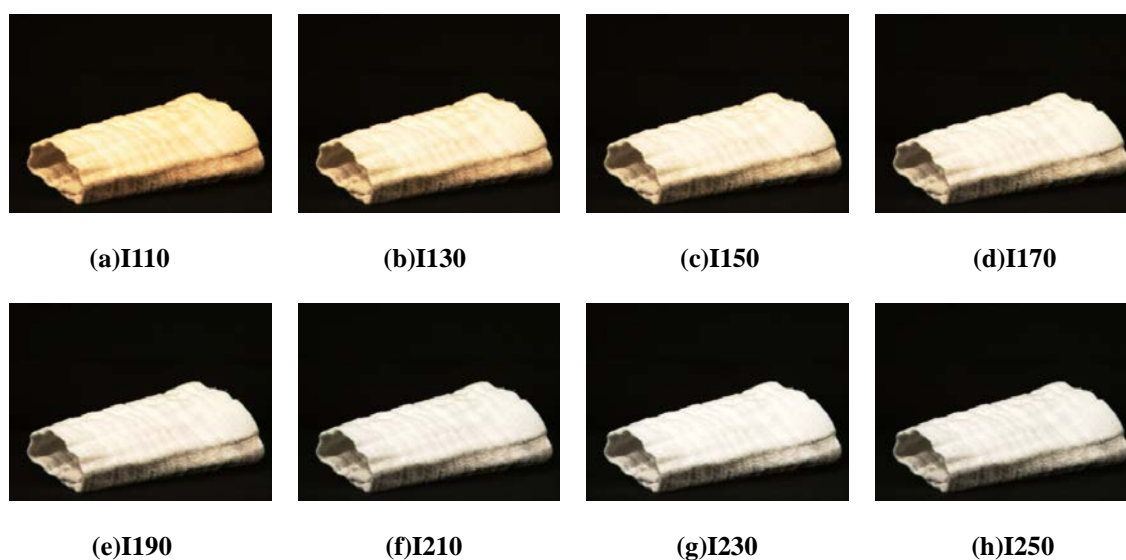


圖 5 「ALOI」影像資料庫中不同的光照色彩

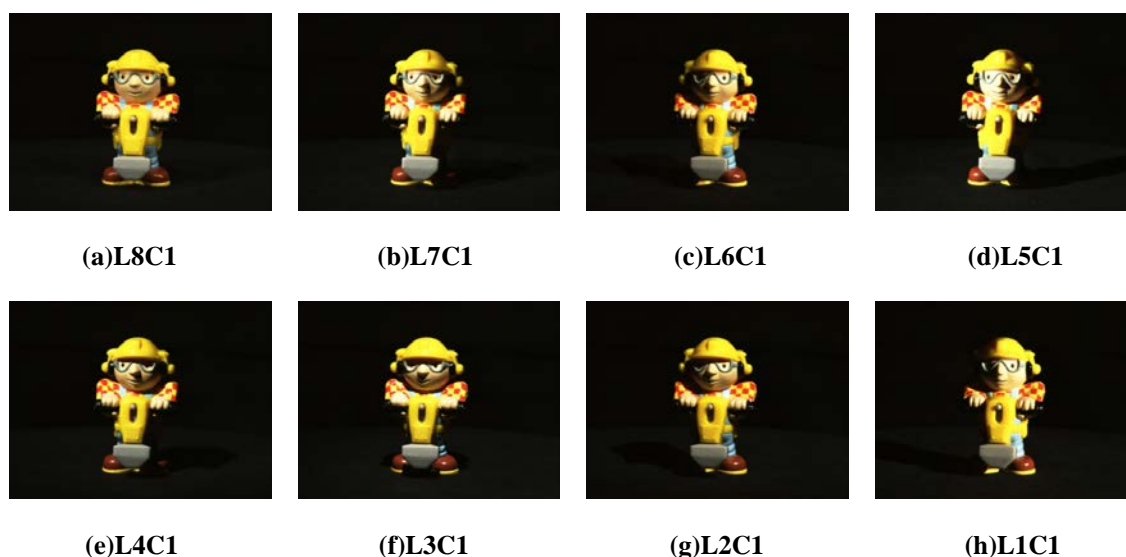


圖 6 「ALOI」影像資料庫中不同的光照角度

本研究對每一個影像，建立三個色彩描述的直方圖。首先，將影像中的物件從黑暗的背景分割出來和尺寸正規化為 160×160 像素，如圖 3-3。正規化之後的影像分割為 4×4 、 7×7 、 10×10 、 13×13 、 16×16 ；以 4×4 （16 個區塊）方格為例：每個單位包含 40×40 像素。接下來，計算每單位區塊中所有像素的色彩描述，用其描述值建立一個直方圖代表在每單位區塊的顏色特徵。最後將所有單位區塊直方圖連接的。我們將三個顏色分開來運算，分別為 R、G、B 三通道描述(3channels)，每個通道量化成 8bins。因此，以分割成 4×4 方格為例，最終描述的尺寸為 384 ($3\text{channels} \times 8\text{bins} \times 16\text{cells}$)。SIFT 描述法是每個通道使用 8 個方向 bins 以及描述維的度也是 384。