

複雜背景下相似融合度背景自動偵測演算法之研究

張基展¹ 胡少華² 馮宇廷³

^{1,2,3} 中山科學研究院

論文編號：3601-2

收稿 2014 年 10 月 29 日 → 第一次修訂 2014 年 11 月 28 日 → 第二次修訂 2014 年 12 月 29 日 → 同意
刊登 2015 年 02 月 13 日

摘要

本研究為發展透過比對相似度找尋相似背景之演算法，以快速而準確地偵測出複雜背景下之相似背景。本研究一開始先取得欲偵測背景之數位影像，接著利用影像中的位置資訊進行影像分割，將一大範圍背景影像切割為人形大小左右的小範圍影像，然後透過各小範圍影像特徵值像素比對，找出欲想要融合度範圍內最大的相似度背景位置，並進行整張背景所有相似融合度位置之標定。本研究利用此自行開發之演算法，應用於複雜背景之數位影像上，證明能快速且正確地偵測出相似融合度的區域。

關鍵詞：演算法、背景、融合度

A Similar Similarity Background Auto-Detection Algorithm for Complex Backgrounds

¹Chan-Chang Chi, ²Shao-Hwa Hu, ³Yu-Ting Feng

^{1,2,3} Chung Shan Institute of Science and Technology

Abstract

The study presents an algorithm for auto-detecting similar similarity background in complex backgrounds. This algorithm includes certain techniques such as similarity calculation and image separation technology. First, we take the background images, and divide the images into many human shape size regions. Then a similarity calculation is used to find out the regions that have higher similarity. Finally, all areas of background are calculated to find the region we demand. The results of several background images show that the proposed algorithm works efficiently and accurately for the same similarity regions in complex backgrounds.

Keywords: algorithm, background, similarity

Relevance to National Defense: The study could benefit the research of camouflage assessment, especially how to identify the similar similarity region of complex background. From the result, we could know that it could apply to design camouflage evaluation stimulus and prevent time wasting and accuracy problem.

壹、前言

現今偽裝效能主流評價方式大致區分數值圖像紋理分析法(Birkemark,1999; Xu et al., 2002)與主觀評量法(Doll and Schmieder,1993)，但不管使用哪種方法進行評估，目前均避免使用觀察者參與現場實地評估，而北大西洋公約組織研究技術任務組(North Atlantic Treaty Organization, Research and Technology Organization)發展影像刺激(Photosimulation)後，影像刺激測試法其後就廣泛被應用於軍事偽裝驗證(Hogervorst et al., 2010)中，此方法的優點為在易於控制的環境條件下來獲得迷彩性能，以及將外面環境帶給觀察者，而不需要帶觀察者到外面，減少環境對觀察者的衝擊，由於所有受測者在完全相同的環境條件下進行測試，亦可依實驗需求設計目標物距離遠近、順序等資料，故可以提升實驗複雜性以產生較大量的統計資料，此種方式可大大降低實驗成本、減少實驗時間的浪費與提高統計結果的可信度。但影像刺激法在迷彩驗證使用上亦有其限制，以往只能將迷彩放置背景影像中央，並且只能在相同位置上不斷改變距離，以確定在相同背景條件下測試，故在複雜背景下，如何快速找到背景相似位置做為迷彩測試之基準，是一個重要的課題。

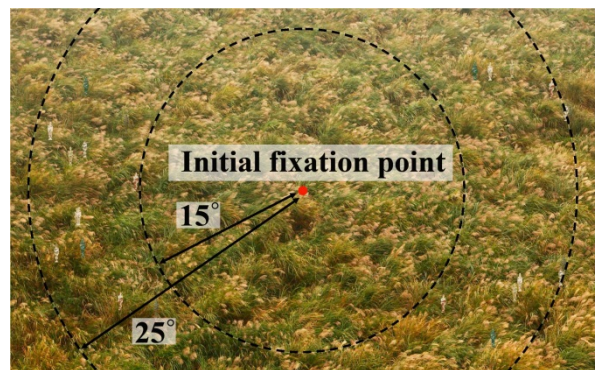
貳、文獻探討

從以往迷彩影像刺激測試法文獻中發現，影像刺激測試法中為求背景條件一致，迷彩大多均只能放在單一背景單一位置上進行迷彩效能實驗，如圖一所示(U.S. army Natick Soldier Research, 2009)。此種迷彩評估實驗在執行迷彩驗證時，較難避免受測者對反覆出現迷彩之相同位置產生之預期心理，造成不易判斷出迷彩的績效，亦或預期心理的影響，所以影響整個評估的準確性。



