

國立中央大學

資訊工程研究所
碩士論文

數位影像品質之分析與評估

Analysis and Evaluation of Digital Image Quality

研究生：劉有書

指導教授：范國清 教授

中華民國九十九年十一月



國立中央大學圖書館 碩博士論文電子檔授權書

(98 年 4 月最新修正版)

本授權書所授權之論文全文電子檔(不包含紙本、詳備註 1 說明)，為本人於國立中央大學，撰寫之碩/博士學位論文。(以下請擇一勾選)

☒ (V)同意 (立即開放)

☐ ()同意 (一年後開放)，原因是：_____

☐ ()同意 (二年後開放)，原因是：_____

☐ ()同意 (三年後開放)，原因是：_____

☐ ()不同意，原因是：_____

以非專屬、無償授權國立中央大學圖書館與國家圖書館，基於推動「資源共享、互惠合作」之理念，於回饋社會與學術研究之目的，得不限地域、時間與次數，以紙本、微縮、光碟及其它各種方法將上列論文收錄、重製、公開陳列、與發行，或再授權他人以各種方法重製與利用，並得將數位化之上列論文與論文電子檔以上載網路方式，提供讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印。

研究生簽名： 劉有書 學號： 965302021

論文名稱： 數位影像品質之分析與評估

指導教授姓名： 范國清

系所： 資訊工程學系 所 ☐ 博士班 ☒ 碩士班

日期：民國 99 年 11 月 26 日

備註： _____

1. 本授權書之授權範圍僅限電子檔，紙本論文部分依著作權法第 15 條第 3 款之規定，採推定原則即預設同意圖書館得公開上架閱覽，如您有申請專利或投稿等考量，不同意紙本上架陳列，須另行加填聲明書，詳細說明與紙本聲明書請至 <http://thesis.lib.ncu.edu.tw/> 下載。
2. 本授權書請填寫並親筆簽名後，裝訂於各紙本論文封面後之次頁（全文電子檔內之授權書簽名，可用電腦打字代替）。
3. 請加印一份單張之授權書，填寫並親筆簽名後，於辦理離校時交圖書館（以統一代轉寄給國家圖書館）。
4. 讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印上列論文，應依著作權法相關規定辦理。

Abstract

This thesis presents an objective method for evaluating the quality of digital images captured by mobile phones. Mobile phone and digital camera are one of great inventions which affect human lifestyle in the 21 century. Digital imaging era is coming. Taking pictures by recording people's daily life becomes not only a fashion but also a must. Following the trend, digital image quality gradually becomes a key issue concerned by most people instead of merely capturing images ◦

Most digital imaging products are mobile phone camera and digital camera ◦ There are many products on the market and the quality of image is different ◦ How to assess the image quality is a technology ◦ There are two methods in evaluating digital image quality : subjective evaluation and objective evaluation ◦ The former is to compare the image quality by human's eyes , The latter is using more scientific and statistical method to generalize the quality index ◦ Traditional assessment method is less objective since it is judged by human's eyes , This paper will propose a comprehensive system to assess digital images Considering the human visual system(HVS) approach to evaluate and analysis the digital image quality ◦ We can get the scientific method to be the objective index of digital image ◦ We need to avoid to judge the digital image by human's eyes , but the assessment index of the digital image quality should close to human's eyes , It is a trend ◦

The paper is divided into three parts , We build an objective measurement

environment to avoid environmental factors , and then take the digital photograph . The first part is doing the relative subjective assessment of digital image quality . For second Considering HVS factor , as brightness , relativity , and definition . we do the relative objective assessment of digital image quality . The third part is doing the absolutely objective assessment of the digital image quality . According to several digital image quality indexes , we analysis and compare the scores between various parts of the different indexes to produce a objective comprehensive image quality assessment pointer .

摘要

本篇論文提出一種數位影像系統的影像品質評估方法。手機、數位相機，可說是 21 世紀初，影響人類生活模式的重大發明。將人類帶入了數位化的生活，相機的功能最主要就是要拍照，以前底片時代，除了專業的影像從業人員，否則一般人應該就是單純的拍照，也不能去作什麼影像處理。數位相機的發明，除了技術上的提昇，更驚人的是，現在幾乎人人都有數位相機，所以影像品質也成著墨的重點。

手機是一項劃時代的發明，90 年代的手機，功能簡單，主要著重於通訊。現代的手機，不可同日而語，種類繁多，琳瑯滿目，且能提供許多的服務功能。其中有一項功能更是改變了整個手機產品的設計，甚至是 Notebook 或者是其它相關的電子產品。這就是數位影像裝置，簡單說就是手機加數位相機。所以說數位影像的時代已經來臨，隨手拍照、錄影已經變成一種風潮，數位影像品質也愈來愈受到大家重視。

現在的數位影像產品主要以手機相機，數位相機為主。產品種類繁多，影像品質不一，本論文提出一套評估數位影像系統品質差異方法，加入考量人眼視覺的方法來評估數位影像品質，希望可以用科學計算的方法，作為數位影像品質客觀指標。避免人眼判定數位影像品質的一些個人因素影響，但是評估數位影像品質的指標也要接近人眼判別的趨勢。

論文主要分為三個研究部分，建構一客觀量測環境，選不同廠家手機相機。取得相關數位照片，第一部分先作相對性數位影像品質主觀評估，第二部分是作相對性數位影像品質客觀評估，加入考量 HVS(人眼視覺系統)，第三部分是作絕對性數位影像品質客觀評估，針對數位影像品質指標作分析，最後分析比較各指標分數，產生一個綜合影像品質客觀評估指標。

誌謝

『學海無涯』，一直保持在學習的狀態這是很重要的，學生以前對這道理認知不深，後來才深深體會到這含意。

很高興能進入中央大學資訊工程所研習，讓我的研究所生活過的很充實，學習到許多資訊工程的專業知識與應用，更重要的是論文的研究開發，培養我科學分析的能力與解決問題的方法。在這裡要感謝我的指導教授范國清教授，謝謝他的指導與啟發，在我遇到困難時，給予幫助鼓勵，讓我可以順利完成研究所的學習。感謝范老師的督促與指導，研究所學習階段是我一生中寶貴的經驗。

時間飛逝，一轉眼畢業在即。研究所研習期間，個人的努力付出是必然的，也要感謝我的家人與女友昕余一路陪伴扶持，付出許多關心與支持，謝謝你們。還有中央大學的授業師長，實驗室的同學互相鼓勵，一起交流學習，士銘、孝偉大哥謝謝你們。

未來的日子，是一個新的開始與挑戰，我必須更加努力，爭取更好的機會，繼續往前邁進，創造更好的未來。

目錄

Abstract	i
摘要	iii
誌謝	iv
目錄	v
圖目錄	viii
表目錄	x
第一章 緒論	1
1.1 研究動機	1
1.2 研究目的	3
1.3 系統架構	5
1.4 文獻探討	8
1.5 論文架構	10
第二章 相對性數位影像品質主觀評比與環境設置	11
2.1 數位影像系統	12
2.2 硬體設備與量測環境設置	14

2.3 取得評估照片	16
2.4 相對性影像品質主觀評比	18
第三章 相對性數位影像品質客觀評比	20
3.1 客觀影像品質評估概述	21
3.2 基於人眼視覺的客觀評估指標	23
3.3 加入 Entropy 評估	26
第四章 絕對性數位影像品質客觀評比	28
4.1 絕對性影像品質評估概述	28
4.2 絕對性影像品質評估	30
4.2.1 AE accuracy 指標	30
4.2.2 Contrast 指標	31
4.2.3 Flare 指標	32
4.2.4 SNR 指標	33
第五章 實驗結果與討論	35
5.1 相對性人眼主觀評比分析	35
5.2 基於人眼視覺客觀評估分析	39

5.3 絕對性客觀評比分析	43
5.4 數位影像品質綜合評估與討論	50
第六章 結論	53
6.1 結論	53
6.2 未來工作	55
參考文獻	57

圖目錄

圖 1、數位影像品質評估系統流程圖	6
圖 2、相對性客觀評比系統流程圖	7
圖 3、絕對性客觀評比系統流程圖	7
圖 4、數位影像系統架構圖	12
圖 5、LSB 可調光源箱	14
圖 6、DNP 光源箱，DNP+ color chart，Gamma chart	15
圖 7、標準多光源對色溫箱	16
圖 8、數位影像系統組成	29
圖 9、AE 準確度軟體運算流程圖	31
圖 10、對比度軟體運算流程圖	32
圖 11、Flare 現象	33
圖 12、不同程度的 Flare	33
圖 13、雜訊評估軟體運算流程圖	34
圖 14、全圖觀看模式	36
圖 15、原圖觀看模式	37

圖 16、實驗影像評估照片。(a)原始基準照片，(b)增加亮度處理，(c)模糊化處理，(d)增加胡椒鹽雜訊處理	39
圖 17、實拍影像評估照片。(a)原始基準照片，(b)為其他的對比照片.	41
圖 18、實拍影像照片，在影像上做差異化，範圍比率為+20%、+40%...	41
圖 19、不同光強度的照片	44
圖 20、AE accuracy 分析軟體介面.....	44
圖 21、AE accuracy 亮度分佈曲線.....	45
圖 22、分析對比度軟體介面	46
圖 23、分析眩光的軟體介面	46
圖 24、分析影像雜訊的軟體介面及實驗	47

表目錄

表 1、實驗影像品質評估之相機規格.....	38
表 2、人眼主觀評比平均結果.....	38
表 3、實驗照片之相對性影像品質客觀評估結果.....	40
表 4、實拍照片之相對性影像品質客觀評估結果.....	42
表 5、熵圖像複雜度的前置評估，計算時間比較表.....	42
表 6、手機相機照片之相對性影像品質客觀評估結果.....	43
表 7、AE 亮度穩定度評估結果	48
表 8、絕對性影像品質客觀評估結果.....	48
表 9、數位影像品質綜合評估結果.....	50
表 10、評估排名的差異性.....	51

第一章 緒論

1.1 研究動機

近十年來，由於電子產業與科技的快速發展，再加上社會大眾需求的提升與改變，致使消費性電子需求越來越大，功能性也愈來愈多，且趨於以使用者導向為主，人們的收入水準與生活水平不斷的提高。行動電話、數位像機不再像以前，只是有錢人家的奢侈品，而是人手一機的現象，手機照相成為一種日常生活的行為，不只是手機可以拍照，電腦上網透過 web camera 一樣可以拍照、視訊，愈來愈多的數位影像產品，為人們帶來新的溝通方式，並且也為市場的未來帶來了無限的商機。

我們生在一科技日新月異的時代，更另人訝異的是，產品發展與市場的穿透力更是可怕。短短時間內，過去可能動輒幾萬元的百萬畫素手機相機，現在可能用不到萬元的價格就買到，而且 camera 也成為手機必備的功能。大家也開始會注意相機的功能和數位影像的品質，現在的人很喜歡拍照，不管是好吃的、好玩的、或是好看的。隨時隨地都會拍照，所以影像品質的好壞是很重要的，以免重要時刻拍出不佳的照片。

我們每天都收到許多的資訊，而且不單只是文字，而是真實的照片，我們不止可以聽更可以看。人是一種視覺的動物，如果是文字與圖片，相信大家還是喜歡看圖。數位影像的好處除了在資料保存與傳遞比較便利，還有重要的一點是方便做影像處理，這是很重要的。現在的 camera system 與有過去有很大的不同，不管是感測元件、影像處理技術或 Data 儲存方式等等，都有相當大的進步。不論你是不是是一個對攝影有研究的人，你總會

希望你拍出來的照片是美美的，亮度適合的。但是有時可能會不如人意，原因很多可能環境影響、攝影技術、相機品質、影像處理技術等。但其實數位照片都可以作後置的影像處理，是非常彈性的。

一般的數位影像產品在出廠前，會經過許多影像處理的過程與影像調整。然後經過品質測試後出廠，我們一般看到的是終端產品所以是看到最後的結果。我們希望可以拍出高品質的數位照片，但是數位影像的好壞，其實有一部分是很主觀的，容易受人的影響，標準不一，如果依賴人眼觀察也不客觀。所以本論文希望能發展一套影像品質的評估(Image Quality Assessment)能利用科學量化的方法，針對目前的影像系統作影像品質評估，評估影像系統最後的影像品質指標，並且期望利用這套評估方法以後可以應用在前期研發、影像處理的研發階段，與最後產品影像品質驗證階段，將代表影像品質指標依據，有一個客觀流程與評估方式。

數位影像品質是一個相當重要的問題，如果你想要有好的數位影像，要提昇影像處理的能力，可能需要一個客觀的評估環境與方法，目前有一些網站，會針對市面上的手機相機或相機作數位影像品質的評比，但是多半不是專業或是有系統的分析評比，所以個人覺得不夠客觀，消費者容易收到錯誤訊息。採用一套客觀影像品質的評估方法，客觀的評估環境，應該可以改善這樣不專業、沒有標準化的評估方式的問題，而有一些更具體的指標，一般使用者在選購比較時也能有更明確的認知。目前數位影像產品眾多，應用廣泛，本論文是針對手機相機系統來評估最後的影像品質。如何藉由科學量化的方式來分析影像品質，我想這是很重要的課題。

1.2 研究目的

數位影像品質評估一直以來就存在一些爭議。一般來說，”較佳的”影像品質最後還是由人的主觀視覺判斷(Subjective Visual)作為評估結果。但是人的主觀判斷有一重大缺點，缺乏客觀評估之依據，最後使得影像品質評估表現出不一致性。傳統影像品質評估方式是運用心理物理法(Psychophysical Method)，採用主觀視覺評量標準來產生客觀量化分析指標(Objective Quantitative Analysis)，但是人眼主觀視覺評量的環境建置與過程繁複，不利於大量資料觀測，與科學分析。以現在的科技研究與現代化生產，數位影像產品也不適合以人眼主觀視覺評量為主，因為太多因素可能影響結果的一致性。我們需要一些利用計算方法來量化影像品質指標，有效提昇影像品質評量的一致性與精確性，以利研究分析。