建構一個描述，首先統計出來的單位長度正規化，正規化是將影響非常大的值，限制為不超過 0.2（閾值）(Lowe, 2004)，描述重整後正規化單位長度。影像比對是配對色彩描述所產生的直方圖。L1 直方圖之間的差異作為相似性度量。為一對 K-bins 直方圖 H1 和 H2 是距離：

$$L_1(H_1, H_2) = \sum_{i=1}^k |H_1(i) - H_2(i)| \quad (2)$$

以下是本研究的實驗數據與結果，有 2 個描述法，分別為：SIFT、本描述法兩種，我們用「ALOI」影像資料庫裡的 1000 組圖案下去做比較，每個描述法分為光照色彩組和光照方向組，每組各有一張正確率表。分割成 4×4、7×7、10×10、13×13、16×16 區塊的正確率比較表。

針對光照方向組我們以 11c1 為對照組，由實驗圖 7 中可以看到，在當切割區塊面積比較大(4×4、7×7)的時候，本描述法沒有比 SIFT 方法好。但在切割區塊面積較小(10×10、13×13、16×16)的區塊中已經具有與 SIFT 相抗衡的能力，並且在 16×16 的時候，已經有較好的明顯效果。這效果是正向的，現在的方法比較偏向利用局部影像描述，所以本描述法很適合用於局部影像描述中。

