

新北市政府111年度自行研究報告

數位影像溯源技術 於 LINE 通訊軟體之應用



研究機關：新北市政府警察局

研究人員：刑事鑑識中心主任黃國政、技正李正勇、
股長陳福振、警務正黃富成、蘇愷安、警
務員林子桓等6人

研究期程：111年1月1日至12月31日

目錄

圖次.....	3
表次.....	7
摘要.....	8
第一章 主旨及背景說明	10
第一節 現況與研究動機	10
第二節 研究目的.....	14
第二章 相關研究、文獻之檢討	18
第一節 元資料(metadata)分析	18
第二節 雜訊分析.....	20
第三章 研究方法.....	24
第一節 實驗條件	24
第二節 研究樣本	24
第三節 雜訊(PRNU)萃取流程.....	25
第四節 實驗設計	28

第四章 研究發現.....	32
第一節 實驗結果.....	32
第二節 研究發現.....	55
第五章 實際案例測試.....	57
第一節 實際案例 1：馮○珊墜樓死亡案.....	57
第二節 實際案例 2：洪○蓮、洪○源死亡案.....	59
第六章 結論與建議.....	63
第一節 結論.....	63
第二節 立即可行之建議：提升本局數位鑑識水平.....	63
第三節 長期性建議：證物鑑定流程標準化及認證之路...65	
參考文獻.....	67

圖次

圖 1、OSAC 組織架構圖	11
圖 2、傳統偵查與 PRNU 輔助偵查	17
圖 3、以 matlab imfinfo 功能擷取的元資料(metadata)	19
圖 4、數位影像成像過程[5]	21
圖 5、實驗一流程示意圖	29
圖 6、實驗二流程示意圖	30
圖 7、實驗三流程示意圖	31
圖 8、實驗一編號 1 實驗組實驗結果	33
圖 9、實驗一編號 2 實驗組實驗結果	33
圖 10、實驗一編號 3 實驗組實驗結果	34
圖 11、實驗一編號 4 實驗組實驗結果	34
圖 12、實驗一編號 5 實驗組實驗結果	35
圖 13、實驗一編號 6 實驗組實驗結果	35
圖 14、實驗一編號 7 實驗組實驗結果	36

圖 15、實驗一編號 8 實驗組實驗結果.....	36
圖 16、實驗一編號 9 實驗組實驗結果.....	37
圖 17、實驗一編號 10 實驗組實驗結果.....	37
圖 18、實驗一編號 11 實驗組實驗結果.....	38
圖 19、實驗一編號 12 實驗組實驗結果.....	38
圖 20、實驗一編號 13 實驗組實驗結果.....	39
圖 21、實驗一編號 14 實驗組實驗結果.....	39
圖 22、實驗一編號 15 實驗組實驗結果.....	40
圖 23、實驗一編號 16 實驗組實驗結果.....	40
圖 24、實驗一編號 17 實驗組實驗結果.....	41
圖 25、實驗一編號 18 實驗組實驗結果.....	41
圖 26、實驗一編號 19 實驗組實驗結果.....	42
圖 27、實驗一編號 20 實驗組實驗結果.....	42
圖 28、實驗二編號 1 實驗組實驗結果.....	44
圖 29、實驗二編號 2 實驗組實驗結果.....	44

圖 30、實驗二編號 3 實驗組實驗結果.....	45
圖 31、實驗二編號 4 實驗組實驗結果.....	45
圖 32、實驗二編號 5 實驗組實驗結果.....	46
圖 33、實驗二編號 6 實驗組實驗結果.....	46
圖 34、實驗二編號 7 實驗組實驗結果.....	47
圖 35、實驗二編號 8 實驗組實驗結果.....	47
圖 36、實驗二編號 9 實驗組實驗結果.....	48
圖 37、實驗二編號 10 實驗組實驗結果.....	48
圖 38、實驗二編號 11 實驗組實驗結果.....	49
圖 39、實驗二編號 12 實驗組實驗結果.....	49
圖 40、實驗二編號 13 實驗組實驗結果.....	50
圖 41、實驗二編號 14 實驗組實驗結果.....	50
圖 42、實驗二編號 15 實驗組實驗結果.....	51
圖 43、實驗二編號 16 實驗組實驗結果.....	51
圖 44、實驗二編號 17 實驗組實驗結果.....	52