圖一、單一背景位置迷彩評估實驗
(資料來源: U.S. army Natick Soldier Research, 2009)

之後雖有提出「不同位置出現的迷彩人形」作為視覺刺激物之實驗，如圖二所示，但目前文獻發表上也僅能放置四個位置上(Lin et al., 2014)，事實上四個位置也必須不斷用人眼與迷彩融合度軟體不斷進行交互演算，才有機會可以確定該迷彩在四個位置背景均在相同融合度基準上，但這種方式花費大量時間進行人眼與電腦運算，而且僅適用於背景單純環境上，例如純沙漠或純草地場景。



圖二、四個背景位置迷彩評估實驗
(資料來源: Lin et al., 2014)

由此可知若要用影像刺激測試法進行更接近實戰場景有效評估，就必須克服複雜換境下如何找到相同背景特徵條件的位置，並且要減少人眼評估與數值計算上時間的浪費，而以往文獻大多著重實驗背景獲取，亦即在影像刺激上全程導入 ICC Profile (International Color Consortium Profile, ICC 色彩特性文件，廣泛用於色彩

管理，以實現讓顏色在設備和影像檔之間保持一致，從而在目標設備上提供最佳的色彩表現)系統進行顏色控制，使影像記錄(相機拍攝)到輸出顏色(螢幕輸出)均控制在一定色差範圍，而甚少討論如何在一張複雜影像中找尋多少數量相似場景，雖說研究複雜背景相似融合度研究文獻甚少，但從迷彩效能驗證的實驗中可以發現，大多實驗背景影像取得，均有實戰需求和條件做為設計開端，以美軍迷彩驗證實驗為例，其背景影像距離就有 25m、50m、75m (U.S. army Natick Soldier Research, 2009)，均涵蓋各式長短射擊兵器有效設計距離，並且迷彩人型設計均按一般美軍士兵平均身高做為設計，故若要發展有效演算方式，也必須從實際戰場條件著手。

參、演算法說明

以往戰場迷彩驗證研究 (North Atlantic Treaty Organization, 2006; Chang et al., 2012)，往往主要是探討迷彩與背景之相似度或命中率，但是從研究中常可發現，迷彩放置的位置僅是背景影像中幾個特定位置點，若將迷彩放置位置改變，迷彩效果就會大為改變，而一張背景影像可放置位置何其多，迷彩驗證研究亦不可能全部位置都放置後再進行大規模實驗，若要有效了解迷彩對某背景有效程度，首先就得對背景進行分析與分類。而本研究就是透過發展複雜背景下相似融合度背景自動偵測演算法，對背景進行分類，找出對應某背景影像最大相似位置數量，若迷彩效果能滿足這些位置，就可量化迷彩有效位置數量，可進一步了解迷彩在不同作戰場景之優缺點與使用限制。

由於本研究的主要目的是發展複雜背景下相似融合度背景自動偵測演算法，所以必須先找出一套適合用來定義融合度之演算方式，並且此計算方式又要符合人眼特徵，從以往眼動驗證迷彩研究文獻中曾提出 (Lin, et al., 2014)，迷彩目標影響生存率與偵測時間主要分為迷彩對人眼的偵測力與辨識力，偵測力主要由迷彩對背景的顏色與亮度差異，而辨識力主要由迷彩紋理或色塊分佈表示，其中又以偵測力影響

