

國立台北大學資訊工程學系專題報告

SET! 桌遊之人機互動電腦視覺智慧辨識

專題組員:莊于萱、王乙如、謝勻詒、林鈺璇

專題編號:ntpucsie-103-006

執行期間:103 年 9 月 至 104 年 6 月

1. 摘要

影像辨識在電腦圖學的領域已發展了許多年，有許多方面的應用，例如車牌辨識、人臉辨識等都有非常多的研究。而桌上型遊戲是一種具有高互動性並兼具腦力益智的休閒娛樂，若能將電腦辨識與桌上型遊戲結合，可帶來另一種全新的遊戲體驗。本計劃以桌上型卡牌遊戲-SET 為研究對象，利用 Webcam 擷取桌上卡牌影像，經電腦做即時辨識圖像的顏色、形狀、個數和內含物，運用對比度的調整和 Otsu 演算法動態尋找最佳的二值化閾值，以解決光線造成圖像二值化後的破損，利用 Connected Component 演算法判斷桌上卡牌的個數及卡牌內的圖像個數，且運用 HSV 以辨識圖像的顏色。除此之外，建立卡牌資料庫及邊緣偵測的方式以判斷圖像的形狀及內含物，最後結合遊戲規則演算法，實現電腦與玩家面對面的對戰互動。

2. 簡介

我們看到美國益智節目 jeopardy 的問答比賽中，IBM 所設計的電腦“華生”一舉擊敗了前兩屆的問答冠軍拿下第一名，而在此之前 IBM 設計的另外一台電腦“深藍”也曾在電視上打敗全球西洋棋冠軍，我們希望也能藉由

影像的辨識，寫出一個程式能讓電腦與我們互動遊戲、增加趣味性。

而影像辨識的過程中往往有許多外在的因素干擾，影響辨識結果的正確性，例如：光線、角度、距離等，故影像的前置處理是辨識的關鍵，本計劃著重於影像雜訊的去除及圖像的特徵顯現及讓電腦程式實現遊戲規則的邏輯，來達成對戰的目標。

3. 專題進行方式

3.1 系統情境概述

本計畫所需的主要硬體設備為一台電腦及一台攝影機（Webcam）。Webcam 以支架懸架於桌遊卡牌放置台上約 50 公分處，垂直照射桌面，桌面以黑布為底，以突顯白底的卡牌(如圖 1)。以及五個按鈕連接 Makey Makey，以實現玩家彼此間的搶答。



圖 1: 硬體架構示意圖

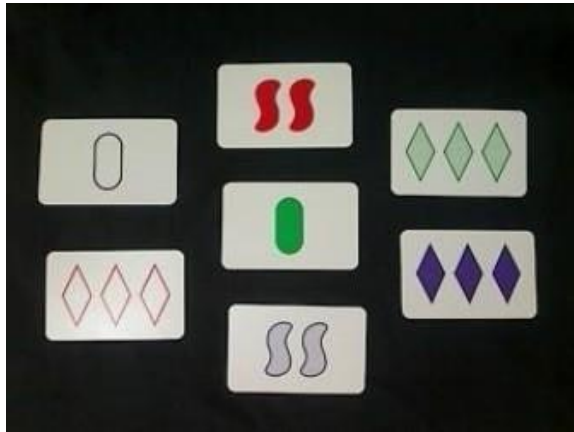


圖 2: 攝影機擷取桌上卡牌之畫面

3.2 系統設計流程

本計劃卡牌辨識流程如圖 3。首先，利用 webcam 捕捉桌面上卡牌影像，並開始進行辨識卡牌步驟。辨識第一步驟，先將影像中所的所有卡牌個別擷取出來，第二步驟，辨識個別卡牌內的圖形如圖 2，依照顏色(紅、綠、紫)、個數(一個、兩個、三個)、形狀(橢圓形、菱形、曲形)、填充(空心、斜線、實心)個別辨識，故共有 $3 \times 3 \times 3 \times 3 = 81$ 種不同的卡牌。辨識步驟完成後，再將個別卡牌的圖形資訊傳入遊戲規則演算法，進行配對。若有找出 set 配對，便開始遊戲，讓玩家開始搶答;若無 set 配對，則告知發牌者補牌，並回到 webcam 捕捉桌面上卡牌影像步驟。