一般來說目前數位影像品質評估的應用可分為三部分，第一是顯示器的影像品質評估，像我們的電腦顯示器，數位電視，舉凡一切可以輸出影像訊號供人眼觀測的裝置。第二是視訊影像(video),舉凡一些動態影像資料、格式(mp4、avi...)。第三是 Digital Image 品質評估，就是我們現在的數位照片。這三部分應用層面很廣，技術領域不盡相同，影像品質評估方式也有所差異，本論文研究主要重點是以手機相機影像系統作為數位影像品質評估為研究目標。

本論文的研究方法分為主觀評估與客觀評估兩種方式。主觀評估就是保留傳統的人眼主觀視覺評估，客觀評估的部分除了絕對性的客觀影像品質指標評估還加入一考量人眼視覺(HVS)的相對性客觀評估方法，主要是希望這客觀評估方式的結果接近人眼觀測的感覺，所以我嘗試引用這個新的影像品質評估方式，可以將人眼視覺的影響因素加入，期望本研究最後的綜

合評估結果，是一種適合的客觀影像品質指標。目前數位影像產品除了一些專業級的數位相機有標準的影像品質測試報告，其他的產品絕大部分都沒有，如果消費者想了解那一款手機相機性能較佳，只能由一般評比網站獲取資訊，但這些資訊往往不夠專業、沒有系統性、沒有統一標準、影像品質不一。本論文期望能用有系統的方式來評估影像品質。

數位影像品質評估其實是一個複雜問題，一張圖其實是經過許多影像處理的應用產生，我們可以定一些絕對性的影像品質指標來分析。但是實際上的評估結果可能並不完美，原因是影像品質可能不只跟信號數值有關係，跟人的喜好與人眼的感覺、審美觀有一定的關係。人類的視覺反應是一種複雜的心理活動，我們可能無法用一些簡單方法來評估，如一般常用的客觀評估方法，訊號雜訊比(Signal to Noise Ratio, SNR)、峰值訊號雜訊比(Peak Signal to Noise Ratio, PSNR)等。所以本研究嘗試利用多種評估指標與比較方式，將影像品質結合多種統計方法來評估，研究結果應該會更貼近有意義的影像品質指標。

1.3 系統架構

本論文的研究主要是要建立一客觀數位影像品質評估系統，整個評估系統分為三部分。分別是相對性的主觀評比指標、相對性的客觀評比指標、絕對性的客觀評比指標。一開始我們必須要先建立相關的量測環境，盡量讓環境變異因素減少，讓量測環境固定一致，然後收集相關的評估照片。這是影像品質評估系統的前置作業，這是很重要的一環，因為影像品質很容易受環境影響，如果控制不佳，會造成後面實驗結果不一致評估指標不正確，整體評估系統流程圖如圖一所示。

相對性的主觀評比，主要是由人眼觀察收集的評估照片，由選定的觀察者比較照片，將影像品質由優到劣分類，因為影像品質的評估項目很多，所以我們會設定幾個相關的評估項目，主要會對應絕對性的客觀評比項目，然後給定一個分數，作為相對性影像品質主觀評比的一項依據。因為圖像主要還是要給人觀看，而人眼的感覺又是獨一無二，所以本研究仍然希望透過人眼觀察的結果，轉換成量化的數值，作為相對性的客觀評比指標，絕對性的客觀評比指標的分析依據。

相對性的客觀評比，客觀的評估指標主要是希望能利用一些簡單的數學模型來量化分析相關的影像品質評估。因為人眼的主觀評估固然相當的直觀，但容易受環境與人的主觀意識影響，不易控制與分析，且過程繁雜費時。所以需要客觀的評估方法來進行綜合評估，理想狀況是客觀評估方法與主觀評估結果相符，但是人眼視覺是一複雜系統，單是一些定量統計的數學方法可能沒辦法達到這目標。所以本論文研究嘗試一種考慮人眼視覺的演算法[3]，這個客觀影像評估方法主要是評估兩張圖像之間的結構化差

異，評估的因素包括影像亮度、影像對比、影像結構等差異性，最後產生量化的評估指標，系統流程圖參考如下圖 2 所示。

最後一部分是絕對性的客觀評比指標，這部分主要是針對一些會影響影像品質的指標作分析，由於影像品質絕對性指標有很多，基於研究目標與資源考量，所以本論文研究選定幾個重要的影像視覺指標作個別分析，如亮度、對比性、noise 程度等指標，然後與前面的兩個部分做綜合比較評比，以期能符合人眼評估的結果，系統流程圖如下(圖 3)所示。

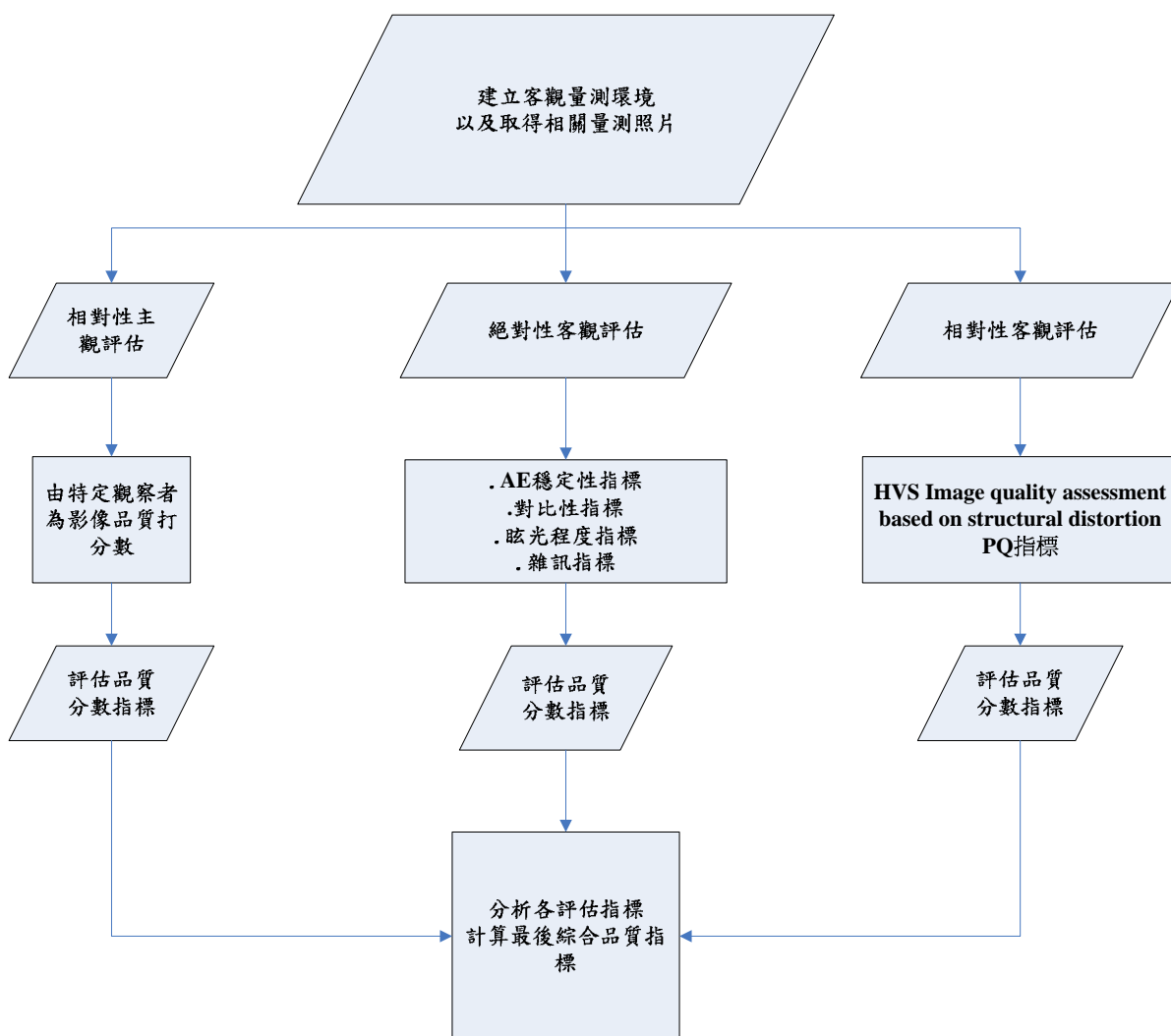


圖 1、數位影像品質評估系統流程圖

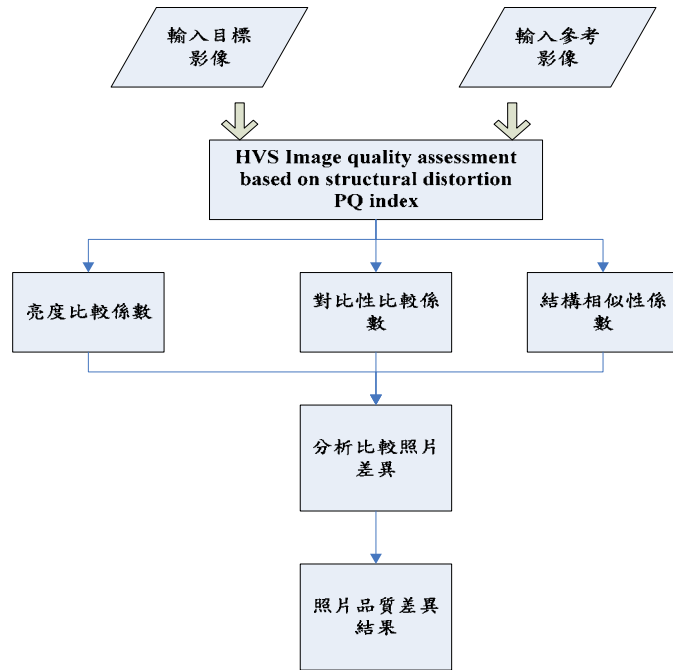


圖 2、相對性客觀評比系統流程圖

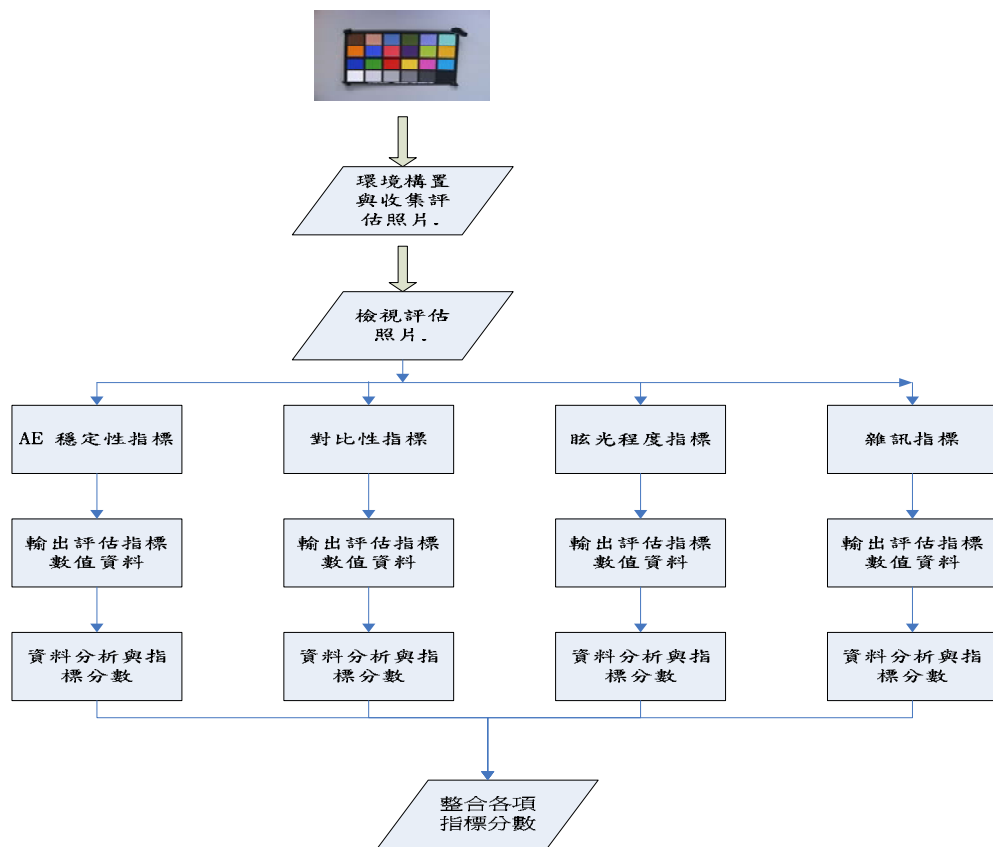


圖 3、絕對性客觀評比系統流程圖

1.4 文獻探討

數位影像技術已經發展多年，但是真正的普遍應用其實是近來幾年。由於手機相機、數位相機的流行，使得數位影像成為主流。目前一般對於數位影像品質的評估方法分為兩種：主觀評估以及客觀評估，前者主要是以人眼來比較影像品質，後者是以較科學、統計的方法計算出影像整體的差異性，來評估品質。

數位影像品質的評估與量測，在過去的影像品質評估，其實大部分以主觀的人眼觀察為主，這是一種心理物理上的量測，影響人眼判定的因素很多，如環境因素、影像內容、偏好、影像類型等等，如何控制變因，使人眼判定一致是很重要的。由於人眼主觀視覺評量過程繁複，不利於大量資料觀測，與科學分析。眾多因素可能影響結果的一致性，所以開始有用計算方法來量化影像品質指標，也就是客觀評估。

客觀影像品質評估還分為相對性客觀評估與絕對性客觀評估。相對性客觀評估常用的方法有均方根誤差(RMSE)、峰值訊號雜訊比(PSNR)、訊號雜訊比(SNR)、標準化相互關係數(Normalized Cross Correlation ,NCC)等等。絕對性客觀評估常用的方法有熵值(Entropy)、影像標準差(STD)、影像灰度平均值(Mean)等等。評估方式皆是比較、計算影像資訊量的差異情形，在一些國外文獻中皆有探討[1]、[3]、[6]。然後再以視覺的方法直接觀察影像內容，結論評估結果是否符合人眼觀感。但是實際上的評估結果可能並非完美，原因是影像品質可能不只跟信號有關係，跟人的喜好與人眼的感覺、審美觀有一定的關係，所以又有學者提出了一些與人眼感覺相關的研究，如[1]提出的 UQI 通用指標、[4]提出結構相似指標(SSIM)、[3]提出影像品質