最大，故提出若要設計較佳的迷彩，必須降低迷彩與背景亮度及顏色差異，由此可知若要設計符合人眼知覺較佳融合度，必須從顏色與亮度進行設計，而由於色彩學用來計算色彩空間理論很多，有 RGB、CIE XYZ、CIE Lab 等等，故要能同時兼顧顏色與亮度之色彩空間很重要，由於 RGB 色彩空間本身即包含了顏色與亮度資訊，而其他色彩空間大多顏色與亮度獨立，所以本文提出基於圖形顏色 RGB 直方圖的融和度的度量的方法，並將演算法用 Matlab 實現。圖形顏色的直方圖定義為假設： $S(X_i)$ 為圖片 I 中某一特徵值 X_i 的像素個數， n 表示為 I 影像中像素的總數，並對 $S(X_i)$ 作歸一化處理可得：

$$h(X_i) = \frac{S(X_i)}{n} \quad (1)$$

此特徵值在 RGB 色彩空間中，分別代表 R、G、B 的三個灰階分量，所以 RGB 三色彩空間可表示：

$$\begin{aligned} h_r(X_i) &= \frac{S_r(X_i)}{n}; \\ h_g(X_i) &= \frac{S_g(X_i)}{n}; \\ h_b(X_i) &= \frac{S_b(X_i)}{n} \end{aligned} \quad (2)$$

在數據處理上與運算速度上為避免耗用資源與時間，本文提出對 RGB 三色通道進行獨立運算，故以一維運算維數為基礎進行設計，所以影像 I 在 RGB 色彩空間直方圖表示為：

$$H(X_i) = (h_r(X_i), h_g(X_i), h_b(X_i)) \quad (3)$$

若兩幅影像為 J、K，則兩幅影像相對應的直方圖表示式為 $H_J(X_i)$ 與 $H_K(X_i)$ ，本文利用兩幅相片單點 RGB 影像差值對比該點最大值，找出該點影像值之變異幅度，若兩幅影像在該點無變異，該點最大值為 100%，若變異最大，該值就為 0%，總和兩章影像所有差異平均值就是融合度，以下為融合度公式：

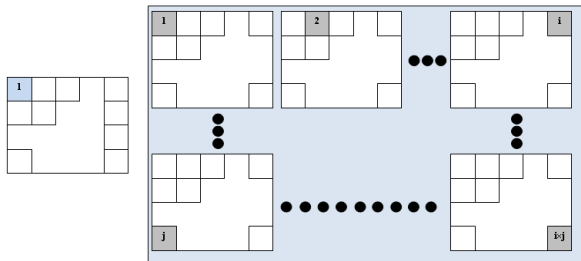
$$Sim(J, K) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{|H_J(X_i) - H_K(X_i)|}{Max(H_J(X_i), H_K(X_i))} \right) \times 100\% \quad (4)$$

其中

$$\begin{aligned} |H_J(X_i) - H_K(X_i)| &= (|h_{Jr}(X_i) - h_{Kr}(X_i)|, \\ &|h_{Jg}(X_i) - h_{Kg}(X_i)|, |h_{Jb}(X_i) - h_{Kb}(X_i)|) \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} Max(H_J(X_i), H_K(X_i)) &= \\ &(Max(h_{Jr}(X_i), h_{Kr}(X_i)), Max(h_{Jg}(X_i), h_{Kg}(X_i)), \\ &Max(h_{Jb}(X_i), h_{Kb}(X_i))) \end{aligned} \quad (6)$$

完成融合度公式後，還必須以實際戰場條件進行演算方式設計，本文就以往發表之戰場迷彩驗證論文為基礎，進行演算法設計。以 50m 標準射擊距離，170cm 人形做為影像設計的模型(螢幕顯示為 20 pixels×80 pixels)。若要考慮到在某一複雜背景中所有可以躲藏此一大小的的人形位置，就得將此一背景切割為相同人形大小的不同區塊做為分析基礎，並且使用全域區塊比對法，這種方法是將所有分割網格影像中，和其自身相比，如圖三所示，全域比對的過程是以局部分割網格(20 pixels×80 pixels)對比影像所有分割網格，自左向右，由上到下一塊一塊的比對。此搜尋法因為搜尋了所有的網格區塊，所以能找到整張影像中最相似的區塊位置。本搜尋法再輔以上述融合度計算方式，即可找到本身所需要相似融合度所有位置，在本研究中我們使用融合度大於 85% 為例，進行後續相似融合度位置搜尋工作。



