

2014中華民國營建工程學會第十二屆營建產業

永續發展研討會

光環境影響人臉辨識系統之研究

陳慶銘
(Qing-Ming Chen)
中國科技大學
建築系所
講師

張惠如
(Hui-Ju Chang)
國立台北科技大學
建築與都市設計研究所
研究生

周鼎金
(Ding-chin Chou)
國立台北科技大學
建築與都市設計研究所
教授

摘要

人臉影像辨識率，除了本身設備條件以外，尚受到周圍光環境的影響甚鉅，光源的性質及數量的多少、光照強度的變化、光照角度的不同等等，都可能使圖像中像素間的輝度分佈產生較大變化，有時甚至可能在人臉圖像中產生陰影，由此將直接影響圖像中各類統計特徵、幾何特徵和變換特徵的提取，因而影響人臉偵測與辨識。

本研究以某國際機場之查證大廳為研究對象，研究方法以現場調查為主，並找出光源照明影響人臉辨識系統之問題，並提出解決對策。由模擬試驗得知，自動通關人臉辨識通關成功率若欲達90%以上，其最適合的環境照明方式，是頂光+順光的照明環境。

關鍵詞：人臉辨識、照明

Study of face recognition systems in light of environmental impact

Abstract

Face image recognition rate, in addition to its own equipment conditions, is affected by ambient light environment very huge. The nature and the number of changes in light intensity, different variations of the illumination angle of light quantity, can make between pixels in an image luminance distribution changes significantly, and may even generate a shadow in the face image. Because sometimes cast a shadow on the face image, the image directly will affect various statistical features extracted geometric features and characteristics of transformation, thereby affecting the face detection and recognition.

This study is to verify the lobby of an international airport for the study. The main

research method is based on field investigation and identifies the light source illuminating the impact of face recognition system problems and proposes countermeasures. By simulation that, to make the automatic face recognition clearance success rate of 90%, the most suitable environment lighting is the lighting environment of top light with smooth light.

【Keyword】 Face recognition Illumination

一、前言

運用生物特徵辨識通關系統建置目的，是為確保國境安全與增加通關處理容量。在入出境管理上便捷的通關服務，可以解決國際機場旅客數量日益增加衍生通關效率問題[1]。若通關成功率低則喪失此設置目的[2]。

環保意識抬頭下節能減碳不僅僅是口號，而是落實於人們的日常生活中。照明系統的節能減碳不僅是照明設備功率提高、符合使用性照度下的燈具數量等，盡量利用陽光也是照明系統節能減碳的一部份，所以開窗設計讓陽光漫射室內取代部分照明亦是建築節能設計之一[3]。

桃園國際機場第一航廈綠建築之主要光源為斜向屋頂大面積玻璃採光，於日間時段採光窗之日照光源相當充足，而入境廳朝向東方，故上午九點鐘至下午三點鐘大量光線直接照射櫃檯，以致於對通關旅客臉部形成逆光效應，而使自動通關之臉部辨識功能受到干擾，而降低通關成功率。夜間時段則因為大廳挑高設計，燈光光源距離約 9 米以上以致光線不足，同樣降低通關成功率。

自動通關閘門旁設有註冊櫃檯，由於上方光源為聚光型燈光過於刺眼影響移民署人員作業；且旅客背向光線，以致通關旅客臉部形成逆光效應，使得註冊攝影機拍攝效果不佳。

出境廳朝向西方，且比入境廳更接近斜向採光窗，日間時段採光窗之日照光源相當充足，中午、下午及夏季，大量光線直接照射櫃檯，以致於對通關旅客臉部形成順光效應，尤其夏季時會產生高達數值 950Lux 之強光光害，而使自動通關之臉部辨識功能受到干擾，而降低通關成功率。陰雨天、冬季及夜間時段則因為上方聚光型燈光光線不足，同樣降低通關成功率。第一航廈出境證照查驗廳除自動通關櫃檯之外，左右兩邊之註冊及一般櫃檯，同樣深受夏季強光及冬季光線不足干擾，影響移民署人員作業[2]。