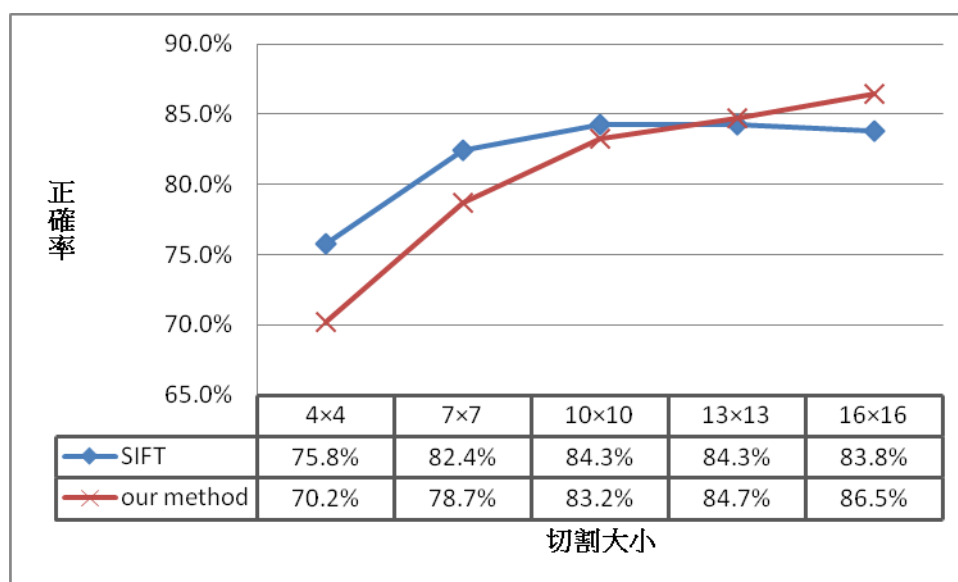


圖 7 光照方向組以 11c1 為對照組之平均折線圖

針對光照色彩組我們以 i250 為對照組，由實驗圖 8 中可以看到，光照色彩組的部分效果全部都很好，所以由此可以看出，SIFT 描述法與本描述法均不會因為光照顏色的改變而受影響。

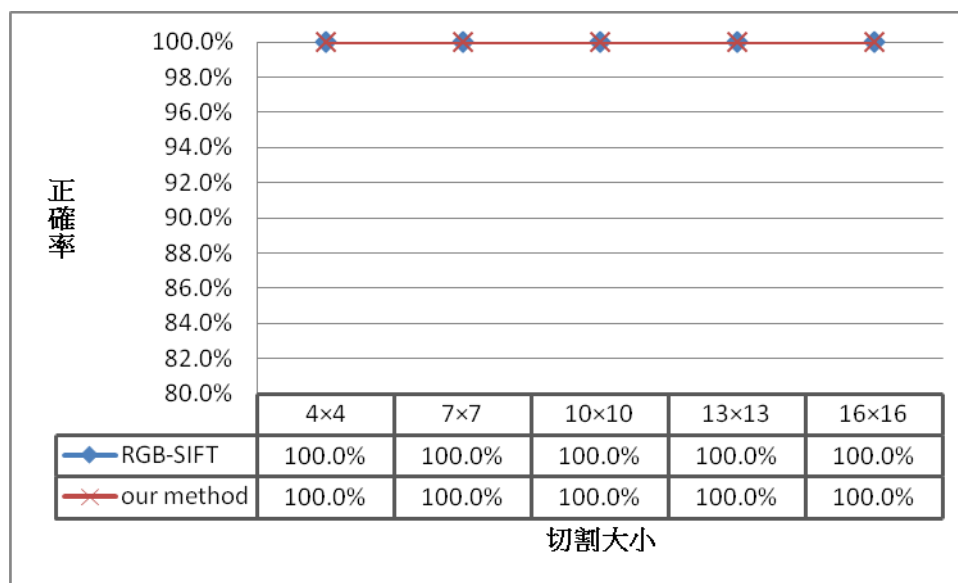


圖 8 光照色彩組以 i250 為對照組之平均折線圖

4. 結論

影像描述是很複雜的，觀察條件只要有一個要素些許的改變，將會導致整張影像描述發生很大的變化，例如光線照明的不同，處理這些外在的變化都是影像識別的一大考驗。因此本文中題出了一個新的影像描述方法，此方法不受光照顏色與光照方向的改變而影響。實驗結果顯示本描述法與目前最強健的 SIFT 描述法，有相同的辨識效果，甚至是當描述的區塊面積在 10×10 像素的時候，我們的辨識效果已經超過 SIFT 描述法。這效果是正向的，現在的方法比較偏向利用局部影像描述，所以本描述法很適合用於局部影像描述中。

本描述法的運算速度比 SIFT 描述法快一倍以上，因為本描述法的時間複雜度比 SIFT 的時間複雜度來的小很多，本描述法只需計算區塊平均以及大小比較，而 SIFT 的運算須統計每個像素的梯度方向以及強度，因此相較之下本描述法具有較短的運算時間亦可達到較高的正確率。