圖 45、實驗二編號 18 實驗組實驗結果.....	52
圖 46、實驗二編號 19 實驗組實驗結果.....	53
圖 47、實驗二編號 20 實驗組實驗結果.....	53
圖 48、實驗三編號 1 實驗組實驗結果.....	54
圖 49、iPad 中擷取 4 張照片進行測試.....	58
圖 50、iPad 中照片與裝置標準影像 metadata 比較.....	58
圖 51、實際案例 1 測試結果，系爭影像均可正確追溯到來源裝置	59
圖 52、洪○源生前曾自拍 4 張照片後以 line 傳輸給余姓友人	60
圖 53、以 LINE 傳輸後照片與裝置標準影像 metadata 比較	61
圖 54、實際案例 2 測試結果，系爭影像均可正確追溯到來源裝置	62
圖 55、實務工作流程建議.....	66

表次

表 1、實驗樣本彙整表.....24

表 2、實驗一及實驗二所得之錯誤率.....56

摘要

近來隨著數位科技的進步，手機及平板電腦等 3C 產品的普及率極高，由於攝錄影設備的普遍，造成洩漏秘密（違反國家安全法）、妨害秘密罪（偷拍談話或身體隱私部位）案件或性別相關犯罪（如韓國 N 號房事件、兒少性剝削影片）等案件頻傳。

在實務案件中，數位影像經常是以手持式裝置（如：手機或平板電腦）進行拍攝，並利用即時通訊媒體（例如：LINE）進行傳輸，其傳輸過程影像多經過壓縮，常因缺乏數位影（錄）像溯源程序與技術，導致檔案轉置或傳輸後，證據連結中斷，無法追溯原始取像設備，而難證明犯罪縱放，嚴重影響國家安全與社會正義。

此外，國內外文獻對影像經過壓縮後是否能順利溯源較少著墨，為探討此問題對於影像溯源技術之影響，本研究使用 20 個不同裝置個別拍攝數位影像資料集，經 LINE 即時通訊軟體傳輸後再進行下載，並利用光響非均勻性(Photo Response Non-uniformity, PRNU)雜訊溯源分析技術，以 Matlab 軟體進行設計分析程式，獲取雜訊特徵模板，存入資料庫。最後以系爭影像之雜訊特徵與前述資料庫中的雜訊特徵模板進行相關性評估分析。

本研究案實驗結果驗證不僅原始數位影像確實可利用 PRNU 追溯到來源裝置，經由 LINE 即時通訊軟體傳輸壓縮的影像也可以正確溯源。本局更進一步成功將 2 個死亡案例中的原始數位影像成功溯源至取像裝置，驗證 PRNU 溯源技術在實務案件中的可行性。本計畫並提出實務工作的鑑驗流程，期能使理論與實務並重，提升本局數位鑑識技術及能量。

第一章 主旨及背景說明

第一節 現況與研究動機

壹、數位影像溯源技術在鑑識科學中的定位

傳統鑑識人員在犯罪現場採集的跡證，不外乎指紋、DNA、槍彈、微物等「實體證物」，其目的在於釐清並重建「犯罪現場、被害人、涉嫌人、犯罪工具等」的相互關係；然而在數位的世界中，數位鑑識人員則須針對「數位證物」追溯至特定對象，並產生連結，以確認犯罪事實，並提供專業意見做為偵查及後續的起訴、判決階段參考。

美國商務部（United States Department of Commerce）所屬的美國國家標準暨技術研究院（National Institute of Standards and Technology, NIST），於2014年成立專門處理鑑識科學事務的組織OSAC for Forensic Science（The Organization of Scientific Area Committees），用來制定鑑識領域的相關標準。此組織的架構如圖1所示[1]，包括「生物與DNA（Biology/DNA）」、「化學與儀器分析（Chemistry/Instrumental Analysis）」、「現場與死亡調查（Crime Scene/Death Investigation）」、「物理與型態解析（Physics/Pattern Interpretation）」、以及「數位/多媒體（Digital/Multimedia）」等五大類，其中數位/多媒體委員會又區分為「數

位證據 (Digital Evidence)」、「臉部識別比對 (Facial Identification)」、「語者辨識 (Speaker Recognition)」、「影片/取像科技及分析 (Video/Imaging Technology and Analysis:)」等4個領域。