圖三、全域區塊比對法示意圖

肆、實驗驗證

一、實驗場景

本次研究影像以 Canon 5D Mark II 進行拍攝，並以 ICC Profile 系統進行顏色

控制，使影像記錄(相機拍攝)到輸出顏色(螢幕輸出)均控制在一定色差範圍，並以於現場放置參考高度方式校正影像距離，本次影像為模擬 50 公尺距離場景，分別以叢林，岩石海岸地形，沙岸地形進行分析，並以 Matlab 程式撰寫並測試本演算法計算結果，三種影像如圖四~六所示。



圖四、叢林地形



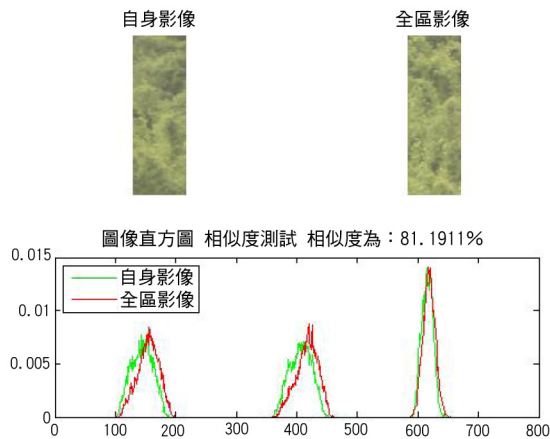
圖五、岩石海岸地形



圖六、沙岸地形

三種影像大小均為 1920 pixels×1200 pixels，所以首先須先進行全域區塊比對法，亦即將影像進行分割成 20 pixels×80

pixels 大小，所以每張影像均分割成 96×15 共計 1440 個網格，再利用 RGB 直方圖的融和度進行網格區塊與網格區塊計算，如圖七所示。而此計算主要是要能夠顯現出兩個區塊之量化之相似程度，如圖七。並且透過不斷對全域分割網格進行計算與判斷，即可找出所欲融合度下最大相似背景之位置。

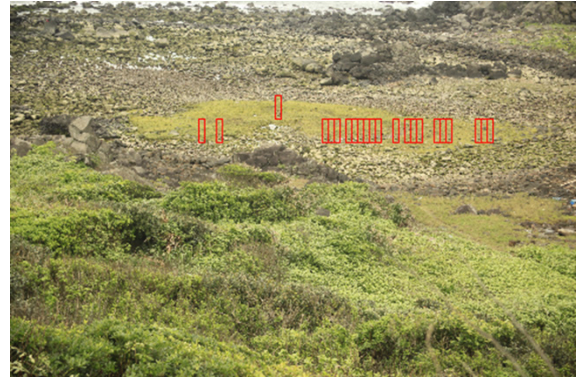


圖七、RGB 直方圖融和度計算

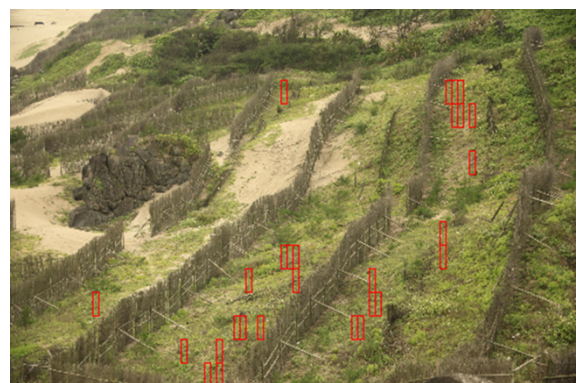
本研究應用融合度演算法與全域區塊比對法，研究結果發現這兩項演算法可將全幅影像納入計算，並可標定所有需求融合度的位置，如圖八~十所示。從圖中紅框顯示部分即為圖中相似度大於 85% 的區塊，故使用此種方法可找出指定相似度位置區塊。