人臉辨識分析分為全域人臉特徵辨識及局部特徵(如眼、眉、鼻、嘴)辨識，相關研究文獻中認為局部特徵辨識率最高。人臉特徵辨識容易受光照影響，光源的性質及數量的多少、光照強度的變化、光照角度的不同等等，都可能使圖像中像素間的輝度分佈產生較大變化，有時甚至可能在人臉圖像中產生陰影，由此將直接影響圖像中各類統計特徵、幾何特徵和變換特徵的提取，因而影響人臉偵測與辨識[4]。

對挑高空間且斜屋頂天窗設計之查證大廳，早晚光線變化頗大、垂直照度變化幅度亦大，在此種綠建築設計（開窗設計讓陽光漫射室內取代部分人工照明）

環境下，提高自動通關查驗系統通關率，是本研究所探討的主要環境照明問題。

二、文獻回顧

2.1 人臉辨識

一般而言，在一系統中人臉偵測通常都是人臉處理(face processing)的第一步驟，人臉偵測結合人臉辨識(face recognition)或人臉追蹤(face tracking)才能達到系統應用的目的。

不過近年來內容管理相關領域的蓬勃發展，人臉偵測在這些領域中也受到相當的重視。內容管理為的就是讓人們更容易管理資料分析資料，而人臉在影像中是個重要的特徵，例如在動態影像摘要方面，或門禁系統方面都會利用到人臉這個特徵從事更進一步的處理[5]。

2.2 人臉偵測方法

現今人臉偵測方法大致可以分類為 Color-based, Feature-based, Learning-based 與 Template matching-based 等四種類型。

一、顏色區域分割(Color-based approach)

近幾年來廣泛被應用的方法，其理論基礎是利用人類膚色在色彩空間中固定分佈於一定的範圍內，建立一組膚色統計模型，藉由輸入影像 pixel by pixel 與膚色 model 的比對可獲得膚色區域，Color-based approach 優點是執行速度快，但背景出現與膚色相近的景物，可能會產生誤判的結果為此基礎之缺點。

二、特徵擷取式(Feature extraction)

人臉偵測方式，其理論基礎是利用人臉之特徵輔助偵測人臉，如眼睛或嘴唇，主要應用於影像中單一人臉，且有較高準確性，缺點在於測試影像環境較複雜時，則處理結果不理想，其相關文獻有。

三、類神經網路(Neural network)

基礎的方法是先分割輸入影像為數個子影像並標準化後輸入類神經網路的架構做訓練，讓類神經網路自動分辨人臉或背景，優點為正面且不旋轉的人臉偵測有極佳效果，缺點在於處理人臉的傾斜與旋轉時結果不理想，其相關文獻有。

四、樣板比對(Template matching)

基礎之方法，將臉部特徵設定為一個或多個樣板，再利用搜尋視窗偵測人臉，樣板比對優點是容易實作，缺點為當考慮臉部方向性、旋轉角度、人臉大小等條件時，執行時間複雜度將提高許多，其相關的文獻有。

2.3 照明

一般照明的方式，可依其利用之光源不同，分為自然採光(natural lighting)及人工照明(artificial lighting)等兩種(石曉蔚，1996)。自然採光乃利用太陽光的光源，因此又稱為自然照明或晝光照明。人工照明是指利用人工光源，如

燈泡、螢光燈等，一般常將人工照明簡稱為照明。

一、照度(Illumination, E)：

定義：被照體單位面積上所接受的光通量，或其表面上光通量的密度。

物體或被照面上，被光源照射所呈現的光亮程度，稱為照度。受照平面上接受光通量的密度，可用每一單位面積的光通量來量測。1lm的光通量均勻分布在1平方公尺的表面，即產生1Lux的照度。單位：米燭光， $\text{Lux}(\text{lx}) = \text{lm}/\text{m}^2$ 。