本計劃的遊戲規則流程圖如圖 4。首先，四位玩家須背對桌子就位，發牌員會在桌面上發放 12 張卡牌，放完後裁判在每一回合開始前先選擇電腦玩家強度，(即電腦玩家的反應時間)，選擇完畢裁判按下 START 鍵，開始後玩家即可轉身開始找尋 SET 組合。有兩種情況，一則若玩家發現 SET 組合，可按下搶答鈕，電腦會朗讀該

玩家的名字，玩家可將此 SET 組從桌面拿起，裁判按下 CHECK 鈕後，電腦會進行檢查 SET 牌組是否正確，若正確則該玩家獲得一分，且發牌員必須於桌面補上三張新的卡牌，若發現不正確，則該玩家須把三張卡牌放回桌面上，且電腦會使該玩家的按鈕再接下來的兩回合失效，使該玩家無法進行搶答。另一種情況是在設定的時間內若無玩家搶答，電腦玩家也會自行搶答，在螢幕上將找到的 SET 組以紅框圈起，發牌員必須把電腦玩家找到的 SET 組拿起並補上新的三張牌。此時一回合即結束，開始新的一回合，依此規則進行下去，幾回合後，當卡牌庫的卡牌發完時，遊戲即結束，裁

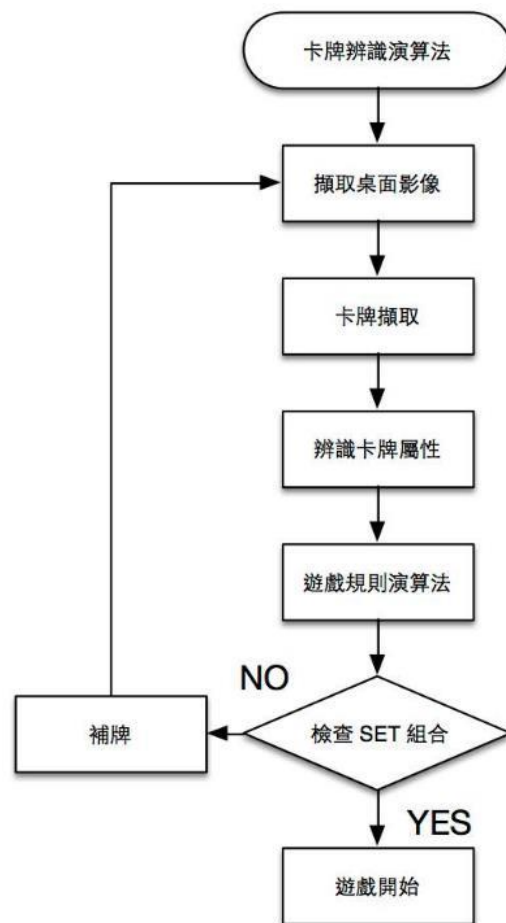


圖 3: 卡牌辨識流程圖

判按下 END 鍵後，電腦將依據各位玩家得分，選出得分最高者，並宣告勝利者。

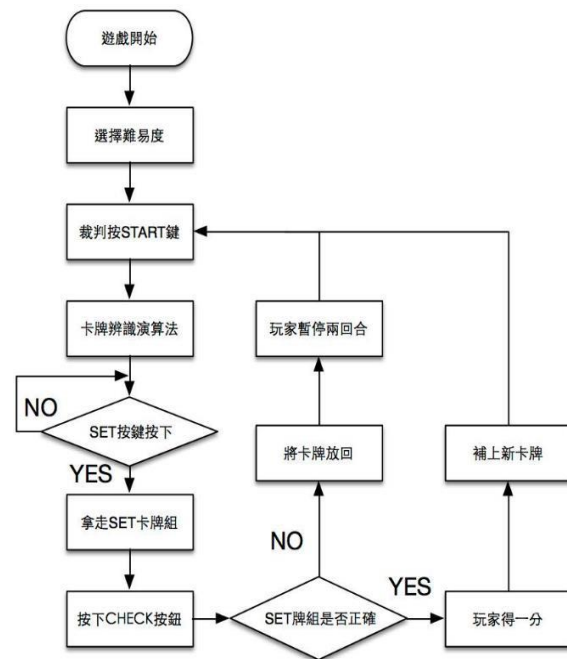


圖 4：遊戲規則流程圖

3.3 Makey Makey

在環境設備部分我們還運用到了 makey makey，藉由 makey makey 可連接導電的東西，使它成為相對應鍵盤或觸控板。在我們的桌上型辨識桌遊部分，我們將五個按鈕與 makey makey 作連接，當玩家按下搶答鈕時，經由 makey makey 傳訊號至電腦端，再以鍵盤事件可判斷是哪位玩家按下了搶答鈕，或是裁判按下了 check 鈕。例如：玩家的搶答鈕相對應至鍵盤的 w、a、s、d 鍵，而 check 鈕則相對應至 f 鍵。

3.4 擷取桌面上各個卡牌