圖八、叢林地形所有融合度大於 85% 區塊標定示意圖



圖九、岩石海岸地形所有融合度大於 85% 區塊標定示意圖



圖十、沙岸地形所有融合度大於 85% 區塊標定示意圖

二、實驗驗證

(一) 受測者

為瞭解所提出融合度計算之準確性，採取實際以人眼進行初步影像相似度比對測試，以 10 位年齡介於 28~31 歲中科院男性替代役與技術員作為受測者進行影像搜尋與判斷，並且受測者均無眼疾或辨色力異常。

(二) 實驗設備

實驗刺激軟體設計部分，針對三種地形進行相對相似度實驗，主要使用 Matlab 將圖八~十計算出最相似(85~86%)位置中隨機取 10 個位置，以擁有最大融合度數量之位置影像取代這 10 個位置。硬體部分使用 27 吋顯示器，採用聯想 X230 作運算處理，以 Photoshop 繪圖軟體作為興趣目標區資料蒐集之軟體，亦為作為執行實驗流程的介面，提供受測者確認是否為目標物。

(三) 實驗步驟

本實驗以個別施測方式進行，測驗時

間約在 9 分鐘之間。研究者會先告訴受試者：「本次實驗目的為辨識重複出現的影像，當實驗開始時，請你將慣用手放在滑鼠上，然後會出現圖片，並且圖中重複影像 10 處，並請你利用視覺判斷重複影像的位置，並且用滑鼠標定其位置，本實驗每張影像時間限制 3 分鐘，請仔細確定後選擇位置，希望你不要隨便猜測重複位置，若判斷不出來可以向實驗人員表達結束這個影像的實驗，測試影像如圖十一~十三。



圖十一、叢林地形測試影像



圖十二、岩石海岸地形測試影像



圖十三、沙岸地形測試影像示意圖

正式施測前會讓受試者進行練習，練習階段中，施測者所使用之範本為 5% 融合度以下的位置 10 個影像讓受測者辨識並標定，如圖十四所示，並且施測者同正式實驗狀態，俟受測者全部練習影像刺激位置均判斷出來，才開始正式施測，正式施測情況如圖十五。螢幕每次呈現一種影像刺激，受試者完成實驗後均可休息，依受測者本身狀況調整休息時間，俟 3 張刺激影像均完成後，施測即告結束。



圖十四、練習用之實驗刺激

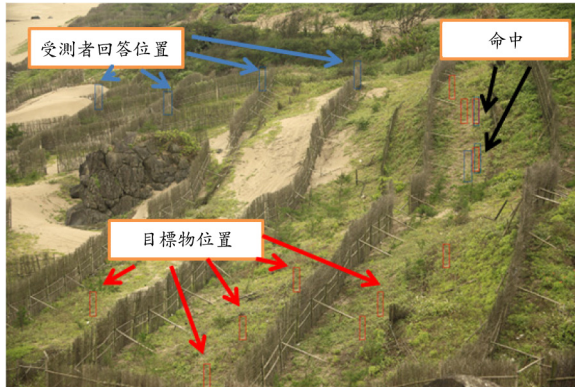


圖十五、正式測試情況圖

伍、結果與討論

本研究以正確率作為檢驗搜尋績效影響效力，正確率為命中數除以總數，在此每張影像目標數為 10，並加總所有受測者之正確率後取平均數作為統計方法。本實驗中我們使用 Photoshop 之影像重疊功能作為數據處理之工具，將受測者回答之結果(藍色外框)與目標物位置(紅色外框)

進行比對，若紅框與藍框重合代表命中，以圖十六為例重合 2 處，故命中數為 2，正確率為 20% (正確率=命中數(2)/總數(10)*100%)，綜合所有人之影像正確率，即為平均正確率。