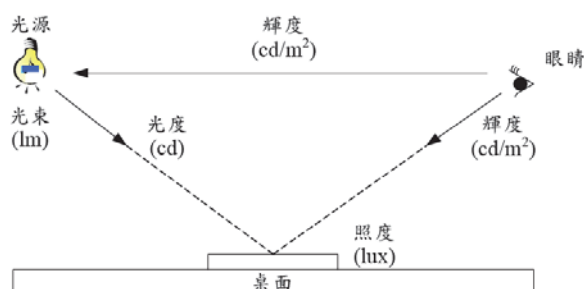
二、輝度(Brightness, B)：

定義：光源體在某一方向上，每單位投影面積，所發出的光度。

當吾人目視某物所看到的，可以兩種方式表達：一用於較高發光值者如光源或燈具，直接以其發光強度來表示；另一則用於本身不發光只受反射光者如室內表面或一物體，以亮度表示。

亮度即被照物每單位面積在某一方向上所發出或反射的發光強度，用以顯示被照物的明暗差異(石曉蔚，1996)。單位： $\text{nit}(\text{nt}) = \text{cd}/\text{m}^2$
 $\text{stilb}(\text{sb}) = \text{cd}/\text{cm}^2$ 照度與輝度之不同，在於照度為被照面之亮度，而輝度為光源或發光點之光亮程度，如圖1所示。

圖1 光源、光度、照度與輝度之關係圖



三、實際案例

3.1 現況

第一航廈綠建築入境查驗大廳環境光線來源有天花板頂燈及採光窗斜射陽光兩種，斜向屋頂大面積玻璃採光，於日間時段採光窗之日照光源相當充足，而夜間入境查驗大廳採斜面挑高設計，燈光光源距離約9米以上以致光線略顯不足。垂直面照度監測值如圖2。

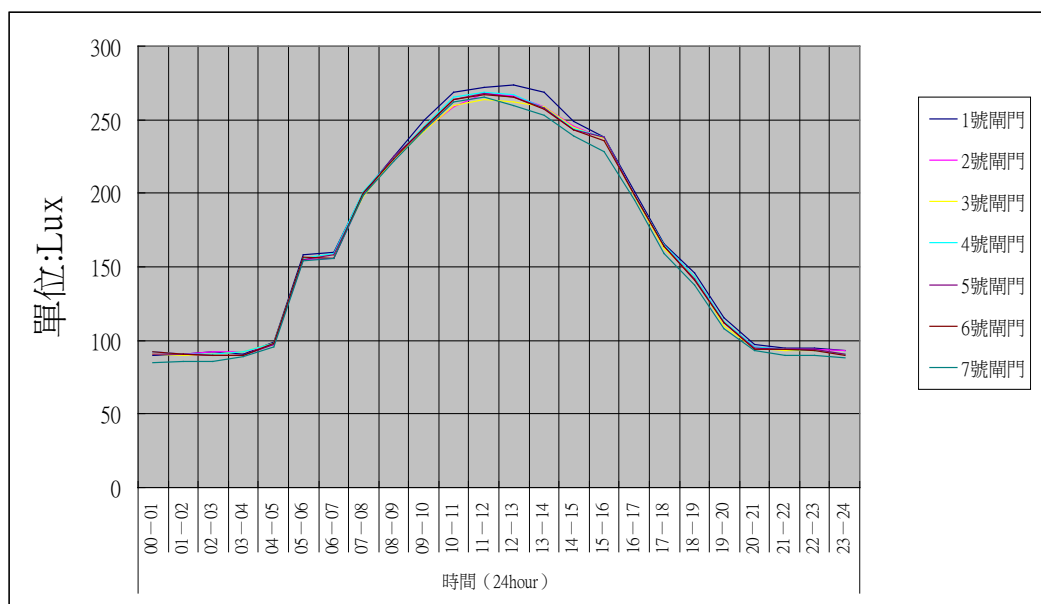


圖 2 入境查驗自動通關處環境照明垂直面照度監測值
(資料來源：本研究整理)

入境查驗大廳朝向東方，上午九點鐘至下午三點鐘大量光線直接照射櫃檯，而自動通關系統人臉辨識鏡頭面對採光窗，旅客則背對採光窗，在人臉辨識過程中鏡頭易受到光線干擾，且由於光線順向照向櫃檯，而通關旅客背對採光窗，以致形成逆光效應，旅客正面垂直照度 198-274Lux，其背面垂直照度 355-678Lux 形成旅客臉部陰暗但背景異常光亮，而降低通關成功率。