將初始影像灰階化再調整影像的對比度[1-2]，以避免卡牌反光可能造成二值化時的圖形破損[3-4]。接著利用 Otsu[5-6]自動尋找二值化閾值法，

將影像二值化。根據：

$$\sigma_b^2 = \omega_0(\mu_0 - \mu)^2 + \omega_1(\mu_1 - \mu)^2 \quad (1)$$

所算出的最大值即是我們所需的二值化閾值， ω_0 為第一群的機率值、 μ_0 為第一群的灰階平均值、 ω_1 為第二群的機率值、 μ_1 為第二群的灰階平均值、

μ 為整個分布的灰階平均值、 σ_b^2 為群間變異數變異數[7-9]。

最後利用 8-ways connected component 將卡牌 label 標記出來[10-12]，如圖 5。



圖 5：將不同 label 的 pixel 以不同顏色顯現出來

最後，依照相同 label 的 pixel 將卡牌的原始影像擷取出來[13-14]，但卡牌可能會放置歪斜，故須先做卡牌角度的調整，如圖 6。

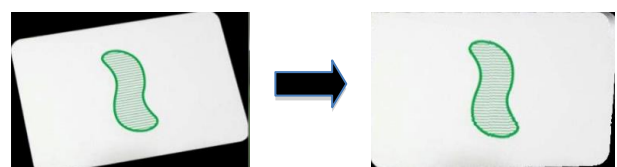


圖 6：調整所截取出卡牌的角度

此外，原始影像可能受光線影響，因此卡牌的背景不一定為全白色，為了不影響辨識卡牌的圖形，必須將圖形以外的背景全淹成白色。而將背景淹成白色的方法也是利用 Otsu 自動尋找閾值的方法，若 pixel 值小於閾值，則變為白色；若 pixel 值大於閾值，則保持原色[15]，如圖 7。

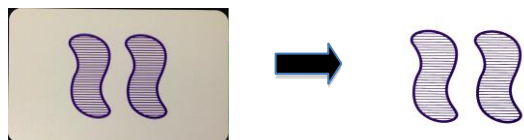


圖 7: 將所截取出卡牌的背景變為全白

3.5 辨識卡牌圖形之顏色、個數、形狀及填充

辨識顏色方面，首先必須先將 RGB 轉為 HSV，因 R、G、B 三個資料的關聯性高，很難明確判斷出顏色之間的差異，利用 HSV 方法辨識，可更清楚顯現卡牌的色相、亮度，而飽合度對於顏色改變較無影響力，因此我們藉由 H、S 來辨識顏色，如此一來，辨識不僅變得較為方便，正確性也會提高[16-17]。