圖十六、命中數計算示意圖

實驗所得參數-正確率為受測者發現目標物位置並且答對次數，正確率愈低表示此背景因相似度太高而被發現程度愈低，並以此做為確認 RGB 直方圖融合度演算法準確度的驗證對照基準。彙整 3 張影像測試結果與平均正確率關係，如表一，實驗結果可知，三種地形下，插入最多相似度之位置影像於其他位置中，受測者很難辨識其不同，亦代表其相似度已足夠高，故融合度計算法有其預期效果。

表一、影像測試平均正確率

受測者\地形	叢林	岩石海岸	沙岸
	正確率(%)	正確率(%)	正確率(%)
受測者 1	0	10	10
受測者 2	0	10	30
受測者 3	20	0	0
受測者 4	0	10	20
受測者 5	30	20	0
受測者 6	10	10	0
受測者 7	40	50	20

受測者 8	0	20	20
受測者 9	0	10	20
受測者 10	30	10	20
平均正確率	13	15	14

陸、結論

本研究透過以往人眼對迷彩融合度所得基礎，發展以偵測力為主之 RGB 直方圖融合度演算法與全域區塊比對演算法，初步提出一套數值化背景相似度搜尋架構，因本次研究首重提出一套合理並且可行之演算方式，雖有以往人因研究基礎，並實際以受測者驗證數值運算結果與人眼結果相符，但因本實驗為隨機抽選 10 個位置於一張影像中呈現，若以每張位置個別呈現或搭配眼動儀進行實驗，將可更了解融合度於人眼驗證效果。本研究所得結果可應用於影像刺激法之迷彩效能背景設計，並且更能不受限於背景複雜程度，可以更接近戰場實況進行迷彩驗證設計。而本研究亦有所限制，此演算法對於自然背景效果較佳，如圖七所示，因自然界影像頻譜分布較為均勻，但若使用於人造場景，其頻譜較侷限於單一化，計算上亦會失去準確性。

柒、於國防管理之實務運用

本研究主要用於軍事迷彩設計中驗證階段，尤其迷彩之優劣程度與背景是息息相關，而背景選定上主要是根據接戰想定地點，所以迷彩設計後就應根據想定地點進行驗證，但因所有自然背景均有其複雜性，一個迷彩要符合背景所有位置基本上非常困難，本演算法提供一個簡單且快速計算方式，可以將背景相似部分做計算並區分出來，未來進行迷彩驗證時即可知道迷彩效能可以在此背景中有多少處適用，亦可進而了解迷彩使用上的限制。

參考文獻

- Birkemark, C. M., 1999. CAMEVA, A Methodology for Computerised Evaluation of Camouflage Effectiveness and Estimation of Target Detectability, *SPIE*, 3699.
- Chang, C. C., Lee, Y. H., Lin, C. J., Liu, B. S., and Shih, Y. C., 2012. Visual assessment of camouflaged targets with different background similarities, *Percept. Motor Skill*, 114, 527-541.
- Lin, J. C. S., Chang, C. C., Lee, Y. H., 2014. Evaluating camouflage design using eye movement data, *Applied Ergonomics*, 45(3), 714-723.
- Doll, T. J., Schmieder, D. E., 1993. Observer false alarm effects on detection in clutter, *Opt. Eng.*, 1675-1684.
- Hogervorst, M. A., Toet A., Jacobs, P., 2010. Design and evaluation of (urban) camouflage, In K. A. Krapels (Chair), *Infrared Imaging Systems: Design, Analysis, Modeling, and Testing XXI. Modeling Non-thermal Imaging Systems II*, Orlando, Florida.
- North Atlantic Treaty Organization., Guidelines for Camouflage Assessment Using Observers (RTO-AG-SCI-095), Retrieved from <http://www.sti.nasa.gov/Pubs/star/Star.html> (2006).
- U. S. army Natick Soldier Research, 2009. Photosimulation camouflage detection test. Massachusetts 01760-5020. Retrieved from <http://zh.scribd.com/doc/19823845/Photosimulation-Camouflage-Detection-Test>.
- Xu, W., X., Chen, L. B., Xue, S., 2002. A Model Based on Texture Analysis for the Performance Evaluation of Camouflage Screen Equipment, *ACTA ARMAMENTARII*, 23.