圖 3 光線順向照向櫃檯

(資料來源：周祖珍建築師事務所)



圖 4 大廳-夜間時段

(資料來源：本研究拍攝)

入境查驗大廳夜間照明光源完全仰賴天花板頂燈，其燈光光源距離約 9 米以上，以致光線不足，其夜間垂直照度 85-115Lux。同樣降低通關成功率。如圖 3。

第一航廈綠建築入境查驗大廳環境光線來源有天花板聚光燈及採光窗斜射陽光兩種，出境廳背向西方，且比入境廳更接近斜向採光窗，日間時段採光窗之日照光源更加充足，尤其夏季時會產生高達數值 1350Lux 以上之強光光害，夜間時段則因為上方聚光型燈光光線不足。垂直面照度監測值如圖 4。

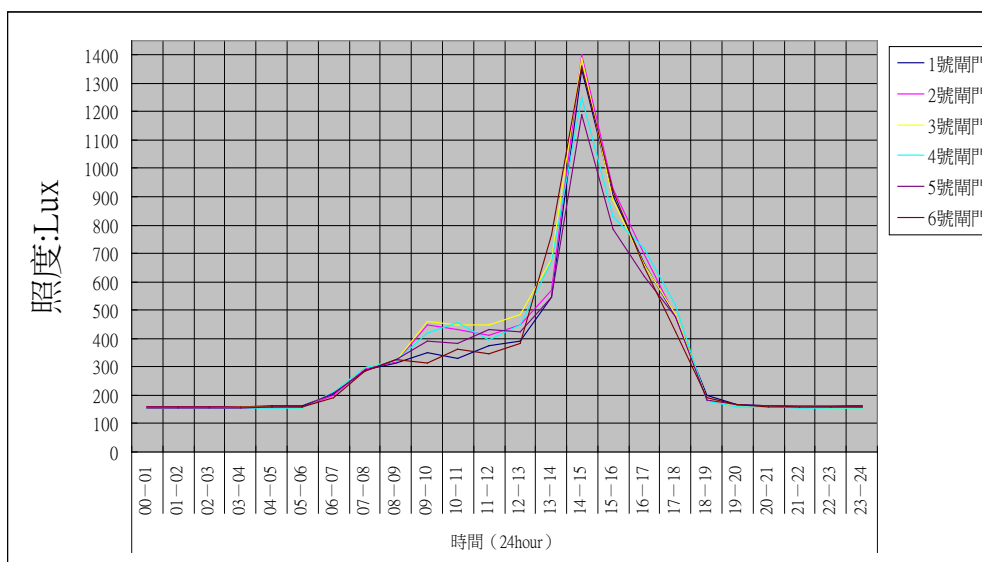


圖 5 出境查驗自動通關處環境照明垂直面照度監測值
(資料來源：本研究整理)

出境查驗大廳背向西方，且比入境廳更接近斜向採光窗，光線斜射最強時間落在中午 12 時至下午 5 時，大量光線直接照射櫃檯，形成自動通關系統人臉辨識鏡頭背對採光窗，旅客則面對採光窗，對通關旅客臉部形成順光效應，但夏季時會產生高達數值 1350Lux 以上之強光光害，而使自動通關之臉部辨識功能受到干擾，而降低通關成功率。如圖 6。



圖 6 出境櫃檯。

(資料來源：周祖珍建築師事務所)



圖 7 出境大廳 - 夜間天花上方聚光型燈

(資料來源：本研究拍攝)



出境查驗大廳夜間照明光源完全仰賴天花板聚光燈，其燈光光線不足，夜間垂直照度 156-169Lux，同樣降低通關成功率。如圖 7。

3.2 改善對策

人臉辨識最大的限制在於光線與臉部的角度，在環境光線方面，光線的方向需一致且柔和均勻，才能拍出明亮清楚的人臉，環境光在人臉上所產生的陰影亦大幅影響辨識結果，光照方向為正面打光(順光)圖像辨識率最高，其次為上方打光(頂光)，且臉部表情變化影響最少。