辨識個數方面，利用與『4.3 擷取桌面上各個卡牌』相同之 8-waysconnected component 方法，label 出圖形的個數，並記錄每張卡牌的標記數，及為圖形的個數，並將圖形擷取出來，如圖 8。



圖 8: 將卡牌內的圖形擷取出來

辨識形狀方面，先建立卡牌資料庫如圖 9，利用擷取出來的圖形與資料庫的圖形皆二值化後比對，將兩張圖重疊，將 pixel 的值相減，以判斷形狀與資料庫何者相近，及為何種形狀，如圖 10。

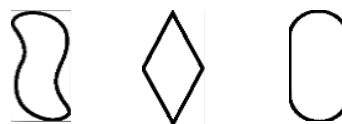


圖 9: 形狀資料庫



圖 10: 擷取出來的圖形與資料庫重疊
比對

辨識填充方面，再所擷取出來的圖形的圖形中心寬與高各 1/3 的區塊與資料庫比對，若為空心，區塊內的黑色 pixel 個數為 0，斜線次多，實心最多，如圖 11。但若用此方法，當斜線的卡牌被光線照射所導致破損，可能會導致判斷為空心，故尚須利用邊緣偵測，將圖形內的斜線凸顯出來，以區別填充為空心或斜線，如圖 12。

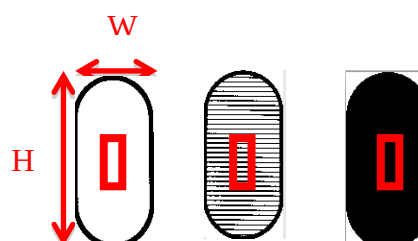


圖 11: 圖形中心寬、高各 1/3 的
區塊



圖 12:邊緣偵測的結果

3.5 遊戲規則演算法

3.5.1 SET 遊戲規則

若出現三張牌的顏色皆不同、形狀皆不同、個數皆不同、填充皆不同，就為一個『set』，如圖 13。

- i. 將 81 張牌洗混為牌庫，翻出 12 張牌放置桌面上。
- ii. 每當玩家發現一組 set，他必須大喊“set”（此時所有玩家必須暫停），並把 set 組合的三張牌從桌面上挑出，便獲得 1 分，再從牌庫發 3 張補到桌面上。
- iii. 若玩家挑錯 set 組合，則扣 1 分，並將挑錯的牌歸回桌面上（原處）。
- iv. 若桌面上所有牌都無法構成 set 組合，則從牌庫發新的 3 張牌補到桌面上（共 15 張），當下次發現 set 時不再補 3 張牌，使桌面上維持 12 張牌。



圖 13: set 範例

3.5.2 遊戲規則基礎演算法

基礎演算法致力於以最快速找出 set 組合，即為「最快解」。在此定義卡牌的“屬性”有：紅色、紫色、綠色、橢圓、菱形、曲形、一個、兩個、三個、空心、斜線、實心，共有 12 種屬

性。

首先，統計桌上所有卡牌的屬性，將屬性最少的卡牌先鎖定為 set 組合所要找的第一張，例如（如圖 14），桌上為紅色屬性的卡牌只有 1 張，其他 11 種屬性皆為 2 張以上，故紅色屬性為最少，將有紅色屬性的卡牌當作所要找的第一張，若此張無法搭配其他卡牌構成 set 組合，則其他卡牌也無法構成 set 組合，無需繼續搜尋。

搜尋構成 set 組合的第二張卡牌，由與第一張卡牌的屬性完全不同的卡牌來鎖定，檢查是否在桌面上，例如，若鎖定紅色、菱形、2 個、斜線這張卡牌為第一張，則第二張只需搜尋如表 1，此 16 種卡牌是否有在桌上即可。而當搜尋構成 set 組合的第三張卡牌時，發現與第一張和第二張的屬性皆不同的卡牌在搜尋第二張時已搜索過，故原搜尋第二張的方法（搜尋 16 種卡牌）可改成先搜尋 8 種卡牌即可，如表 2，再針對第二張有在桌面上的卡牌，搜索第三張是否也在桌面上即可，此方法即為最快解。而在玩家與電腦對戰時，電腦所顯示的即為最佳解，是人腦無法快速找到的 set 組合。