定義指標 PQ，以上方法皆是可以對影像品質做客觀評估。

本論文也參考一些過去國內相關的研究，有一些針對特別領域的影像做品質分析的研究，如航拍影像、衛星影像、LCD 顯示器等等。還有一些絕大部分都是針對 VIDEO 壓縮影像品質評估。隨著數位影像產品的普及，大家對影像品質的要求愈來愈高，影像產品製造商，都會發展自己的一套影像品質調整方法與影像品質評估系統，日前法國的影像品質評估公司 DXO，發布將結合一些相關數位影像發展公司成立國際影像產業協會 IIA (International Imaging Industry Association)，構想設計五星評等影像品質測試標準，可見數位影像品質評估未來將是一項重要的研究工作。

1.5 論文架構

本論文共分六章節，每章節內容敘述安排如下，首先第一章將介紹本論文的研究動機、研究目的、相關文獻介紹、論文系統架構及流程。第二章針對相對性數位影像品質主觀評比的方法與量測環境建置，相關硬體設備介紹。基於人眼視覺的數位影像品質客觀評比的方法與改善方式將於第三章介紹。接著在第四章介紹絕對性數位影像品質客觀評比的方法與指標分析。第五章我們針對整體實驗結果作分析與討論，對論文做總結與分析。最後在第六章對於本研究做結論，對於研究未盡理想之處作探討，以利持續研究改善。

第二章 相對性數位影像品質主觀評比與環境設置

本論文研究是要建構一客觀影像品質評估系統，但是人眼是一個獨一無二的評估系統，且還牽涉到人的心理心素，可說非常複雜。我們希望能使用一些客觀科學量化的方式來表示影像品質的差異，藉以提昇人眼主觀評估的效率。但最後影像還是給人眼觀看，所以影像品質評估仍需要主觀評估作依據。

一般說來數位影像品質評估分成主觀評估與客觀評估兩個部分，主觀評估部分就是以人眼來觀察影像品質的優劣、差異。客觀評估部分是以相關數值計算方法來量化影像品質指標。

影像品質的主觀評估是以人來做評估，這些人我們稱為觀察者，觀察者還有區分成兩類，一類是未受過影像處理專業訓練的觀察者，我們又稱為『外行』觀察者，一類是受過影像處理專業訓練的觀察者，我們又稱為『內行』觀察者，『內行』觀察者因受過一些相關訓練，所以對一些相關的影像品質細節會比較注意，也可以具體的說出影響影像品質的指標。主觀評估的觀測方法上還分成兩種，一種是絕對評估，一種是相對評估。絕對評估要先訂定一些評估指標或評估事項，然後由觀察者來進行評估。相對評估則是由觀察者由受測的照片根據個人的評估，將照片分比較類出來，並依據給予一個分數。

在下面的小節中，將一一介紹相關的一些品質量測設備，要如何建立一個量測環境，取得我們需要的照片，以及如何進行相對性影像品質主觀評

估。

2.1 數位影像系統

開始要對數位影像品質作評估之前，先概略的介紹一下數位影像系統的組成，了解整個系統的核心元件與功能，才能進一步的了解對數位影像品質的影響。數位影像系統一般來說有三大主要控制元件：鏡頭(Lens)、感測器(Sensor)、影像處理控制器(Image Process Control)，Lens 主要對光訊號與成像處理，SENSOR 感測光訊號將光能量轉移成電子能量，電子能量再轉成電子信號，最後影像處理控制器接受其電子訊號與其他電子元件作影像處理，之後輸出成我們一般人眼看的標準數位影像，請參考圖 4 架構圖。

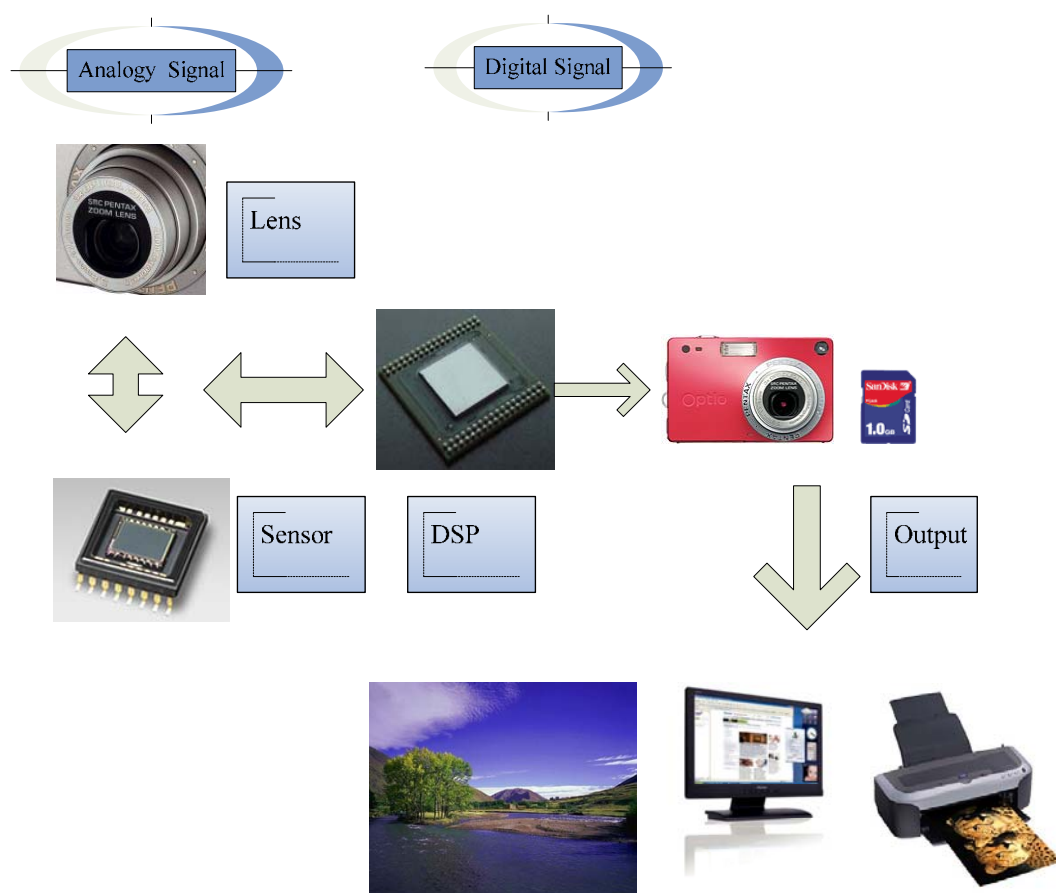


圖 4、數位影像系統架構圖

目前數位影像產品的影像系統架構大致如上，影像品質的好壞影響的因素相當多，這裡先就這三個主要控制元件作說明。Lens 一般分為 AF(Auto Focus)、FF(Fix Focus)，Lens 對於銳利度、解析度、光的均勻度等影像品質有影響，Sensor 是影像感測的主要部分，就像是人眼的感光細胞，一般分為兩種主要類型 CMOS Sensor 與 CCD Sensor，兩者的架構、製程、設計、應用特性皆不同，特性如光電轉換的能力、感應能力、Noise 濾波等，簡單差異就是 CMOS Sensor 價格便宜、整合性高、省電、應用產品廣，但是影像品質較不佳，CCD Sensor 反之。Sensor 之後接到影像處理控制器作後端的影像處理，也是我們一般熟知的 DSP(Digital Signal Processor)部分，也就是影像處理演算法的部分，目前產業界大多投入研究發展 DSP 技術，各家所長不一，產品類別繁多。我們看到的影像效果也都是由 DSP 的部分完成，所以 DSP 的好壞對影像品質影響也很大。綜觀以上說明可知，數位影像品質取決於許多綜合因素，本論文研究基於資源、個人能力考量，沒有辦法一一研究數位影像品質指標，但仍根據設定研究目標擬定一些影像品質指標來做評估。

目前市面上的數位影像產品繁多，但是確沒有一個管理數位影像品質的規範，除了一些專業級的相機公司會發展這樣的技術，以手機相機為例，一年手機的銷售額最少也有幾億支，卻沒有客觀的數位影像品質指標，一般消費者只能由銷售網站得到一些較不客觀的數值指標，因為銷售業者或雜誌社可能只拍攝幾張不同照片然後幾個撰稿的人下評語，這樣的方式並不客觀也不專業，本論文提出數位影像品質評估，期望能改善這問題，能利用這系統重覆、簡易、穩定的去檢視數位影像品質指標，且加入人眼視覺考量的指標，以求可以有較客觀的數值，作為參考、改善的依據，本論文設定評估的目標，以終端產品為主，選定幾款目前市面上的手機相機，

以推出時間、相機規格相當的機種作為研究評估的對象，數位影像品質指標本論文擬定以亮度、對比性、雜訊程度為評估重點，最後綜合量化評估指標。

2.2 硬體設備與量測環境設置

首先要先介紹關於數位影像品質量測的設備儀器，要作客觀的影像品質評估，要先設置量測環境，將環境統一才能避免環境因素的影響。實驗結果也才會客觀一致，本論文研究採用一般產業界標準的影像品質調整、量測設備進行實驗。根據本研究評估影像品質指標，我們必須要使用到一些相關儀器設備。如下介紹說明：

1、Light Source Box(LSB)

LSB 可調光源箱，產生白色均勻光源，製造商為日商壺阪電機，型號 LSB-111/4，可參考圖 5。燈箱可設多種不同色溫光源，約 2800K~5500K，光源亮度範圍約在(LV5~LV14)，對應亮度照明值是 25lux 到 12000lux 之間，LV 值愈低愈暗，可調整亮度單位為 0.1LV。為一般相機公司量測不同亮度變化的設備，本研究使用來評估 AE Accuracy 的評估指標。



圖 5、LSB 可調光源箱

2、DNP Light Box

DNP 穿透式灰度箱，產生均勻穿透光，前方可放置不同的 Test chart，做不同的影像品質評估，製造商為日商大日本印刷，還有一些相關的 chart，本論文使用 JETA ITE Chart 做對比、Flare 指標評估，可參考下圖 6。燈箱固定色溫光源，約 5000K，光源亮度範圍(LV10)，應用於相對性的影像品質客觀分析與絕對性的影像品質評估，詳細規格可上網查詢。

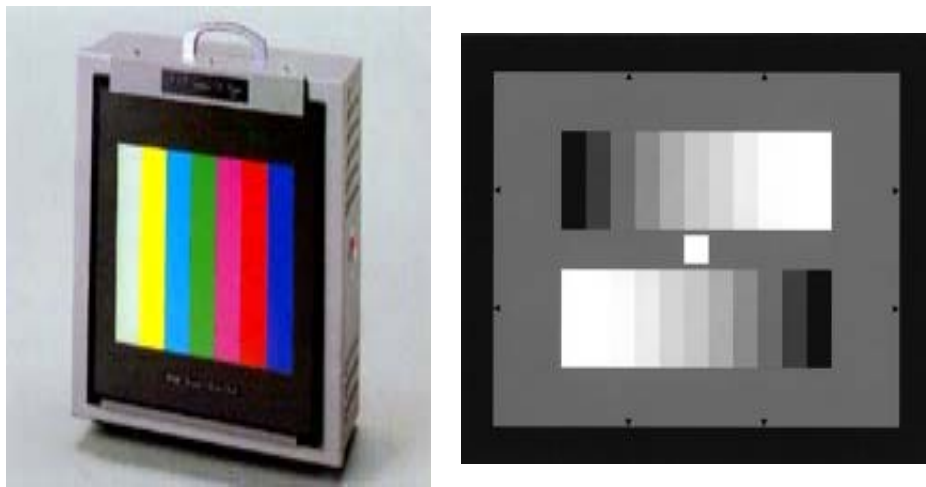


圖 6、DNP 光源箱，DNP+ color chart，Gamma chart

3、SpectraLightIII 專業標準多光源對色溫箱

此標準多光源對色溫箱為一般相機廠商作影像品質調校、檢視的設備，可參考以下圖示。可以提供六種標準的對色溫光源，確保環境的一致性與準確性。六種標準光源為 D65、D50、CWF、TL84、U30、A_light，色溫由高到低。本論文使用 D65(6500K)環境色溫下拍攝照片，做相對性的影像品質客觀分析與絕對性的影像品質評估，燈箱詳細規格可上網查詢。



圖 7、標準多光源對色溫箱

4、照度計(Lux Meter)

以照度計量測環境光源亮度，以確保環境光源的一致性與準確性。

接下來要說明實驗環境的設置與注意事項。本論文的實驗環境在一般標準暗房，除了實驗儀器的光源，秉除其他光源影響。Lux Meter 量測結果約 0 lux，注意事項要將外界影響光源降至最低，然後將評估手機設定調整至一致設定，如解析度、影像效果、以及 Scene Mode 設定等。

2.3 取得評估照片

現在要說明如何取得論文評估數位照片，整個評估系統分為三部分，根據本論文設定的絕對性影像品質指標，在本實驗設置的環境下，每隻評估手機需取得 16 張照片，這一組照片將作為本研究的評比資料。

評估照片說明如下：

- (1) 拍攝 LSB-111 燈箱均勻光源，由 LV5~LV14，每間隔一 LV 拍一張，本研究使用來評估 AE Accuracy 的評估指標。
- (2) 拍攝 DNP 燈箱加上 JETA ITE Chart，拍攝的視場(view)以拍攝到整張

chart 為主，不要讓旁邊的黑框入鏡影響亮度與對比，可參考上圖六所示。

- (3) 在標準多光源對色溫箱拍攝 24 Color chart，24 Color chart 是一標準的色彩圖。在 D65、D50、CWF、TL84、A_light 色溫下各拍一張，Color chart 要在整張畫面中間，約佔 60%，以避開暗角、色偏的影響，本研究使用色卡的灰階來評估 Noise 的程度。後面章節將會依序說明本論文研究，如何運用這些照片作數位影像品質客觀評估。