由表 1 得知人臉辨識系統環境光源順光 > 頂光 > 側光 > 逆光，順光+頂光人臉清晰不易產生陰影，辨識結果最佳，其次是側光會使人臉產生陰影進而影響辨識度。

表 1 人臉辨識成效最高與最低之區域

地點	台中機場 (入境)	桃園機場 T1 (入境)
臉 辨 比 率 (0.5/2.8~0.6/0.9)	成功率最高, 可達 97.52%	成功率最低, 最低時僅 36.36%
環 境	2F, 無對外採光窗	3F, 開機前方面對採光窗
光 源	室內光源, 開機上方有 T5 光源	1. 屋頂上方之多個鹵素燈 2. 白天採光窗之斜射陽光
鏡 頭 受 光 方 向	斜上方	1. 上方鹵素燈 2. 面對採光窗之斜射光 3. 地板反射光 (鏡頭逆光拍攝容易使被攝體產生陰影)
光 源	斜順光	頂光 + 逆光
旅客面部受光方向	1. 由斜上往斜下 2. 前方(KIOSK補光燈)	1. 由上往下 2. 前方(KIOSK補光燈)
現 場 照 片		

(資料來源：桃園國際機場邀標書)

為營造一個頂光+順光環境光源，第一步先於入境自動通關開門 1 號、3 號、5 號及出境自動通關開門 3 號、4 號，架設臨時不銹鋼架並安裝 T5 光源，使環境光源一致且柔和均勻。

入境自動通關開門 1 號、3 號、5 號及出境自動通關開門 3 號、4 號，上方安裝 T5 光源後環境照明監測數據值如圖 8 及圖 9。

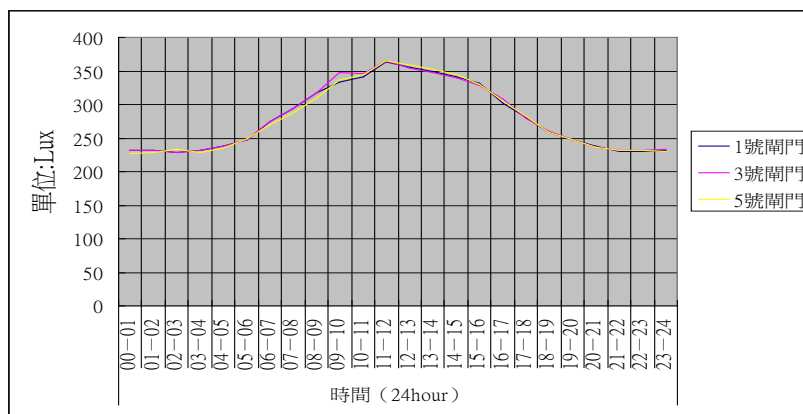


圖 8 入境自動通關開門 1 號、3 號、5 號垂直面照度監測值。

(資料來源：本研究整理)

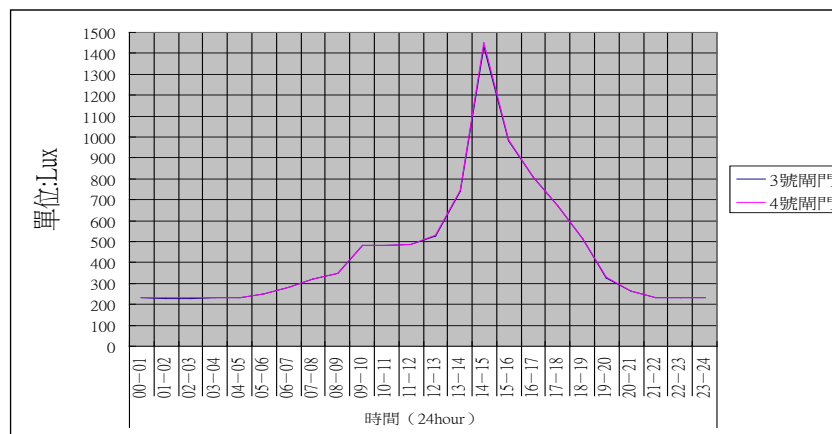


圖 9 出境自動通關開門 3 號、4 號垂直面照度監測值。

(資料來源：本研究整理)