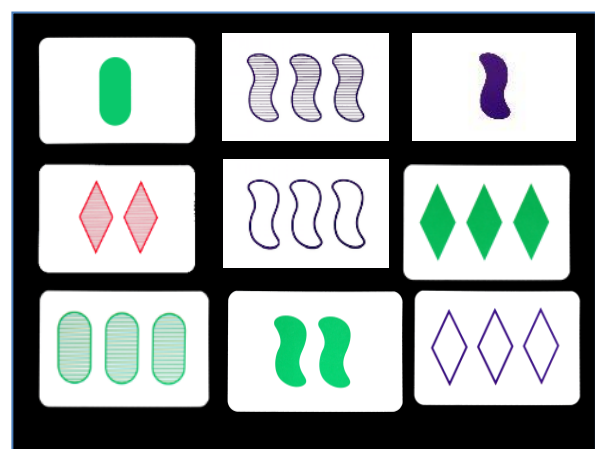


圖 14 桌面上的卡牌

第一張	第二張	第三張
紅菱 2 斜	綠橢 1 空	紫曲 3 實
	綠橢 1 實	紫曲 3 空
	綠橢 3 空	.
	綠橢 3 實	.
	綠曲 1 空	.
	綠曲 1 實	.
	綠曲 3 空	.
	綠曲 3 實	.
	紫橢 1 空	.
	紫橢 1 實	.
	紫橢 3 空	.
	紫橢 3 實	.
	紫曲 1 空	.
	紫曲 1 實	.
	紫曲 3 空	.
	紫曲 3 實	.

表 1

3.5.3 遊戲規則進階演算法

進階演算法致力於找出可使其他 set 組合無法成立之組合，即為「最佳解」。如圖 15，若桌面上有此 3 種組合（A、B、C），B 組合中所出現的牌在其他組合皆有出現（紅菱 2 空、綠橢 1 實），故將 B 組合的卡牌挑出，使其他組合無法成立，B 組合即為最佳解。

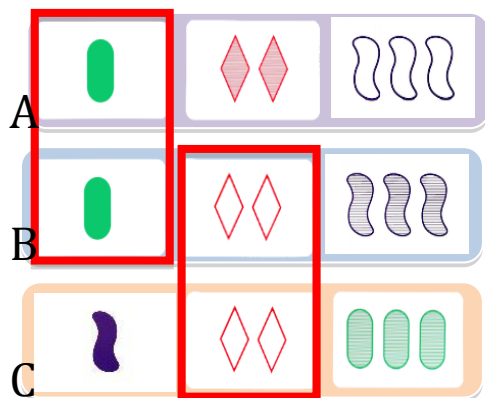


圖 15

第一張	第二張	第三張
紅菱 3 斜	綠橢 1 空	紫曲 3 實
	綠橢 1 實	紫曲 3 空
	綠橢 3 空	.
	綠橢 3 實	.
	綠曲 1 空	.
	綠曲 1 實	.
	綠曲 3 空	.
	綠曲 3 實	.
	紫橢 1 空	.
	紫橢 1 實	.
	紫橢 3 空	.
	紫橢 3 實	.
	紫曲 1 空	.
	紫曲 1 實	.
	紫曲 3 空	.
	紫曲 3 實	.