2.4 相對性影像品質主觀評比

本章節將說明相對性影像品質主觀評估。影像品質主觀評比，前面開始已經有簡單介紹說明過，影像品質的主觀評估是以人來作評估，一般來說主觀評估分相對性主觀評比與絕對性主觀評比。絕對性主觀評比是以觀察者根據評估的指標與個人的觀感去對評估照片做量化評估的行為，可能會有多種不同的指標。絕對性主觀評比通常使用評估分數是 1~5 分，分為 5 個等級，分數愈高代表主觀評比較佳，反之分數較低代表主觀評比不佳。相對性主觀評比的部分，會提供一組對照的資料，作比較參考。觀察者將觀察數張影像，根據觀察評估的指標去將影像作優劣分類，給予一個量化的分數，通常相對性主觀評估分數是 1~7 分，分數愈高代表該指標主觀評比較佳，反之分數較低評比不佳。這是一種人眼感覺的物理實驗，藉由人的觀察將影像品質作一個分類，作為本研究實驗的參考依據。

為了對影像品質作觀察，本研究設定幾個觀察的影像品質評估指標，以 Gamma 對比、Flare 亮度、Noise 程度為主要的評估指標。採用相對性主觀評比，7 分制評估方法，依據我們的設定評估指標，對取得的評估照片進行評估。本研究將選擇影像處理的相關工作者，健康狀態良好之觀察者，我們將要進行評比的照片依規格進行分類，隱藏品牌代號。以避免觀察者受品牌觀念”先入為主”的影響，照片以代號代表，在固定顯示器上觀察影像品質評估指標。觀察者依據制定的評估指標依序進行評比，依據 Gamma 對比、Flare 亮度、Noise 程度等指標給予各項評分，對分類的照片相互觀察比較，以 1~7 分的分數，由感度最佳到感度不佳依序給分。

最後評估結果，依據各項評估指標，將平均的評估分數算出，其平均評

估分數計算方式如下 (1-1) :

$$C_s = \frac{\sum_{K=1}^K N_k C_k}{\sum_{K=1}^K N_K} \quad (2-1)$$

上式中的代表意義說明， C_k 是代表 k 項影像品質指標的評估分數， N_k 是代表 k 類的觀察人數， C_s 則是該項影像品質指標的平均分數。

第三章 相對性數位影像品質客觀評比

數位影像品質的客觀評估對影像處理來說是很重要的。如何分析、創造最佳的影像品質，前面章節有介紹主觀評估與客觀評估，一般來說影像品質客觀評比應分相對性的評估與絕對性的評估，本章我們先介紹相對性的評估指標。

相對性影像品質客觀評估，是將影像用對比的方式作比較，一張為目標影像，另一張為對比影像，計算量化兩者之間的差異，做一量化的品質差異指標。目前被廣泛使用來客觀量化影像品質指標的方法有下列幾種，均方根誤差 (Root Mean Square Error, RMSE)、峰值訊號雜訊比 (Peak Signal to Noise Ratio, PSNR)、訊號雜訊比 (Signal to Noise Ratio, SNR)、平均絕對誤差(MAE)等等，這些常用的數學定義它們被廣泛的應用在影像處理，包含影像品質評估，它們計算快速且複雜度低，可獨立觀察某些指標。不過單使用這些方法作為影像品質客觀評估指標，並不理想因為這結果會與人眼觀察有所出入。人眼視覺是一種複雜系統，可能受到許多因素的影響，並不單獨只是信號與雜訊之間的差異關係，所以有些人提出新的影像品質客觀評估方法，加入考量人眼視覺的因素，例如亮度、對比性、相互關係等等影響因素。參考文獻[1]、[3]。

3.1 客觀影像品質評估概述

對於影像品質的客觀評估，旨在評量影像間的品質差異，如一張目標影像與另一張調整後的對比影像差異，利用一個能反應影像品質差異的數學模型，使得影像品質客觀評估可以更快速、穩定、容易量化。降低對主觀評估的依賴。目前較被廣泛使用的數學模型有下列幾種,大概說明如下:

均方根誤差(Root Mean Square Error, RMSE)，可量測原始影像與對比影像間的誤差來判斷不同影像間的品質差異，RMSE 的計算式如下：

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N (X_{ij} - Y_{ij})^2} \quad (3-1)$$

上式定義， X_{ij} 是代表目標影像的像素值， Y_{ij} 是代表量測影像的像素值， MN 則是代表影像圖片的大小。

峰值訊號雜訊比(Peak Signal to Noise Ratio, PSNR)，一般的影像壓縮或影像重建會採用此方法來做比較差異，確保資訊不會漏掉太多。

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{X_{peak}^2}{\frac{1}{MN} \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N (X_{ij} - Y_{ij})^2} \quad (3-2)$$

上式定義， X_{ij} 是代表目標影像的像素值， Y_{ij} 是代表量測影像的像素值， MN 則是代表影像圖片的大小， X_{peak}^2 是代表影像相素的最大值，以像素值 8Bit 來說，最大值是十進制 255。

訊號雜訊比(Signal to Noise Ratio, SNR)，原始訊號與 MSE(Mean Square

Error)的比值，一般會轉成 dB 值表示。

$$SNR = \frac{S}{MSE} = 10\log_{10} \frac{\frac{1}{MN} \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N X_{ij}^2}{\frac{1}{MN} \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N (X_{ij} - Y_{ij})^2} \quad (3-3)$$

平均絕對誤差(MAE)，取目標影像與量測影像間的差異，作為品質評估的指標。 X_{ij} 是代表目標影像的像素值， Y_{ij} 是代表量測影像的像素值， MN 則是代表影像圖片的大小的像素值。

$$MAE = \frac{1}{MN} \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N \left| \frac{X_{ij} - Y_{ij}}{X_{ij}} \right| \quad (3-4)$$

以上是現在一般常用的客觀評估方法，這些方法計算簡單、嚴謹、易於理解，但有一最主要的缺點，其結果不符合人眼主觀觀感，根據一些相關的研究顯示確有這樣的現象，原因是這些方法可以反應整個影像之間的差異化的統計，但是沒辦法表示區域性的差異特性。當某些影像像素間差異較大或多數像素的差異較小時，最後採用平均計算的方式，無法突顯影像間的差異，再者也無考慮人眼感觀的特性因素，所以結果無法符合人眼主觀觀感。為了解決這個問題，本研究希望能利用一些新的評估方法，使我們的影像品質客觀評估更接近人眼的觀感。

3.2 基於人眼視覺的客觀評估指標

關於人眼視覺評估方法，本論文主要參考[3]提出的研究方法，他指出多數影像失真模型多與相對係數、亮度差異、對比差異有關，所以利用這三項因素做為影像品質的客觀評估，這是一個有效的評估方法，但是這個影像品質結構差異化指標，仍有一些問題，如沒有考量人眼對於清晰度的觀感，人眼是一種複雜的系統，影響的因素很多。為了有更好評估結果[3]，又提出一種基於[1]的數學模型的方法，加入人眼對於影像清晰度觀感的考量因素，本研究嘗試引用這個新的方法做人眼視覺的客觀評估指標。

這個由[3]改良影像結構變形的差異量測方法，主要是比較兩張相近影像，基於定義因素的兩者差異，如相關性、亮度、對比等因素，作為影像品質的客觀指標。定義如下：

$$Q = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} * \frac{2\overline{xy}}{(\overline{x})^2 + (\overline{y})^2} * \frac{2\sigma_x \sigma_y}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \quad (3-5)$$

$$PQ = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} * \frac{2\overline{xy}}{(\overline{x})^2 + (\overline{y})^2} * \frac{2\sigma_x \sigma_y}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} * \frac{P}{255} \quad (3-6)$$

$$\text{表示, } \overline{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad \overline{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i,$$

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \overline{x})^2,$$

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \overline{y})^2,$$

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \overline{x})(y_i - \overline{y}), \quad P = \frac{\sum_{i=1}^{M*N} \sum_{a=1}^8 \left| \frac{df}{dx} \right|}{M * N}$$

上式中定義(3-5)式為(3-6)式的函數， \bar{x} 為目標影像灰度平均值， \bar{y} 為參考影像灰度平均值， σ_x^2 為目標影像之方差， σ_y^2 為參考影像之方差， σ_{xy} 為原始與參考影像間之協方差， x_i 為目標影像中第 i 個像素值， y_i 表示參考影像中第 i 個像素值， N 為影像之大小($M*N$)， df/dx 表示的是在一距離間，每個像素值間的差異量。

根據上面例舉的數學定義 Q ，以下我們簡稱 UQI 指標式，由[1]提出的一種影像品質客觀評估方法，此方法比傳統的客觀評估方法更能反應出影像品質的差異，其主要原因如下:第一是考量較多影響影像品質的因素，在這個數學定義影像指標中主要考量三個因素，兩者相互關係、亮度改變、對比改變。第二是可以使用分割區塊計算方式，計算兩邊影像差異再加總平均，這與傳統整體計算方式不同，更能突顯區域的差異，我們可以定義一個 $M*M$ 的區塊作為計算單位，從影像的左上角開始，依水平、垂直方向移動計算兩者的差異性，直到影像右下角。每一個區塊是一個區域的影像品質差異指標，最後再取平均為整體影像品質指標，定義請參考下列式(3-7)。第三此影像客觀指標量化值在-1 至+1 之間，可以有一個適當的指標值。此影像客觀指標第一部份量測 x 與 y 之間的相互關係，其範圍是[-1，1]。第二部份是量測 x 與 y 之間的影像亮度變化，其範圍是[0，1]。第三部份是量測 x 與 y 之間的影像對比變化，其範圍是[0，1]。當兩張影像品質結構最相近時，會得到 1 最佳值。

$$Q = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M Q_j \quad (3-7)$$

[Zhou Wang]提出的影像品質客觀評估方法，具有一定的客觀評估效用，但是並非完美，其中有一個因素是，這個方法沒有考量圖像的清晰度，人

眼對於影像品質的觀感，清晰度也是一重要因素。為了改善評估的效果[3]利用[1]的數學模型加入考量圖像清晰度的因素，稱為點銳利度的評估計算方法，請參考上式 P 的定義，該方法是基於邊緣銳利的質量評估，利用影像相鄰像素的差異度，作為影像清晰度評估的指標，影像清晰度較佳的圖片有一個特性，邊緣交界的地方差異值會較大，如果是模糊的影像，邊緣會有擴散的現象，使相鄰的像素差異性變小。所以利用這個方法來作影像清晰度評估，讓每個像素與相鄰的像素作減法，然後再取平均值，當作單位指標，最後平均整個圖像的結果，得出最後的清晰度評估指標， P 的最佳值為 255，值愈大代表清晰度佳，產生新的 PQ 指標定義。新的客觀影像評估指標增加人眼對圖像清晰度的反應，相信能使客觀的評估指標更接近人眼觀感。

3.3 加入 Entropy 評估

前面介紹了基於人眼視覺的客觀評估方法[3]，相信對於本研究的方法有了更深一層的認識。對於上個章節的影像品質客觀評估方法有提到一個優點，可以作區域性的客觀評估，就是說可以將影像使用分割區塊計算方式，算出每個區域的差異，然後再加總平均。在參考研究論文中並無特別定義分割區域大小，所以本研究在這裡作了一些的改善，加入熵(Entropy)圖像複雜度的前置評估，在不影響影像品質客觀評估結果與準確度的要求下，有效的縮短計算的時間。基本上在評估計算時可以以像素為單位，逐一比較計算，數值上可能較為精準，但是運算時間上較耗費時間。如果要評估大量的資料可能更費時，所以可以先對評估影像作熵(Entropy)圖像複雜度判定，如果圖像複雜度很高，代表圖像資料變化高，定義單位區塊可以小一點，反之圖像複雜度低，圖像資料較為單純，定義單位區塊可以大一點，縮短計算時程，但不影響計算結果，這樣我們可以動態定義一個 $M \times M$ 的區塊作為計算單位。

熵值(Entropy)，在物理意義上稱為亂度，其應用範圍很廣。影像基本應用是根據影像像素值(Pixel Value)出現的機率來評估影像的資訊量、複雜度。如果一張二元化影像，其圖像上的值不是 0 便是 1 灰度值，所以每一種值出現的機率是相同的，但是值與分佈位置無關。若一影像資料使用 8 位元(8bits，值為 0~255)表示，且每個值出現機率皆相同，則此影像的熵值會等於 8。熵值(Entropy)越高，則代表影像中不同訊號出現的機率高，對影像資訊而言愈豐富，愈複雜。所以我們先分析評估影像的亮度變化，然後作熵值的統計分析，設定不同門檻值，熵值愈高，代表影像資料變化較大，影像較複雜。反之，影像表現較簡單。

$$Entropy = -\sum_{i=0}^{255} P(i) \log_2 P(i) \quad (3-8)$$

上式為熵值(Entropy)的定義，式中 i 代表訊號源的範圍， $P(i)$ 則是代表 i 訊號源出現的機率大小。一般來說許多影像處理或影像壓縮都會應用熵值、直方圖來評估影像的資訊變化與差異，本論文則利用熵值(Entropy)來作影像複雜度的前置評估。

第四章 絕對性數位影像品質客觀評比

本章節會介紹本論文所採用的絕對性影像品質客觀評估。前面章節有提到一般絕對性客觀評估常用的方法有熵值(Entropy)、影像標準差(STD)、影像灰度平均值(Mean)等方法，這些方法都是針對影像的像素資料作統計計算，然後得到一個整體的量化數值。絕對性影像客觀評估跟相對性影像客觀評估不同，絕對性客觀評估不需要與另一張影像做對比，只要針對制定的影像品質指標做分析，了解影像品質不佳的指標，還有每項影像指標對影像品質的影響。