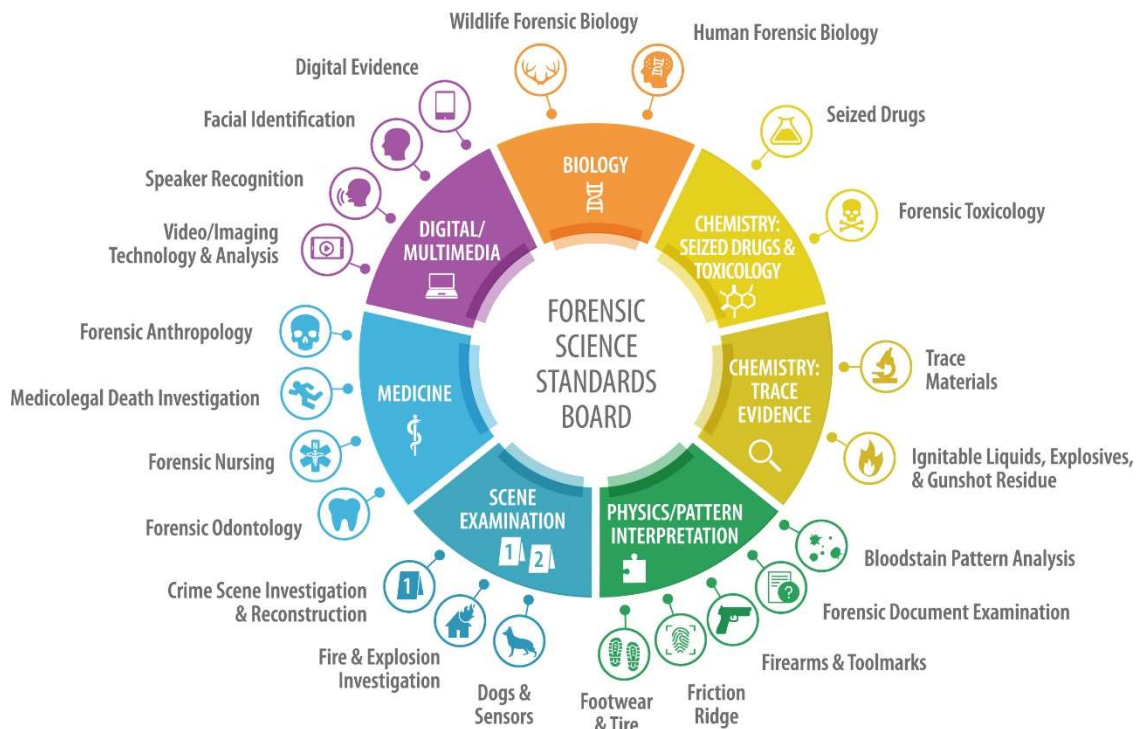


圖 1、OSAC 組織架構圖

我國警政鑑識工作範圍依「刑事鑑識手冊」[2] 第 2 條規範如下：

- (一)槍彈鑑識。(二)化學鑑識。(三)微物鑑識。(四)文書鑑識。(五)影音鑑識。(六)測謊鑑識。(七)行為科學。(八)指紋鑑識。(九)生物鑑識。(十)綜合鑑識。有關數位多媒體的鑑定工作項目則規範於第八條：「影音鑑識工作項目如下：(一) 支援重大或特殊刑案現場及物證

攝影。(二) 影像鑑定。(三) 錄影帶鑑定。(四) 數位影音處理。(五) 其他影像證物之鑑定。(六) 影音鑑識之研究發展。」

可見我國與美國的鑑識科學領域在分類上有所差異，對於鑑識工作的相關規範及標準也大不相同。屬性上，數位影像溯源技術在美國屬於數位/多媒體的範疇，在我國則屬於影像鑑定。而談到標準及相關規範，美國在這方面的發展較早，並且投入大量資源，因此相當完善，相形之下我國還有很大努力空間。

目前國內檢警調系統，職司數位鑑識領域專責單位，僅有「內政部警政署刑事警察局科技犯罪防制中心」與「法務部調查局資通安全處」；而實際從事以 PRNU 技術進行數位影像溯源的單位僅有「法務部調查局資通安全處鑑識實驗室」，學術單位則只有中央警察大學。