表 2

4. 主要成果與評估

4.1 具體成效說明

本專題成果分成了兩次測試，第一次測試為程式辨識卡牌的速度；第二次辨識為辨識的正確率。

第一次測試測試了三十次，每次以 12 張卡牌為單位，共測試了 360 張卡牌。測試速度以架在桌上的 webcam 拍下照片，電腦辨識先做圖像的前置處理，角度的校正和對比度的調整；之後辨識 12 張卡牌擁有的四種屬性，顏色、個數、形狀、內容，再放入遊戲規則的演算法中確認是否有無 set 為一個單位時間，三十次測試的平均速度是 4.8535 秒。第二次測試以牌的四種屬性為基準，分成了四種屬性的準確率來呈現結果。總共測試了 400 張卡牌。第一部分是顏色的準確率，紅色的卡牌有 128 張，卡牌測試的正確率為 99.22%；綠色的卡牌有 136 張，卡牌測試的正確率為 100%；紫色的卡牌有 136 張，卡牌測試的正

確率為 97.80%。我們測試的環境變數是光源強度。在不同亮度的光源測試下，測試的環境會因為光本身的顏色而受影響，而影響到卡牌的辨識；不同光的強度的照射也會影響卡牌顏色辨識的正確率。

第二部分卡牌內圖案個數的正確率，個數是以 connected component and label 的方法來判斷，在 400 張卡牌的測試下，個數一個的卡牌有 135 張，測試正確率為 100%；兩個的卡牌有 132 張，測試正確率為 100%；三個的卡牌有 133 張，測試正確率為 100%。

第三部分是形狀的準確率，形狀有菱形，橢圓和曲線。菱形有 139 張，辨識準確率為 100%，判斷正確最高；曲線有 134 張，辨識準確率為 97.01%；橢圓有 127 張，辨識準確率為 99.21%；三種形狀分別因為光線的因素所以會誤判，如果光線太強，導致牌有稍微的曝光，曲形會被誤判成橢圓，橢圓容易會誤判成曲形。第四部分是內容辨識的準確率，內容分為空心、實心和斜線。內容是空心卡牌的張數有 133 張，辨識的準確率是 99.24%；斜線卡牌的張數有 130 張，辨識的準確率是 97.69%；內容是實心卡牌的張數有 137 張，辨識的準確率是 98.54%。影響最大的因素是光線，光線太強如果造成卡牌的曝光，造成圖形的缺陷，會導致斜線、空心、實心內容的誤判。

4.2 預期與實際成效之差距

目前我們已可以穩定進行多輪的 SET 遊戲，但是還是有可能因為光源的不同造成電腦誤判的情況發生。客觀評估下來，我們的辨識率在適當的

光源下是有一定的正確性，所以良好的光照是進行遊戲不可或缺的條件。

4.3 未來可能之擴展方向

在未來的部分，由於我們的遊戲是電腦跟玩家互動的裝置，未來希望可以發展成 A R 擴增實境

(Argumented Reality)。例如可以藉由配戴實境頭盔，透過頭盔看向桌面，經由電腦的辨識後，桌面的卡牌變成立體的，在頭盔的畫面上顯示出計分板，也可以在畫面上加入人偶模擬人物，在 set 後做出拿牌的動作，藉由擴增實境裝置，玩家可以和電腦做更多的互動，也讓原本單純只是卡牌的桌上型遊戲更生動有趣。

5. 結語與展望

在兩個學期的專題實做經驗中，學到了許多以前從未接觸的影像處理技巧，也學到了非常寶貴的解決問題的經驗、方法。從一開始確立題目、定下專題流程的製作大綱、學習基礎的影像辨識方法，一直到中間面對困難嘗試許多方法解決問題，以及最後的程式優化，每個環節都曾遇到意想不到的困難，也學會了比預期多更多的技能。這份專題是我們對影像辨識結合遊戲的雛形，希望未來能學會更多影像辨識技巧、能更嚴謹的讓程式辨識的錯誤率下降。set 只是眾多桌遊卡牌中的一種，在我們學會了基礎影像辨識後，將可以更快的應用到更多種類的卡牌遊戲，期望未來能結合 AR 擴增實境。