4.1 絕對性影像品質評估概述

影像品質的優劣，取決於許多的因素。放下環境影響因素與人眼感觀偏好，以整個數位影像系統來說分為三大主要部分，鏡頭(Lens)、感測器(Sensor)、影像處理器，這三部分組成一個數位影像系統，嚴格來說影像品質與這三部分息息相關，請參考如下圖(圖 8)。所以影像品質評估指標要素都與這三者相關聯，不過本研究以終端消費產品為目標，所以並沒有作非常深入的個別研究。相對性影像客觀評估是將影像用對比的方式做比較，計算量化兩者之間的差異，我們可以選定一目標影像作為調整、對比的目標，經過相對性評估後可以得到一量化差異值，但是只了解整體性差異還是不夠，我們還必須分析差異的原因，對影像品質的影響，以做為改善品質的依據，所以需要絕對性影像客觀評估。

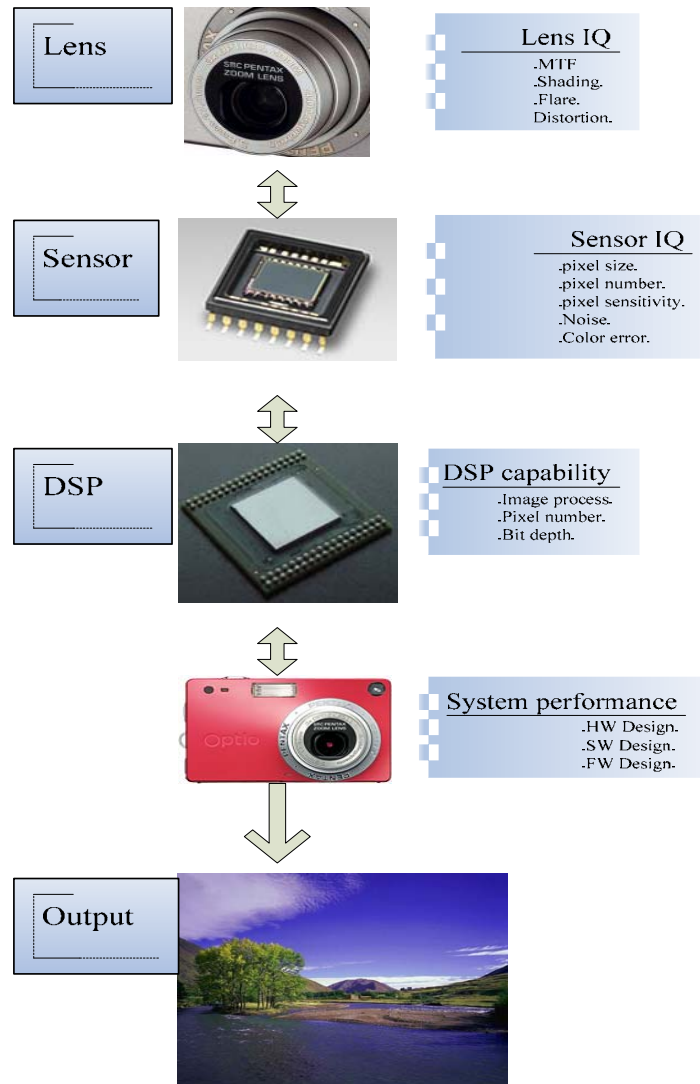


圖 8、數位影像系統組成

由於絕對性的影像品質指標眾多，本研究無法一一探討，主要選定幾個與影像品質有直接影響的指標作分析。探討的重點著重於影像亮度、對比、清晰度以及 Noise 的評估分析，本研究將會依取得的客觀評估照片，分別利用影像品質評估計算方法來分析絕對性的影像品質評估指標，在下個章節我們將一一介紹這些評估指標，亮度準確性(AE Accuracy)、對比(Contrast Range)、訊雜比(Signal to Noise Ratio，SNR)、Flare。

4.2 絕對性影像品質評估

本章節要介紹的是本論文分析的絕對性影像品質評估指標，重點在於影像亮度、對比、清晰度、Noise 的評估分析。依據前面建構的客觀環境，取得客觀評估照片，先完成主觀、相對性客觀評估後，已經有了整體影像品質的量化指標，接著要做的是單項的影像品質指標分析，數位影像系統是個複雜的系統，每個系統解決方案、元件特性不同，最後產生的影像品質也不同，所以要利用絕對性影像品質評估來分析優點與需改善的地方，本研究針對幾項基本的影像指標作分析評估，與對人眼觀測的影響。如此我們可以更清楚影像品質的優缺點，有一個統一的評估準則，作影像品質的分級。本研究的選定分析指標有：自動曝光亮度準確性(AE Accuracy)、對比度(Contrast Range)，訊雜比(Signal to Noise Ratio, SNR)、Flare 清晰度。

4.2.1 AE accuracy 指標

AE(Auto Exposure)自動曝光，數位影像系統在不同環境亮度下，控制照片亮度的機制。亮度對影像品質是一項重要的影響因素，亮度太暗，影像細節看不到，亮度太強，影像過曝只看到一片白。傳統相機曝光方式取決於鏡頭、光圈、快門、底片感光度等因素，現在數位相機曝光方式則是電子快門、鏡頭、光圈、感測器電子增益、後置影像處理等控制因素，其目的都是要得到一個較佳的亮度值，所以影像品質的好壞一開始往往先取決於亮度，人眼對於明亮度的表現也相當的敏感，不同環境亮度下經過 AE 控制，應該要收斂到一定亮度值，否則會有亮度過暗過亮的問題。

本研究利用標準燈箱，產生不同亮度白色均勻光源，由暗到亮拍攝 AE 穩定後的照片，然後計算不同亮度下照片平均亮度值，再計算平均亮度的

偏差值當作亮度準確性的評估指標，以下是軟體運算流程圖。

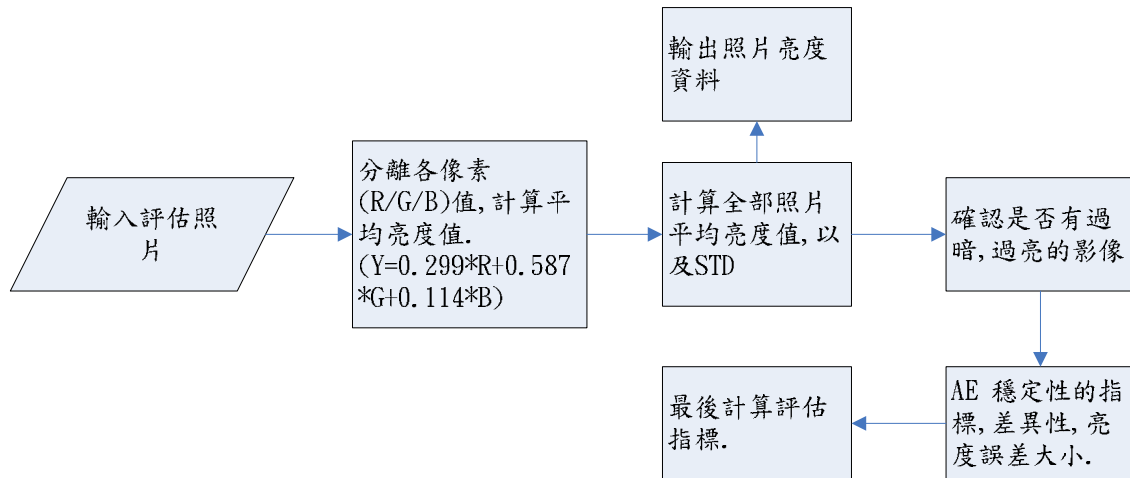


圖 9、AE 準確度軟體運算流程圖

4.2.2 Contrast 指標

對比度(Contrast Ratio)，首先我們先了解何謂對比度與其對視覺的影響，對比度簡單的定義是影像中的白色亮度與黑色亮度間比值，從黑到白的漸變層次較多。影響，由對比度定義我們可以發現，對比度越高影像層次感應更加鮮明，影像感覺愈清晰，如果對比較低，影像會感覺整個霧霧的，較不鮮明，不清晰。人眼對影像的對比度相當敏銳，對於不同亮度也會產生不同的對比感應，對比度對影像品質有很大的影響。數位影像系統的感光元件(sensor)，也跟人眼一樣對光的反應與表現不一，目前有許多的研究方法可以增強對比度，使影像中黑的更黑，白的更白，經過這樣的計算轉換可以使影像變的更為清楚，再者將影像中資料範圍增大，擴大影像的漸變層次，增加人眼分辨層次，這是一般增加對比度的原則。本研究利用簡單的對比定義作為評估對比度的指標。

$$Contrast(f) = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max} + L_{\min}} * 100 \quad (4-1)$$

L_{\max} 代表影像中最亮的值， L_{\min} 代表影像中最暗的值。以拍攝高對比 Gamma 圖像來作對比評估，以下是軟體運算流程圖。

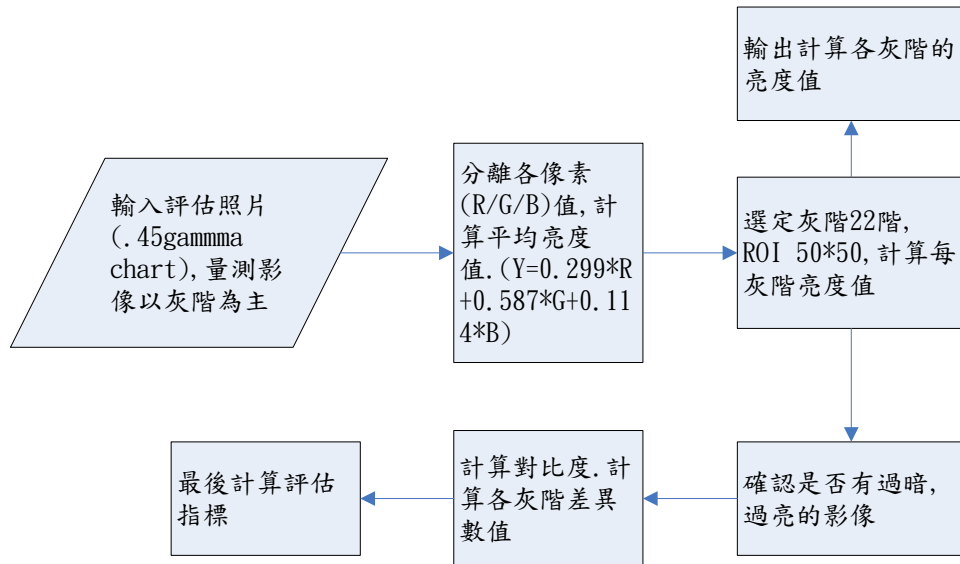


圖 10、對比度軟體運算流程圖

4.2.3 Flare 指標

Flare(眩光)，也有稱之為光暈。在強光下拍照，影像有一層霧霧的感覺，或局部清晰度不佳。這可能成因是鏡頭組裝不佳造成漏光，鏡片的反覆折射、鏡筒內的反射散射，造成相機內部表面的散射等。最後造成畫面霧霧的感覺降低了成像的清晰度，參考圖11。也可能發生在光源的相對位置形成的亮點，而周圍光暈開的情形。以下是本研究Flare的指標定義。

$$Flare(f) = \frac{L(black_area)}{L(white_area)} \quad (4-2)$$



圖 11、Flare 現象

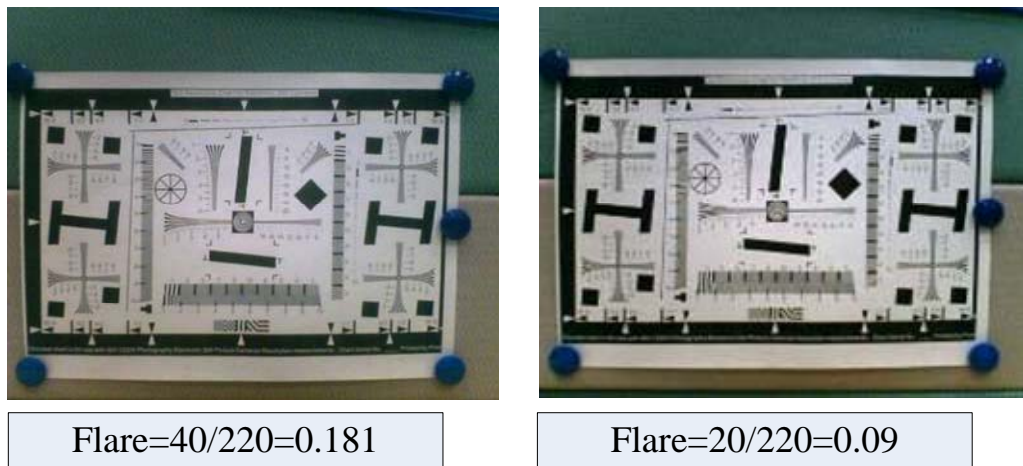


圖 12、不同程度的 Flare

4.2.4 SNR 指標

影像的訊雜比是一般常用來評估影像雜訊的計算方法，訊雜比是指影像中信號與雜訊的比值，雜訊的計算就是影像中像素值的標準差(STD)。SNR 計算出數值愈大，表示雜訊愈小，反之雜訊愈大。一般皆會取log以dB值來表示。在明亮環境中拍攝之影像，選定圖中不同亮度灰色區域，亮度不要太亮或太暗，計算此張影像中，各相同位置之像素點強度值的標準差，各像素點之標準差綜合計算方均根所得之數值，與平均訊號值作計算，最後

取log值輸出，做為在明亮環境中影像品質的訊雜評估指標。以下是SNR指標定義，與軟體運算流程示意圖13。

$$SNR(dB) = 20 * \log_{10} \left(\frac{S_{pixel}}{\sqrt{\frac{1}{m * n} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n [x_{ij} - \bar{x}]^2}} \right) \quad (4-3)$$

上式代表意思，S 為影像中選定區域所有像素點訊號值之平均值，i、j 為此影像中位於座標位置(i,j)之像素訊號值，計算區域的長度為 m 個像素，寬度為 n 個像素。