全國各縣市政府警察局鑑識單位，目前僅有本局及臺北市政府警察局的刑事鑑識中心建置數位鑑識實驗室，故數位鑑識量能仍處於萌芽階段，而鑑定項目主要為儲存媒體的資訊重現(包括資料擷取、刪除資料復原等)，不包含本研究探討的數位影像溯源技術。假使本局能順利將數位影像溯源技術應用於實際案例，將創全國地方警政單位之先，為打擊犯罪增添新的利器。

貳、研究動機

數位建設為我國政府近年來大力推行的政策，亦是「前瞻基礎建設」的施政重點和佈局方向的重要一環，在後疫情時代更是大勢所趨。在這樣的環境下，不僅產業及政策正在如火如荼地進行數位轉型，犯罪者的犯罪型態轉變也是現在進行式，執法機關的偵查能力更應有所因應與提升，數位轉型亦是當務之急。

數位影像比文字散佈的傳播力及渲染力往往大得多，在實際案例中，我們往往可以發現被害人遭偷拍私密照片，或是機密文件遭有心人士拍攝，並經由網路傳播。但由於無罪推定原則，假使犯嫌落網後警方無法證明該流傳在外的數位影像是犯嫌所拍攝，將難以對犯嫌繩之以法。

關於數位影像溯源的技術在歐美國家發展已久，也制定有多項相關操作方法及標準，而面對世界犯罪手法數位化的趨勢，各地方政府警察局首當其衝，不免捫心自問：我們是否已做足準備迎接挑戰？

第二節 研究目的

近年來由於智慧型手機在全球市場的市占率大幅提升，並普遍搭載數位相機功能，數位影像的記錄不再是職業攝影師的專利，人手一機的普及性再加上各類即時通訊軟體的推波助瀾，影像的產生及傳播成本大幅降低，新興的犯罪型態也應運而生(常見如：妨害秘密、洩密等刑事案件)，如何將外流的系爭影像與涉嫌人做連結以證明其犯罪，是一大挑戰。

壹、將數位影像溯源至拍攝裝置

在鑑識領域中，現場跡證可分為具有「類化特徵」或「個化特徵」的跡證，其證明力有所不同。

「類化特徵」可縮小偵查範圍，例如犯嫌的身高、性別、血型、做案車輛的車型、顏色等，而「個化特徵」則可直接將跡證與犯嫌連結，例如犯嫌的DNA、指(掌)紋等。

數位影像如同犯嫌於現場留下的指紋跡證一樣，也因為其產生方式而具有獨特性，並具有「個化特徵」，可供追溯至犯嫌的拍攝裝置。只有確認系爭數位影像是來自犯嫌的拍攝裝置，才能順利追訴犯罪、淨化治安與實現正義。

貳、LINE 即時通訊軟體在刑案偵辦的重要性

由於智慧型手機的普及，國內民眾使用即時通訊軟體服務的比例高達 9 成以上[3]，其中 LINE 軟體的使用率居冠，在台灣的每月平均活躍用戶在 2022 年 9 月時更達到 2200 萬[4]。

自從 LINE 軟體於 2011 年問世以來，推出的服務除了即時傳送文字、照片及影片訊息外，還有通話、視訊、數位支付、新聞、遊戲等功能，可說是與民眾生活密不可分。LINE 軟體尚有群組功能，可與任意用戶建立群組，在群組內傳送文字、照片或影片時，群組內的用戶均能同時接收，並再次轉發給其他聯絡人或群組，也因此大幅增加了資訊傳遞的速度及廣度。

在各類刑案中，LINE 軟體的對話內容及照片傳輸功能也是非常重要的蒐證標的，舉凡毒品、性侵害、殺人、妨害自由、組織犯罪、自殺案件等，搜索扣押犯嫌或被害人的手機後，往往都會檢視其 LINE 的對話內容，許多重要的情資都在通訊軟體內，所以針對 LINE 軟體的數位鑑識技術是警方偵辦刑案時迫切需要的。

參、降低偵查成本，快速打擊犯罪

當數位影像經由即時通訊軟體多次轉發時，傳統偵查作為需以該社群軟體的聊天紀錄層層向上溯源，建立影像傳輸鏈。

例如：犯嫌以裝置拍攝照片後傳送至 LINE 群組中，群組成員再轉傳給接收者，接收者再轉傳給友人(如圖 2)。

在左側傳統偵查作為中，若要將友人 1 接收到的數位影像追溯到犯嫌裝置，就要先向上追查至接收者、群組成員，最後才能連結到犯嫌，此項工作曠日廢時，且可能因為不特定對象行方不明、死亡、出境等不可控因素，斷鏈而受阻。