未來的研究方向將探討本描述法在不同視角與尺度的條件下之辨識效能。

參考文獻

王科植 (2007)。結合 Adaboost 與 SIFT 之手勢辨識系統。國立台灣大學資訊網路與多媒體研究所 碩士論文。

吳俊霖、陳彥良 (2006)。一個不同曝光時間影像序列之強健特徵導向影像定位法。中興大學資訊科學所。

張庭榮 (2008)。SIFT 演算法於立體對影像匹配與影像檢索應用之研究。高雄應用科技大學 碩士論文。

曾建樺 (2009)。使用尺度不變特徵法進行自走車系統之視覺定位與控制。朝陽科技大學資訊工程系 碩士論文。

黃漢哲 (2009)。SIFT 演算法應用於航測影像拼接之研究。國立中山大學海洋環境及工程學系 碩士論

文。

- A. Abdel-Hakim and A. Farag (2006). *CSIFT: a SIFT descriptor with color invariant characteristics*. in Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 1978-1983.
- D. Lowe (2004). *Distinctive image features from scale-invariant keypoints*. International Journal of Computer Vision, vol. 60, no. 2, pp. 91-110.
- G. Finlayson, S. Hordley and R. Xu (2005). *Convex Programming Colour Constancy with a Diagonal-Offset Model*. Proc. IEEE International Conference on Image Processing, pp. 948-951.
- J. Geusebroek, G. Burghouts and A. Smeulders (2005). *The Amsterdam library of object images*. International Journal of Computer Vision, vol. 61, no. 1, pp. 103-112.
- J. von Kries (1970). *Influence of Adaptation on the Effects Produced by Luminous Stimuli*. Sources of Color Vision, D.L. MacAdam, ed., MIT Press.
- K. Mikolajczyk and C. Schmid (2005). *A performance evaluation of local descriptors*. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 27, no. 10, pp. 1615-1630.
- K. Mughtar, C. Lin, L. Kang and C. Yeh, (2011). *Rubust Background Modeling Based on Multiscale Color Description*. Proceedings of Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPASC 2011) Xi'an, China.
- M. Shafer (1985). *Using Color to Seperate Reflection Components*. Color Research and Applications, vol. 10, no. 4, pp. 210-218.
- M. Swain and D. Ballard (1991). *Color indexing*. International Journal of Computer Vision, vol. 7, no. 1, pp. 11-32,.
- H. Ng, Y. Li and J. Chen (2012). *Evaluation of Color Descriptors for Image Matching Under Changing Illumination Conditions*, 2012 International Conference on Advanced Information Technologies and The Second National Conference on Web Intelligence and Applications (AIT / NCWIA).
- T. Rassem and B. Khoo (2011). *Object class recognition using combination of color SIFT descriptors*. in Proc. 2011 IEEE International Conference on Imaging Systems and Techniques (IST), pp. 290-295, 2011.
- Y. Cui, A. Pagani and D. Stricker (2010). *SIFT in perception-based color space*. in Proc. 2010 IEEE 17th International Conference on Image Processing, pp. 3909-3912.

Efficient Image Descriptors for Matching Under Different Illumination Conditions

Hung-Yu Liao^{1*} *Hui-Fuang Ng*² *Chih-Yang Lin*³

¹ Dept. of Computer Science and Information Engineering, Asia University

500, Lioufeng Rd., Wufeng, Taichung, Taiwan

*andy777333@hotmail.com

ABSTRACT

Image descriptors have been used extensively and successfully in many computer vision applications. However, object colors are sensitive to changes in illumination conditions such as lighting geometry and illumination color. Changes in the illumination of a scene can greatly affect the performance of image recognition if the image descriptors used are not robust to these changes. In this study, we propose an efficient image descriptor for image matching under changing illumination conditions. Experimental results show that the performance of the proposed descriptor is comparable to the SIFT descriptor, with much less computational complexity.

Keywords: Color Descriptors, SIFT, Image Matching, Illumination Changes