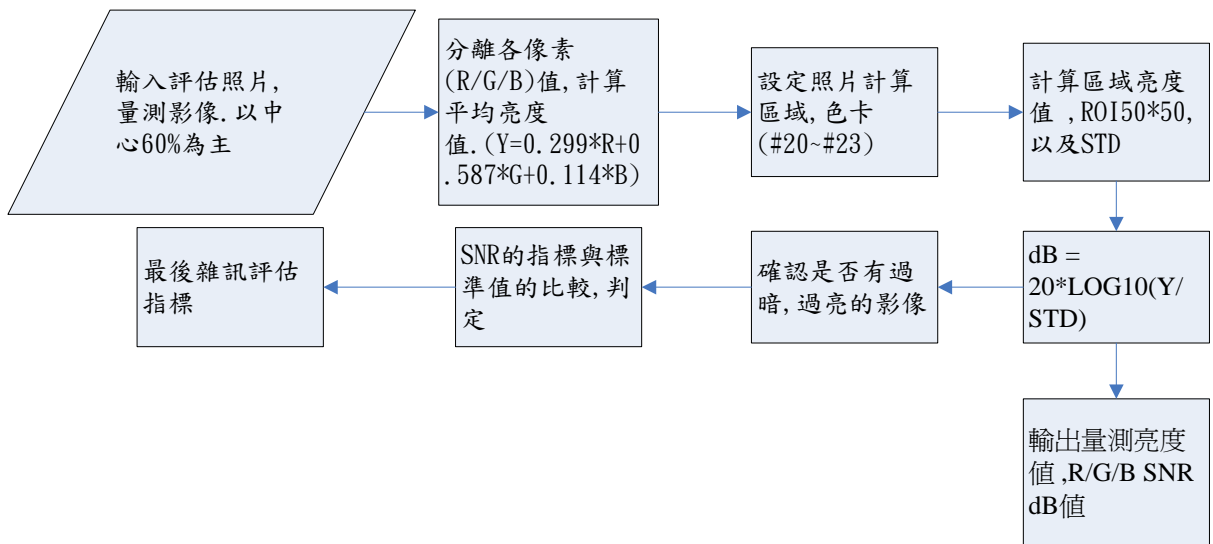


圖 13、雜訊評估軟體運算流程圖

第五章 實驗結果與討論

本章將呈獻上述各章節敘述主題之實驗結果，本研究使用的電腦器材，為 HP 筆記型電腦(T5870)，Windows XP Intel Core Duo CPU Processor 2GHz, 2GB DDR RAM，軟體開發使用 Borland C++Builder6。

5.1 相對性人眼主觀評比分析

實驗一的目的是要由人來驗證影像品質，根據本論文訂定的評比指標。前面章節有介紹關於人眼評估的作法，數位影像品質評估分成主觀評估與客觀評估兩個部分，主觀評估部分就是以人眼來觀察影像品質的優劣、差異。主要的評估指標分為三項，分別是對比性、Flare 程度、Noise 表現。

本實驗選定目前市面上一線品牌的手機像機作為實驗對像，考量選擇條件為上市時間相近、相機規格相近、性能相近的手機相機產品。由於資源考量，不可能全部的產品皆列入實驗對象，選擇品牌以五大國際手機廠產品為主，如 Nokia、Sony_Ericsson、Samsung、LG、HTC 等等，本研究選定數款手機相機進行實驗比較，本研究實驗結果純粹基於學術研究，不涉及任何商業行為、廣告利益或其他不利之行為，後面章節提及品牌將以代表型號表示，以利說明。

影像品質的主觀評估者，我們稱為觀察者，我們選定 15 名觀察者，年齡為 27~33 間，皆為男性。在同一顯示器，同一觀察地點，觀察固定環境下拍攝的照片，觀察重點為制定的評估指標。主觀相對性評估由觀察者將影像由好到壞進行分類，本研究設定幾個觀察影像品質評估指標，以 Gamma 對比、Flare 程度、Noise 表現為主要的評估指標。如圖 14 所示，使用自行

撰寫之看圖小工具作評估，以方便觀測與統計資料。本研究分別針對不同圖片設定不同觀測評估項目與評估重點說明，如對比度部分:由觀察者評估照片的對比性，Gamma 11 階是否有分隔不清，或是有階級曝光的狀況，斟酌扣分，Flare 程度:由觀察者評估照片的清晰度，注意 Gamma chart 照片表面是否有霧霧的狀況或是雜散光，Noise 部分:由觀察者評估照片 noise 程度，注意 chart (#20、#21、#22、#23)格 noise 表現程度，亮度異常斟酌扣分。

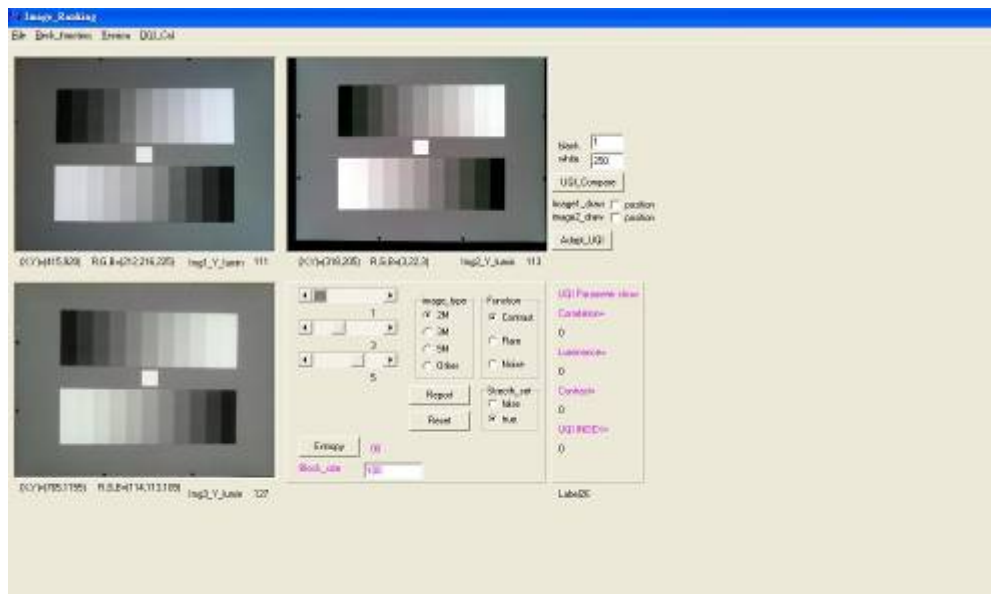


圖 14、全圖觀看模式

表 1、實驗影像品質評估之相機規格

Phone type	Sensor type	Resolution	Date
A1	CMOS Sensor	500M	200910
A2	CMOS Sensor	500M	200910
B1	CMOS Sensor	200M	200906
B2	CMOS Sensor	200M	200906
B3	CMOS Sensor	200M	200906
C1	CMOS Sensor	320M	200906
C2	CMOS Sensor	320M	200906
C3	CMOS Sensor	320M	200906

人眼主觀評比結果如下列表 2。最後評估結果，分別依據各項評估指標，再將各項的分數作正規化處理，三項滿分為 21，將各分數加總除以 21，用 100 分做正規化處理。做為最後的評估指標 Score，請參考表 2 評估結果。

表 2、人眼主觀評比平均結果

Phone type	Pixel size	Contrast	Flare	Noise	Score
A1	500M	4.0	4.3	3.6	56.5
A2	500M	5.3	5.3	5.0	74.1
B1	200M	4.3	3.3	3.4	52.4
B2	200M	5.4	5.4	5.0	75.5
B3	200M	3.1	2.3	4.9	49.0
C1	300M	3.4	3.6	4.0	52.4
C2	300M	5.3	5.4	5.1	75.5
C3	300M	5.1	4.4	3.0	59.9

5.2 基於人眼視覺客觀評估分析

實驗二的目的是要利用由[3]提出改良影像結構變形的差異量測方法，本研究稱為 *PQ* 客觀指標，做客觀影像品質評估。主要是比較兩張相近影像的差異性，且考量人眼觀測因素，作為影像品質的客觀指標。

首先我們嘗試分析一些經過簡單處理的實驗照片，分析結果是否符合人眼觀測感覺與實際上的差異性，每張照片都有一些不同的差異，圖片列表如圖 16 所示。

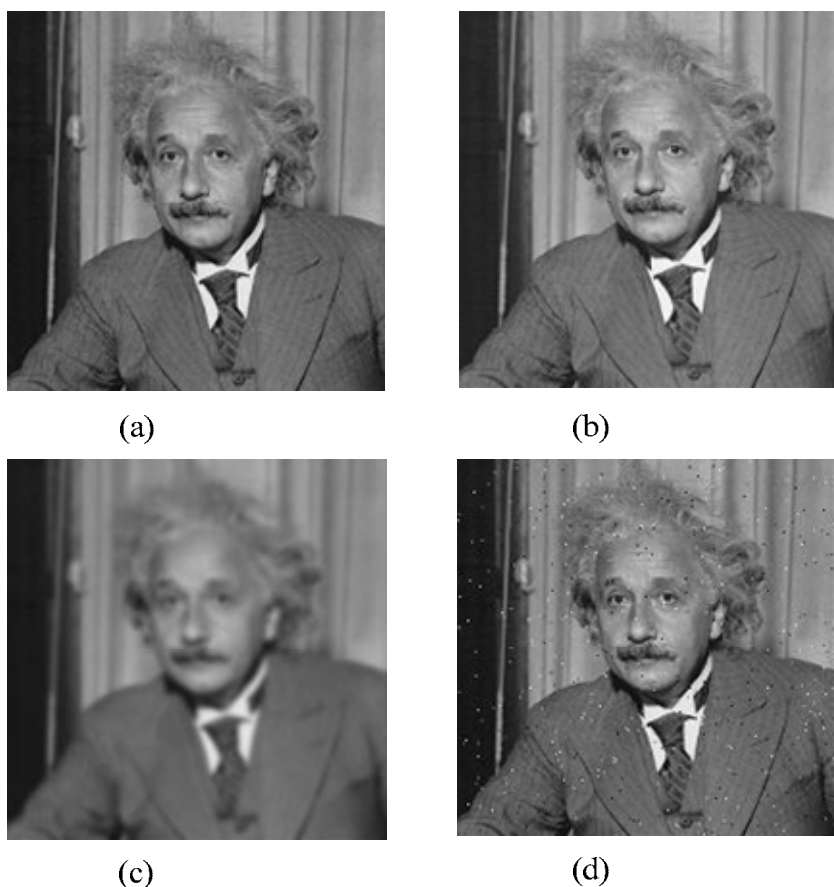


圖 16、實驗影像評估照片。(a)原始基準照片，(b)增加亮度處理，(c)模糊化處理，(d)增加胡椒鹽雜訊處理

表 3、實驗照片之相對性影像品質客觀評估結果

Image item	a	b	c	d
MEAN	102	114	102	102
STD	41.02	41.66	38.04	43.06
PQ	1	0.97	0.54	0.81

由表 3 實驗結果可發現不同影像照片，經過了影像品質指標運算，分別以影像平均值(MEAN)，標準差(STD)，PQ 三種方法比較，由實驗結果可以發現如果影像亮度上發生改變對影像平均值(MEAN)結果有影響，標準差(STD)可以反應出影像訊號差異性大小，但是整體來說這兩指標都無法具體的代表影像品質的優劣，也無法確切的分出不同影像間的差異，且不符合人眼的觀感。由 PQ 指標結果來看，確實是比較能分辨出影像間的差異，在結果上看來也比較接近符合人眼的觀感，該指標可以明顯分出影像品質的差異。

再來我們利用自行實拍照片，使用 PhotoShop 影像處理軟體作一些影像處理的差異化，來進行進一步的分析。主要做亮度、對比、雜訊方面的改變，改變的範圍比率制定+20%、+40%，我們將利用 PQ 指標來進行評估，觀察 PQ 指標的評估結果是否一樣能分析影像不同改變的差異，與人眼觀測趨勢是否符合。由於本研究評估各相機鏡頭視角不同，在取得評估照片我們會以照片中之觀測主體為主，然因鏡頭視角的差異，還是會有一些照片上主體位移的差異，請參考圖 17 之說明。基於計算的準確性，本研究在這項評估實驗上會採用手動設定 20 個區塊，依據這 20 個區塊所取得的統計值作平均計算，最後做為 PQ 客觀評估指標。

圖 17 為實拍標準 D65 色溫光源下的 24 色卡照片。是原始的基準照片，

上方有顯示 20 個藍色的區塊，是我們採用手動設定時，選取的區域，選取時我們盡量以色卡區塊的中心為選取區域。圖 18，對照片的亮度、對比、雜訊方面做處理，改變的範圍比率+20%、+40%，然後用 PQ 指標來進行評估。