在右側相同案件情況下，本研究所使用 PRNU 影像溯源技術打破限制，可從友人 1 接收到的影像，直接溯源至犯嫌拍攝影像的裝置，無須層層建立影像傳輸鏈，可有效提升偵查效率及快速斬斷犯罪行為，以收事半功倍之效。

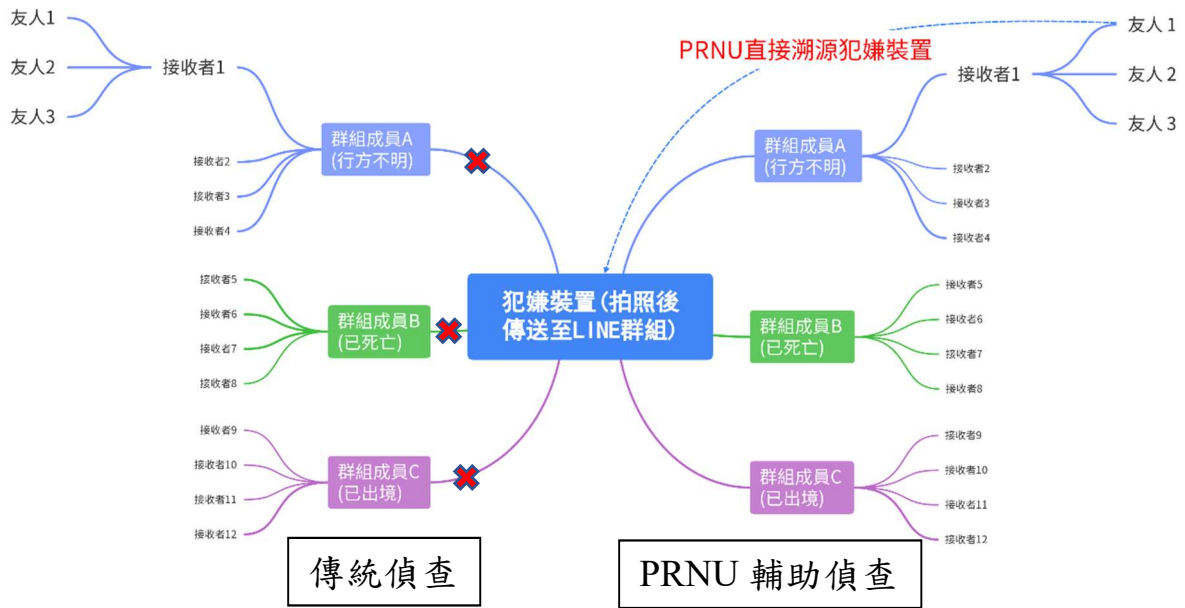


圖 2、傳統偵查與 PRNU 輔助偵查

為達成此目的，本研究對於經過 LINE 軟體相簿上傳並下載的數位影像，實驗評估 PRNU 溯源分析技術的可行性，及其影響因素及錯誤率做相關探討。希望利用本研究方法，以 PRNU 溯源技術進行數位影像分析鑑驗，可在實務上供偵查人員判斷系爭影像來源，確認是否為待鑑裝置所拍攝。

第二章 相關研究、文獻之檢討

數位影像溯源技術方法五花八門，其中經研究評估較為適合實務鑑定使用者主要有二：「元資料(metadata)分析」及「雜訊分析」。

第一節 元資料(metadata)分析

元資料(metadata)指用來描述一個檔案的特徵的系統資料，又稱描述資料，例如：EXIF(Exchangeable image file format)可交換圖檔格式，是由日本電子工業發展協會 (Japan Electronics and Information Technology Industries Association, JEITA) 於 1996 年制定，專門為數位相機產生影像所設定的檔案格式。記錄了數位影像的屬性資訊和拍攝資料，包含檔案名稱、拍攝日期、檔案大小、格式、拍攝裝置廠牌、型號、光圈值、ISO 值、快門速度、影像尺寸、解析度、拍攝地點資訊(GPS)等等(如圖 3)。