臉辨識成功通關率較未安裝時提高約 7-11% 不等，出境自動通關閘門上方安裝 T5 光源後人臉辨識成功通關率較安裝前提高約 6-8% 不等，所以頂上穩定光源及垂直面照度充足（200Lux 以上）有助於提昇自動通關系統人臉辨識成功通關率。

若以各小時人臉辨識通關數據分析發現，上午 8:00-12:00 間入境自動通關閘門人臉辨識通關率成功僅 70%-79%，分析其原因乃入境大廳朝向東方，上午日照充足，於是光線順向照向櫃檯，而通關旅客背對採光窗，以致形成逆光效應，影響自動通關人臉辨識通關率；下午 13:00-17:00 間出境自動通關閘門人臉辨識通關率成功僅 67%-75%，細究其原因為出境大廳背向西方，且比入境大廳更靠近斜向彩光窗，下午及夏季大量日照光線直射櫃檯，致使通關旅客臉部形成過分曝光，而影響自動通關人臉辨識效果。

第二步於是在入境自動通關閘門 1 號、3 號、5 號人臉辨識機加裝 LED 補光燈(色溫 4500K)及光源調控系統，於人臉辨識機加裝 LED 補光燈除可增加垂直面照度，最主要是使通關旅客正面與背面垂直面照度落差不要過大，降低逆光效應影響，而光源調控系統是媒介人工照明與環境光，全時段搭配營造符合高效人臉辨識通關的光環境，如圖 10；出境自動通關閘門 3 號、4 號人臉辨識機加裝 LED 補光燈(色溫 4500K)、光源調控系統及遮陽板，增設遮陽板可有效阻絕下午及夏季大量日照光線直射，如圖 11，但會降低垂直面照度，於人臉辨識機加裝 LED 補光燈則可填補其影響，而光源調控系統是媒介人工照明與環境光，全時段搭配營造符合高效人臉辨識通關的光環境。



圖 10 入境旅客自動通關現況。
(資料來源：本研究拍攝)



圖 11 增設遮陽板可有效阻絕下午大量日照光線直射。
(資料來源：本研究拍攝)

四、實際驗證

如此再經過一個月人臉辨識通關測試發現，入境自動通關閘門 1 號、3 號、5 號人臉辨識通關資料成功率高達 90% 以上，如圖 12，而出境自動通關閘門 3 號、4 號人臉辨識通關成功率亦高達 94% 以上，如圖 13。

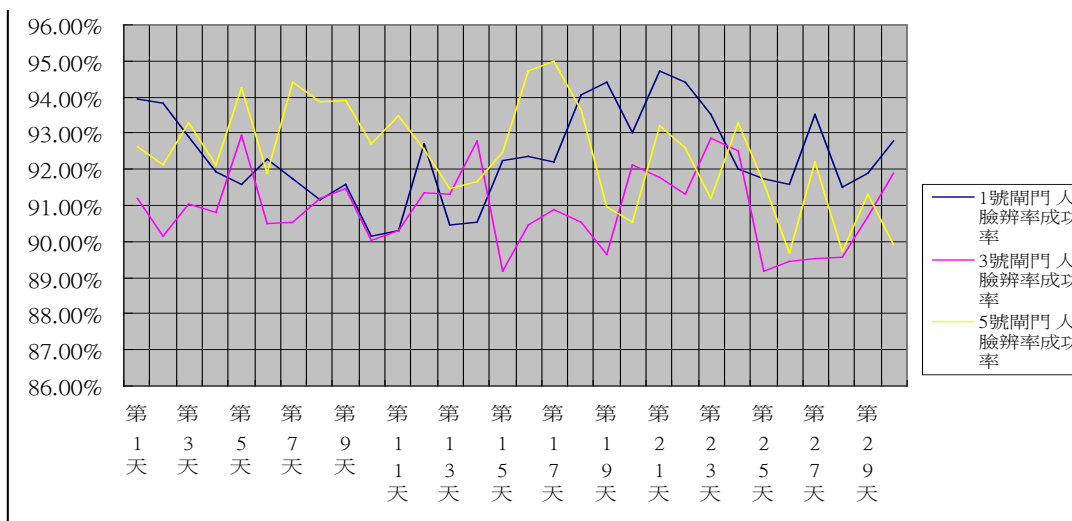


圖 12 入境自動通關閘門 1 號、3 號、5 號
(資料來源：本研究整理)