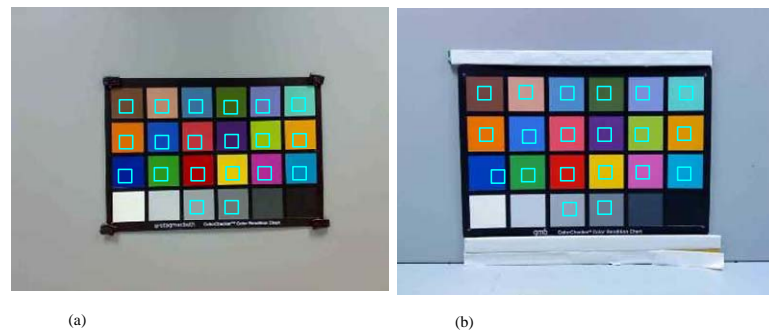


圖 17、實拍影像評估照片。(a)原始基準照片，(b)為其他的對比照片

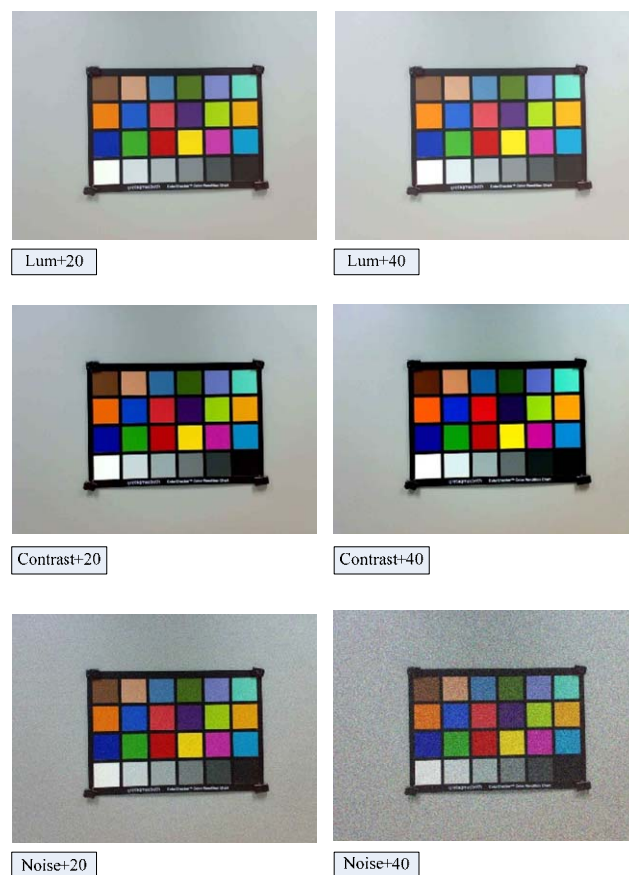


圖 18、實拍影像照片，在影像上做差異化，範圍比率為+20%、+40%

表 4、實拍照片之相對性影像品質客觀評估結果

Image item	Lum+20	Lum+40	Contr+20	Contr+40	Noise+20	Noise+40
PQ(Auto)	0.59	0.48	0.712	0.69	0.213	0.049
PQ(Manual)	0.747	0.581	0.87	0.775	0.129	-0.145

表 5、熵圖像複雜度的前置評估，計算時間比較表

Image item	Lum+20	Lum+40	Noise+20	Noise+40
PQ(Auto)/Block_40	0.59	0.50	0.213	0.049
Time(sec)	25	25	25	25
PQ(Auto)/Block_150	0.73	0.63	0.4	0.26
Time(sec)	20	20	20	20

經 PQ 影像品質指標計算後，由表 4 觀察自動計算與手動設定區域計算之品質評估指標數值變化，顯示指標意義與實驗照片的影像品質分析有相同的評估結果，當影像變化大時指標數值較低。但是數值上仍有一些差異，這應該是區域統計值不同與平均計算上的誤差，所以數值上沒有很接近，但是指標趨勢分析是一樣。

前面章節介紹本研究作了一些的改善，加入熵(Entropy)圖像複雜度的前置評估，在不影響影像品質客觀評估結果與準確度的要求下，希望能縮短計算的時間。由表 5 看來，評估計算區域大小對時間確實有影響，區域小數值上可能較為精準，但運算時間上較耗費時間，區域大反之。不過我們將會根據圖像複雜度決定區域大小，但是不影響評估結果，將會預設門檻值，降低複雜度低的圖像運算時間。

最後實際進行手機相機客觀影像品質評估比較，利用 PQ 影像品質指標來分析，以相機感測器的像素大小我們分為三類別作評估，以我們取得評

估照片 24 色卡與 Gamma 圖來分析，色卡設定計算區域如圖 15 所示區塊，Gamma 的部分取上下 11 階亮度分佈，去除最亮的一階。然後平均結果，再將 PQ 指標作正規化運算，取百分比為影像品質 Score，表六為評估結果。

表 6、手機相機照片之相對性影像品質客觀評估結果

Phone type	Pixel size	PQ	Score
A1	500M	0.822	82.2
A2	500M	0.95	95
B1	200M	0.751	75.1
B2	200M	0.92	92
B3	200M	0.672	67.2
C1	300M	0.776	77.6
C2	300M	0.921	92.1
C3	300M	0.645	64.5

5.3 絕對性客觀評比分析

完成主觀評估、相對性客觀評估後，已經有了整體影像品質的量化指標，接著要作的是單項的影像品質指標分析。絕對性影像品質指標，這個範圍很大，所以我們不可能都做。本研究選定幾個較直覺的指標來分析，重點如影像亮度、對比、flare 清晰度、影像雜訊的評估分析。

影像亮度部分，由暗到亮拍攝數位相機自動曝光穩定後的照片，然後計算不同亮度下亮度值，再計算亮度的偏差值當亮度準確性的評估指標，觀察相機曝光亮度是否穩定。

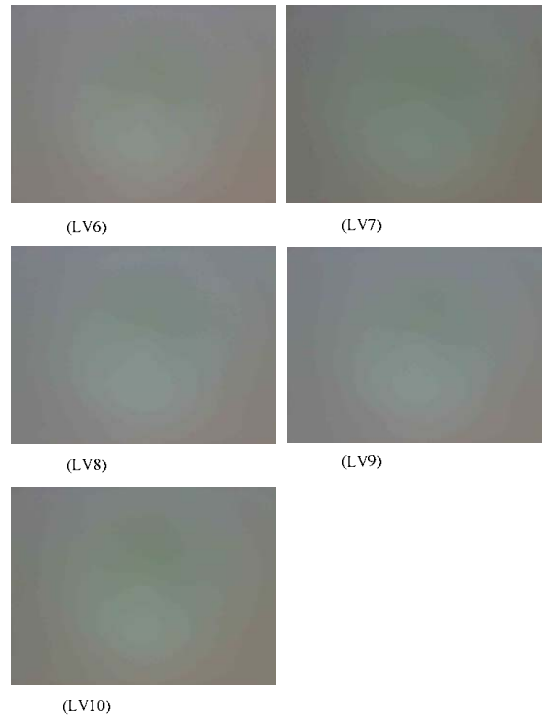


圖 19、不同光強度的照片

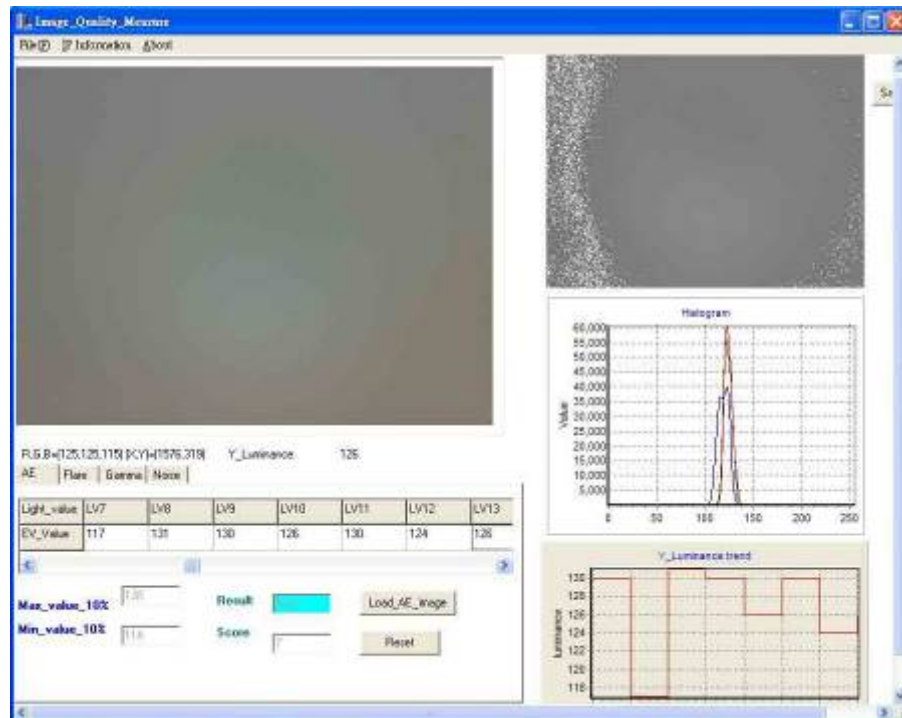


圖 20、AE accuracy 分析軟體介面

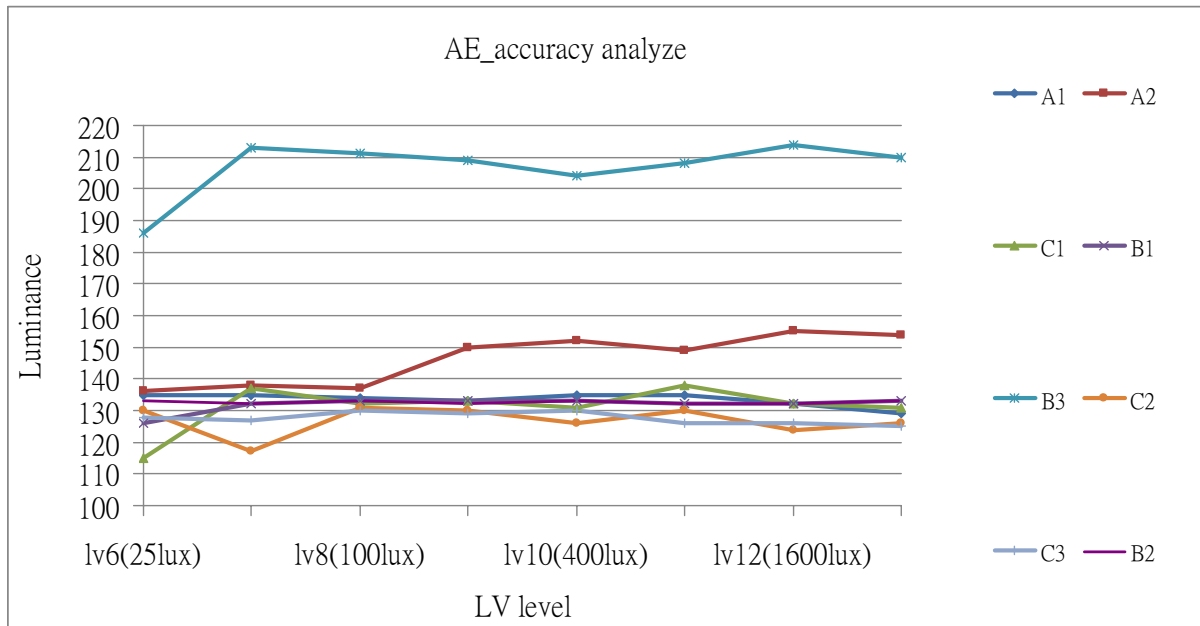
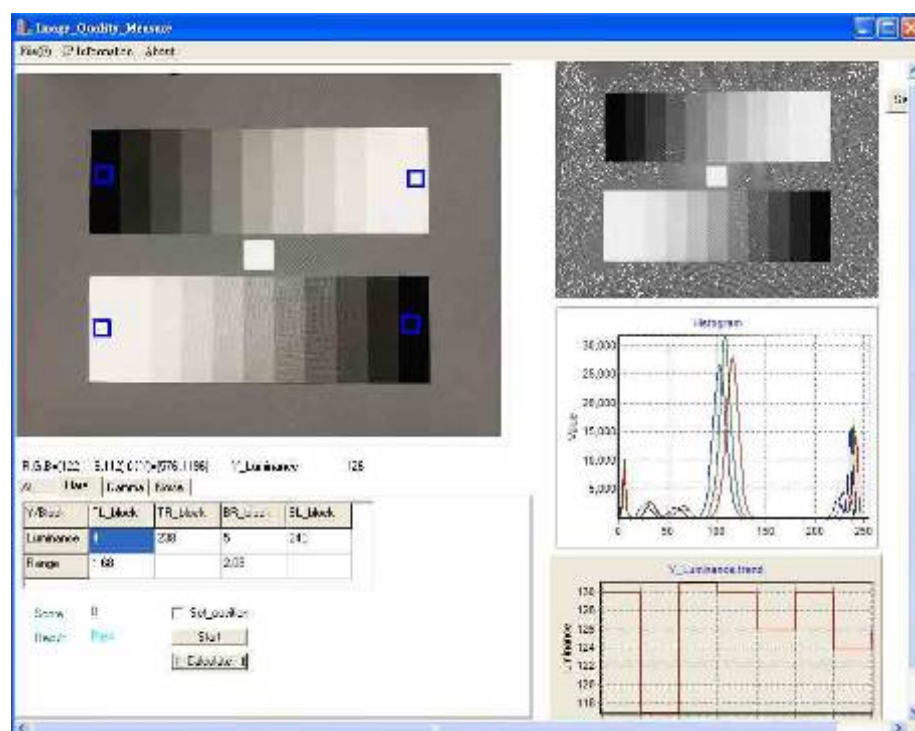
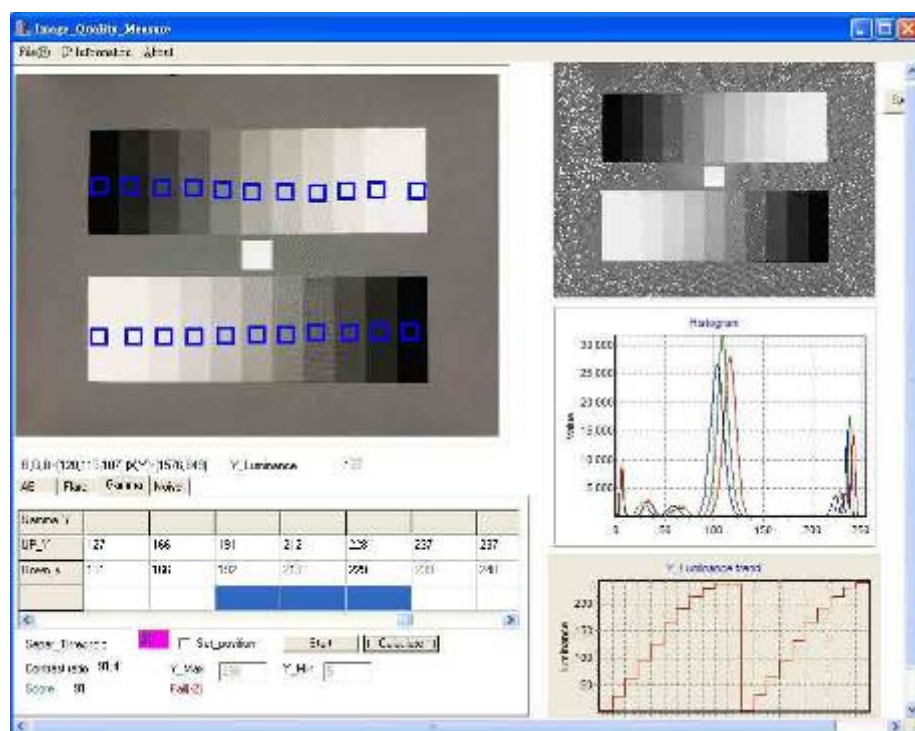