EXIF 資料隱含了很多數位影像的資訊，但有容易遭竄改或刪除之缺點，且 EXIF 資料僅能提供「類化特徵」，判斷該影像是由何廠牌型號的裝置所拍攝，無法個化追溯到單一數位影像溯源裝置。

```

Filename: 'D:\original\test_ori(1)\01(1).JPG'
FileModDate: '11-Aug-2022 11:13:06'
FileSize: 2498995
Format: 'jpg'
FormatVersion: ''
Width: 4000
Height: 3000
BitDepth: 24
ColorType: 'truecolor'
FormatSignature: ''
NumberOfSamples: 3
CodingMethod: 'Huffman'
CodingProcess: 'Sequential'
Comment: {}
Make: 'samsung'
Model: 'SM-A336E'
Orientation: 6
XResolution: 72
YResolution: 72
ResolutionUnit: 'Inch'
Software: 'A336EDXU1AVC9'
DateTime: '2022:08:11 11:13:03'
YCbCrPositioning: 'Centered'
DigitalCamera: [1x1 struct]
GPSInfo: [1x1 struct]
ExifThumbnail: [1x1 struct]

ExposureTime: 0.0333
FNumber: 1.8000
ExposureProgram: 'Normal program'
ISOSpeedRatings: 250
ExifVersion: [48 50 50 48]
DateTimeOriginal: '2022:08:11 11:13:03'
DateTimeDigitized: '2022:08:11 11:13:03'
ShutterSpeedValue: 0.0333
ApertureValue: 1.6900
ExposureBiasValue: 0
MaxApertureValue: 1.6900
MeteringMode: 'CenterWeightedAverage'
Flash: 'Flash did not fire,
no strobe return detection function,
unknown flash mode, flash function present,
no red-eye reduction mode or unknown.'
FocalLength: 4.6500
ColorSpace: 'sRGB'
CPixelXDimension: 4000
CPixelYDimension: 3000
ExposureMode: 'Auto exposure'
WhiteBalance: 'Auto white balance'
DigitalZoomRatio: 1
FocalLengthIn35mmFilm: 25
SceneCaptureType: 'Standard'
ImageUniqueID: 'J48ESOARISM'
UnknownTags: [2x1 struct]

Width: 512
Height: 384
Compression: 'JPEG'
XResolution: 72
YResolution: 72
ResolutionUnit: 'Inch'
JPEGInterchangeFormat: 928
JPEGInterchangeFormatLength: 20371

```

圖 3、以 matlab imfinfo 功能擷取的元資料(metadata)

第二節 雜訊分析

如同指紋及 DNA 跡證可與建檔資料庫比對，達到追溯特定犯嫌之目的，利用數位影像的雜訊特徵也可與取像設備的雜訊模板進行比對溯源。依現代科技及感光元件的製造工藝技術，所有數位設備感光元件的輸出影像皆無法避免產生雜訊。其雜訊可區分成「隨機雜訊」和「固定雜訊」2類。隨機雜訊包括熱雜訊及傳輸雜訊，因雜訊出現的位置及時間不固定，較難以作為影像溯源之依據；而固定雜訊的主要成因係由於感光元件製程不可能完美重現，導致感光元件的不均勻性，使數位取像設備具有其單一獨立性，所以這個具有再現性的雜訊特徵便成了我們鑑定的標的。

雜訊分析技術主流為 Lukáš 等人於 2005 年發表之光響非均勻性 (Photo Response Non-uniformity, PRNU) 雜訊被動式偵測溯源分析 (以下簡稱 PRNU 溯源技術) [5]，該研究利用 PRNU 溯源取像設備的技術，在美國法庭上已廣泛被接受，並且國外有許多針對該技術進行改善及探討之相關研究。在一般的數位相機中，光線通過反鋸齒及濾色鏡後，抵達感光元件 (CCD 或 CMOS)，感光元件將光子轉換成為電壓，並經由類比數位轉換器 (A/D converter) 轉換為數位訊號，接著經過顏色校準、白平衡校正、高通濾鏡、伽瑪校正等處理後，再儲存成數位

影像檔案(如：RAW 檔和或 JPEG 檔等格式)，而在此過程中(如圖 4)，因為感光元件不均勻而產生的雜訊便會重複出現。Lukáš 等人並蒐集 9 台數位相機拍攝之影像進行分析，以小波轉換濾波器(Db8 wavelet filter)萃取雜訊模板，最後利用相關係數(Correlation Coefficient)來評估系爭影像與取像設備之相關性[6]。