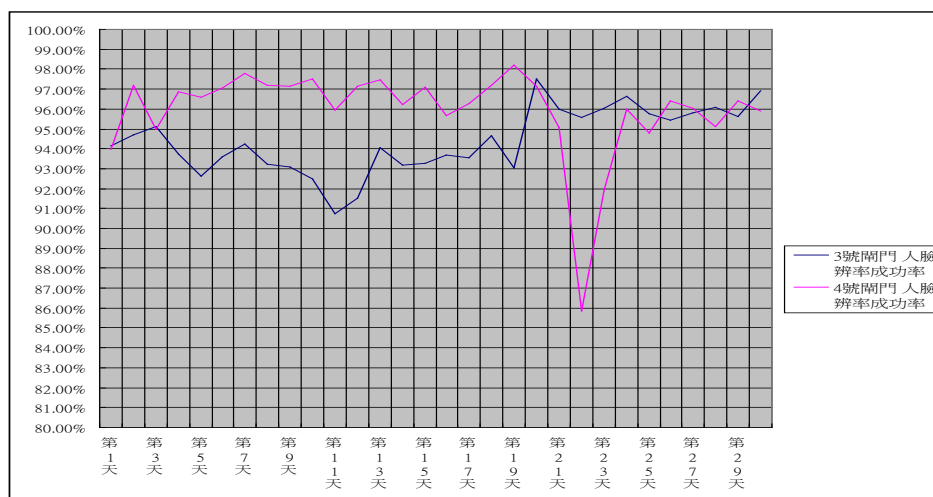


圖 13 出境自動通關閘門 3 號、4 號人臉辨識通關(資料來源：本研究整理)

由上述局部模擬試驗得知，自動通關人臉辨識通關成功率若欲達 90% 以上，其環境照明最好是頂光+順光的光環境。

五、結論與建議

生物特徵辨識通關系統建置目的，是為確保國境安全與增加通關處理容量，在入出境管理上便捷的通關服務，可以解決國際機場旅客數量日益增加衍生通關效率問題；而保意識抬頭下節能減碳是落實於人們的日常生活中，照明系統的節能減碳不僅是照明設備功率提高、符合使用性照度下的燈具數量等，所以開窗設計讓陽光漫射室內取代部分照明亦是建築節能設計之一，如何使兩者兼容並蓄是照明設計的重點。

對挑高空間且斜屋頂天窗設計之查證大廳，早晚光線變化頗大、垂直照度變化幅度亦大，在此種綠建築設計（開窗設計讓陽光漫射室內取代部分人工照明）環境下，照明設計可運用智慧型光源自我補償系統及遮陽設施，營造頂光+順光的環境照明。

參考文獻

- [1] <http://www.immigration.gov.tw/mp.asp?mp=1>，內政部入出國及移民署全球資訊網，2014.07.28。
- [2] 劉晏銘，「移民署自動通關政策行銷之研究-Facebook 粉絲專頁為例」，碩士論文，中華大學行政管理學系，2012。
- [3] 周鼎金，「智慧綠建築之照明手法」，永續環境與綠建築研發中心系列講座，2013。
- [4] 施明德，「實施個人生物特徵蒐集對入出境通關查驗流程之影響」，內政部自行研究報告，2010。
- [5] 陳建華，「歐盟國境管理運用生物特徵辨識及其對個人資料保護影響之研究」，碩士論文，中央警察大學外事警察研究所，2011。
- [6] 李建興、林應璞、游凱倫，「即時人臉偵測與辨識」，技術學刊，第二十四卷，第二期，2009，第 131-141 頁。
- [7] 石曉薇，室內照明設計原理，淑馨出版社，台北，1996。