圖 21、AE accuracy 亮度分佈曲線

由圖 19 來看自動曝光穩定後，理論上自動曝光會收斂到某個亮度值，但實際亮度收斂仍有一定偏差值，偏差值過大代表自動曝光不穩定，容易有亮度不穩定的狀態，圖 21 的亮度曲線表示相機自動曝光的表現，在亮度變化的情況下，有的亮度收斂平穩，有的上下起伏，如 A1、C2 的曲線。圖 20 為分析 AE 亮度的軟體介面，直接輸入評估影像，計算完成輸出各個亮度值、差異、標準差等評估資料。

對比度(Contrast Ratio)的部分，對比度簡單的定義是影像中的白色亮度與黑色亮度間比值。本研究利用 Gamma 圖的亮度漸層來分析，計算對比度。眩光(Flare)，也稱為光暈，在有強光下拍照，影像有霧霧的感覺，感覺清晰度不佳，我們也利用 Gamma 圖的黑白漸層來分析，評估其眩光的程度。

由下圖 22 所示為分析對比度的軟體介面，直接輸入評估影像，選定量測區域，計算完成輸出亮度值、對比度等評估資料。下圖 23 為分析眩光(Flare)程度的介面，選定量測區域，完成輸出亮度值等評估資料。



影像的訊雜比是一般常用來評估影像雜訊的計算方法，雜訊的計算就是影像中像素值的標準差(STD)。SNR 的數值愈大，表示雜訊愈小，反之雜訊愈大。本研究以標準 D65 色溫光源下的色卡照片做評估，為了去除顏色對雜訊表現的影響，我們以評估色卡(#20、#21、#22、#23)格的雜訊表現程度為主，圖 24 所示為分析影像雜訊的軟體介面及實驗。

圖 24、分析影像雜訊的軟體介面及實驗

表 7、AE 亮度穩定度評估結果

Phone type	Pixel size	AE score
A1	500M	83.75
A2	500M	29.69
B1	200M	85.63
B2	200M	95
B3	200M	40.63
C1	300M	59.06
C2	300M	65
C3	300M	83.75

表 8、絕對性影像品質客觀評估結果

Phone type	Pixel size	Contrast	Flare	Noise	Score
A1	500M	83.92	57.26	73.13	71.4
A2	500M	91.37	79.42	71.47	80.75
B1	200M	85.88	65.96	74.18	75.34
B2	200M	95.69	91.94	76.57	88.05
B3	200M	82.75	20.32	77.66	60.24
C1	300M	86.27	47.15	75.6	69.67
C2	300M	85.1	95.43	77.6	86.04
C3	300M	73.73	60	60.3	64.67

由以上實驗結果，我們整理成表 8 評估表。將各項指標資料，做 100 分的正規化處理，每項指標的滿分是 100 分，然後將各指標加總平均。產生影像品質評分表我們可以得知單項指標分數與最後的綜合評估分數。

本評估結果在排名趨勢上大致與人眼主觀相同，在最後的統計評估，我們沒有納入 AE 穩定度的分數，因為考量人眼評估沒有這項，所以先不納入評估，以免影響靜態影像結果。但仍然有將此項指標呈現出來，如表 7 所示。

由本實驗結果看來五百萬畫素方面，A1 的對比度與 flare 清晰度表現不如對手 A2，雜訊表現方面與 A2 相當，整體表現 A2 較好。在三百萬畫素方面，C2 整體表現都勝過其他兩隻對比機，C1 在 flare 清晰度表現不佳，C3 則是雜訊過大。二百萬畫素方面，B2 的整體表現都勝過其他對比機，B1 與 B2 都有 flare 嚴重以致清晰度不佳的問題。以上是本研究實驗結果，數位影像系統是複雜系統，也許有其他的原因會影響影像品質，本研究是根據我們目前的實驗資料分析相關結果。

5.4 數位影像品質綜合評估與討論

本論文所提出之數位影像系統的影像品質分析，實作三個實驗，表 9 為本研究綜合三項實驗的評估結果，加總平均產生最後綜合評估指標與分析相關結論。由實驗結果看來有符合預期效果，相對性客觀評估與絕對性客觀評估結果，在趨勢上大致與人眼主觀相同，人眼是很複雜的評估系統，實際上的評估結果不可能完美，原因是影像品質不可能只跟信號有關係，還有其他心理因素。本研究期望比傳統的評估方法更能客觀評估，所以嘗試利用多種評估指標與比較方式來評估，讓結果更接近有意義的影像品質指標。

表 9、數位影像品質綜合評估結果

Phone type	Pixel size	人眼主觀	相對性客觀	絕對性客觀	Score	排名
A1	500M	56.5	82.2	71.4	70.1	2
A2	500M	74.1	95	80.75	83.2	1
B1	200M	52.4	75.1	75.34	67.6	2
B2	200M	75.5	92	88.05	85.1	1
B3	200M	49.0	67.2	60.24	58.8	3
C1	300M	52.4	77.6	69.67	66.5	2
C2	300M	75.5	92.1	86.04	84.5	1
C3	300M	59.9	64.5	64.67	63.02	3

表 10、評估排名的差異性

Phone type	Pixel size	人眼主觀	相對性客觀	絕對性客觀
A1	500M	23.75%	13.47%	11.57%

Phone type	Pixel size	人眼主觀	相對性客觀	絕對性客觀
B1	200M	30.59%	18.36%	14.43%
B3	200M	35.09%	26.95%	31.58%

Phone type	Pixel size	人眼主觀	相對性客觀	絕對性客觀
C1	300M	30.59%	15.74%	19.02%
C3	300M	20.66%	29.96%	24.83%

綜合實驗結果看來整體的排名趨勢符合人眼主觀預測，可參考表 9。由排名結果看來以 A2、B2、C2 的表現為各比較類別中最佳。表 10 為各類別比較實驗的差異性，以第一名為目標，計算差異百分率，數值愈大代表與第一名差異愈大，可以了解客觀評估結果與人眼觀察結果趨勢相符，客觀評估結果數值看來差異較明顯、一致，主觀差異較不明顯。

但是 C1 與 C3 的最後結果跟人眼主觀結果有些衝突，分析原因可能跟顏色差異相關，C1 由絕對性評估表 8 分析來看對比、雜訊、亮度較接近 C2，所以在客觀評估分數較高，但照片看來顏色較偏藍影響人眼觀感，本研究未加入顏色考量因素。影像最終還是要給人眼觀看，所以在研究實驗中仍有加入主觀評量實驗，來加以佐證，做為實驗依據。

相對性客觀評估，影像結構變形的差異量測方法，PQ 指標。由本研究

結果看來有接近人眼觀感，可以使用於整體影像指標評估，做為一個整體影像品質的數值指標，替代繁複的相對性主觀評估，但是此方法並未考量顏色差異的因素，這是需要特別注意。

以最後的綜合客觀評估作為與目標影像的整體差異指標，做為整體影像系統的影像品質標準，較為客觀且可分析不佳的因素，做為參考資料依據，目前研究資料不夠廣泛，所以三項評估分數仍然平均計算，若是系統資料較多，可以以不同權重來計算最後的結果。

第六章 結論

6.1 結論

本研究主要宗旨是客觀分析手機影像系統最後的數位影像品質。實驗結果指標接近人眼評估的趨勢，且分析相關的品質指標，不過這還只是一個影像評估系統的初步架構，對於愈來愈複雜的影像系統，應該還有改善空間，使評估結果更完善。本研究以消費性產品手機相機影像系統為分析研究目標，最後主要貢獻結論如下：

1. 針對目前數位產品提出影像系統的客觀影像品質的評估方法，以客觀標準評估環境加上評估方法，評估影像系統最後的影像品質指標，而不是只依賴人主觀觀察評估。
2. 除了主觀評估方式，本研究嘗試加入基於人眼視覺(HVS)的客觀評估方法建立客觀評量度量系統，有整體品質差異指標。增加人眼感覺考量，以降低人眼主觀評量差異的誤差程度，且如此也可以提昇影像品質評量標準的一致性與準確性，增加品質的評估效率，減少人眼主觀評估的繁瑣程序。
3. 介紹建構客觀品質量測環境，減少環境因素的影響，增加評估指標的一致性與準確性，減少人為差異。
4. 加入絕對性客觀評估指標分析，可以針對數位影像品質特定指標去做分析。由此我們可以根據這些影像指標，分析對整體影像品質造成的影響，作為影像品質的參考指標，與人眼觀感的影響。

目前我們仍使用一些簡單且單純的計算方法，做影像品質的客觀指標分

析，但是仍然有些重要的品質因素沒有考量，如色彩表現、差異性，未來可以增加較多的影像分析指標和相對性的評估場景，相信結果會更客觀，接近人眼。

6.2 未來工作

資訊科技日新月異，數位影像產品推陳出新，應用的層面也很廣泛。未來對於影像品質的提昇一定要求愈來愈高，因為高品質的影像才能作多元的應用，所以我們必須了解如何分析數位影像品質，發展更強大的功能，得到更佳的影像品質。以目前科技產品的生產角度來看，嚴謹、一致性的品質評估系統是很重要的，確保產品品質有一定的規範。若是以研發角度來看，仍需要檢視開發技術，產品是否有較好的品質，所以影像品質評估是有參考價值且有助益的。

數位影像產品應用相當廣泛，舉凡食、衣、住、行、育、樂皆有相關應用。臺灣基於市場與發展考量應該要有相關影像品質規範，日前有約 30 家國際級公司組成國際影像產業協會 (International Imaging Industry Association)，計畫未來設計一項五星評等影像品質規範(CPIQ)，搭配相關基本的影像品質測試項目。手機大廠 Nokia 與 ST Microelectronics 也有合作開發相關手機影像標準 SMIA (Standard Mobile Imaging Architecture) [8]，規範了合作廠商的照相模組架構、性能，相關電子功能、影像品質、應用程式介面等，以控制品質與整合資源。我們應該注重相關技術研究發展，提昇發展高品質的技術，制定規範，才不會輸在起點。本研究未來發展方向，以數位影像品質評估來說，提出三項建議。如下說明：

1. 數位影像系統分級評估，數位影像系統由幾個主要元件組成，影像品質也可以細分成這幾個大項來分析，控制變因，以達到分析效果，如鏡頭品質分析、感測器品質分析。
2. 本研究使用相對性客觀評估方法(PQ)，雖有接近人眼觀感。但是仍

然有缺點，建議可以尋求更新的評估方法，嘗試是否有更佳的評估效果，利用影像頻域轉換找到特徵或有更好的判斷標準，達到更客觀的評估效果。

3. 影像系統還有一個重要的核心部分是影像處理控制器(DSP)，其負責影像處理之間後置，對影像品質有重要的影響。通常內部有相關的演算法控制，評估影像處理演算法的效果，找出較佳演算法則(Algorithm)設計之基準，以利產生最佳影像，將其植入影像處理系統中來優化其結果影像。

參考文獻

- [1] Wang, Z. and Bovik, A. C., “A Universal Image Quality Index” ,*IEEE Signal Processing Letters*,vol.9,NO.3, 2002.
- [2] Zhou. Wang and Alan C. Bovik and Ligang. Lu, “Why is Image Quality Assessment So Difficult” ,*IEEE Int. Conf.Acoustics, Speech, and Signal Processing* ,vol. 4, Orlando, FL, May, pp. 3313-3316., 2002.
- [3] Yahua Yi,Xiaoqing Yu and Leiguang Wang, Zhigao Yang, “Image Quality Assessment Based on Structural Distortion and Image Definition” ,*IEEE Xplore. Restrictions apply* ,DOI 10.1109,CSSE.2008.529.
- [4] Bo Wang. at al., “HVS-based Structural Similarity for Image Quality Assessment” , *IEEE Xplore. Restrictions apply*,pp.1194-1197,ICSP2008.
- [5] Wu Wei, “An Image Quality Assessment Method Base on HVS ” ,*Security Technology ,IEEE International Carnahan*,pp.320-324,2007.
- [6] Ahmet M. Eskicioglu and Paul S. Fisher, “Image Quality Measures and Their Performance” ,*IEEE Transactions on communications*,vol.43,NO. 12, December 1995.
- [7] Zhou Wang and Alan C. Bovik, “Image Quality Assessment From Error Visibility to Structural Similarity ” ,*IEEE Transactions on Image Processing* ,vol. 13,NO. 4, April 2004.
- [8] Nokia & ST Confidential, SMIA 1.0 ,SMIA Introduction and overview,

2005.

- [9] 連國珍，數位影像處理，四版，儒林圖書有限公司，台北市，民國85年。
- [10] 井上誠喜，C語言數位影像處理，第三版，全華圖書股份有限公司，台北市，民國97年。
- [11] 繆紹綱，數位影像處理-應用MATLAB，第二版，東華書局，台北市，民國95年。
- [12] 黃文吉，C++Builder與影像處理，第二版，儒林圖書有限公司，台北市，民國95年。
- [13] 陳同孝等編著，電子影像技術，松崗圖書公司，台北市，民國90年。
- [14] 陳金徽，“數位影像輻射品質之客觀指標評估”，碩士論文，國立成功大學地球科學研究所，民國95年。
- [15] 林秉忠，“攝像模組之影像品質評價系統”，碩士論文，國立中央大學光機電工程研究所，民國96年。
- [16] 林志豪，“以彩度、亮度與對比為權重之顯示器影像色彩品質評估”，碩士論文，私立世新大學管理學院資訊管理研究所，民國97年。
- [17] 陳育民，“照相手機影像元件搭配與滿意度分析之研究”，碩士論文，國立臺灣科技大學資訊工程研究所，民國94年。