6. 銘謝

這一年內，非常感謝我們的指導

教授對我們用心且有規劃的指導。教授願意先讓我們去嘗試、思考解決辦法，也不忘在適時的時候給予我們建議或提醒，讓我們學會了解決問題的方法和精神。再來要非常感謝 IMSLAB 實驗室的學長姐們，這個專題，要是沒有學長姐們的幫助，成效也絕對大打折扣。感謝學長姊們從我們一進實驗室就開始幫我們上基礎的影像處理課程、在每一次的 **meeting** 中一起替我們思考問題的各種解決方法、**meeting** 結束後協助指導我們所不了解的部分、關心我們的進度，總是無私的給予我們最大的幫助。我們非常幸運的能跟到這間實驗室，謝謝所有幫助過我們的老師、學長姊、同學，因為有您們的幫助才讓我們的專題能夠順利完成。

7. 參考文獻

- [1] G. Bradski, and A Kaehler, "Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library," 2008.
- [2] E. Olmedo, J. De La Calleja, A. Benitez, M. A. Medina, and L. de P. por Computadora," Point to point processing of digital images using parallel computing," in *International Journal of Computer Science Issues*, vol. 9, no. 33, 2012, pp.3.
- [3] S. M. Pizer, E. P. Amburn, J. D. Austin, R. Cromartie, A. Geselowitz, T. Greer, B. ter Haar Romeny, J. B. Zimmerman, and K. Zuiderveld, "Adaptive histogram equalization and its variations," in *Computer vision, graphics, and image processing*, vol. 39, no. 3, 1987, pp. 355-368.
- [4] Y. T. Kim, "Contrast enhancement using brightness preserving bi-histogram equalization," in *Consumer Electronics, IEEE Transactions on*, vol. 43, no. 1, 1997, pp. 1-8.
- [5] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms," in *Automatica*, vol. 11, no. 285-296, 1975, pp. 23-27.
- [6] X. Xu, S. Xu, L. Jin, and E. Song," Characteristic analysis of Otsu threshold and its applications," in *Pattern recognition letters*, vol. 32, no. 17, 2011, pp. 956-961.
- [7] H.F. Ng," Automatic thresholding for defect detection," in *Pattern recognition letters*, vol. 27, no. 14, 2006, pp. 1644-1649.
- [8] J. Zhang, and J. Hu," Image segmentation based on 2D Otsu method with histogram analysis," in *Computer Science and Software Engineering*, vol. 6, 2008, pp. 105-108.
- [9] R. F. Moghaddam and M. Cheriet, "AdOtsu: An adaptive and parameterless generalization of Otsu's method for document image binarization," in *Pattern Recognition*, vol. 45, no. 6, 2012, pp. 2419-2431.
- [10] L. He, Y. Chao, K. Suzuki, and K. Wu, "Fast connected-component labeling," in *Pattern Recognition*, vol. 42, no. 9, 2009, pp. 1977-1987.
- [11] K. Suzuki, I. Horiba, and N. Sugie, "Fast connected-component labeling based on sequential local operations in the course of forward raster scan followed by backward

raster scan,” in *Pattern Recognition, 2000. Proceedings. 15th International Conference on*, vol. 2, 2000, pp. 434-437.

[12] K. Wu, E. Otoo, and A. Shoshani, “Optimizing connected component labeling algorithms,” in *Medical Imaging*, 2005, pp. 1965-1976.

[13] J. M. Park, C. G. Looney, and H. C. Chen, “Fast connected component labeling algorithm using a divide and conquer technique,” 2000, pp. 373-376.

[14] K. Wu, E. Otoo, and A. Shoshani, “Optimizing connected component labeling algorithms,” 2005, pp. 1965-1976.

[15] 陳建隆（民 98 年 6 月）。應用改良式經驗模態分解法於消除文件影像中的不良光照現象。碩士論文。桃園：國立中央大學 資訊工程學系。

[16] A. Ford and A. Roberts, “Colour space conversions,” in *Westminster University, London*, vol. 1998, 1998, pp. 1-31.

[17] M. Sarifuddin and R. Missaoui, “A new perceptually uniform color space with associated color similarity measure for content-based image and video retrieval,” in *Proc. of ACM SIGIR 2005 Workshop on Multimedia Information Retrieval (MMIR 2005)*, 2005, pp. 1-8