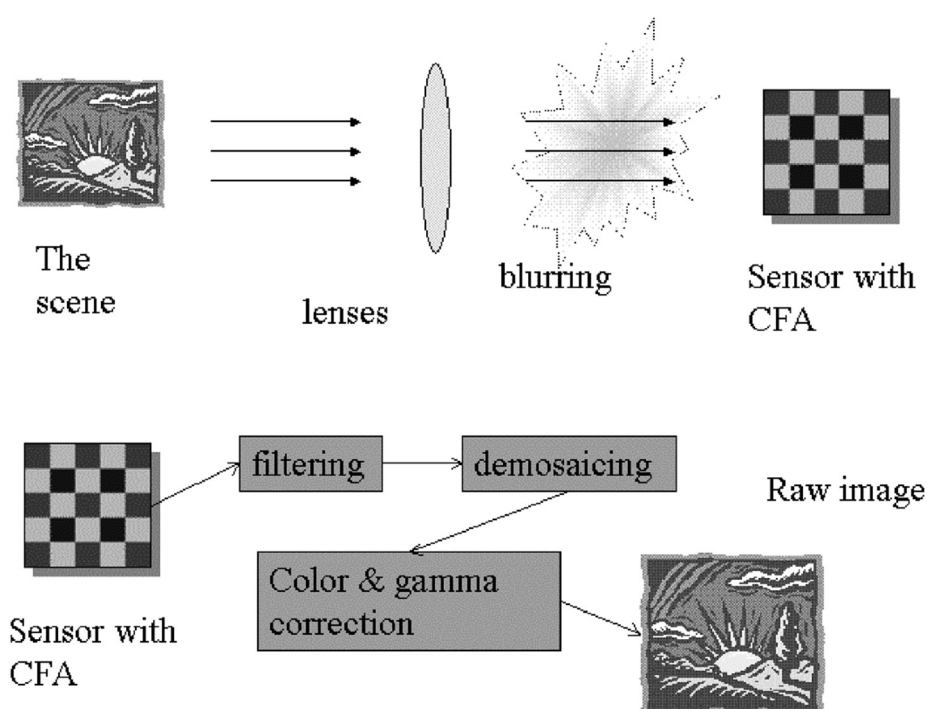


圖 4、數位影像成像過程[5]

為了更進一步使這項技術進入法院成為呈堂證供，Goljan 等人則於 2009 年進行更大規模的實驗[7]，利用 Flickr 網路相簿蒐集 150 種機型、6896 台相機、超過 1 百萬張數位影像來進行實驗，並以 PCE(Peak

to Correlation Energy)統計量進行相關性評估，得到該分析方法之錯誤拒絕率(FRR)小於 0.0238，錯誤接受率(FAR) 小於 2.4×10^{-5} ，該研究可供作為鑑識人員利用此技術進行影像溯源，出庭作證時的寶貴參考。值得一提的是，PCE 統計量是「峰值相關係數平方」與「相關係數平方」的比值，該統計量比相關係數更為穩定，可以降低週期性訊號帶來的影響，Goljan 等人的研究顯示了該統計量相較於相關係數更為適合用來評估 PRNU 模板的相關性。

於此之後，Goljan 等人於 2016 年又提出了 SPCE(Signed PCE)統計量，該統計量改良 PCE，增加了符號函數(sign function)用以同時評估相關係數的正負值，該方法可使 PCE 的偽陽性結果減少一半[8]。

現今國外 PRNU 用於數位影像溯源的技術已被廣泛接受並應用於各項技術規範。以美國數位證據審議委員會(Scientific Working Group on Digital Evidence, SWGDE)為例，便將該鑑定方法列為「影像真實性鑑定操作」(Best Practices for Image Authentication)之一[9]，顯見該鑑定方法之有效性及可靠性。

過往 PRNU 溯源技術相關研究採用之實驗材料，多取自相機拍攝之原始數位影像，然而由於犯罪偵查實務上常見的系爭數位影像往往經由社群或即時通訊軟體傳遞，該類數位影像於傳送時常經過壓縮並

調整大小之程序，以增加傳送效率並減少裝置占用資源，若可驗證經過社群軟體傳輸後的數位影像仍具備可追溯性，將對犯罪偵查與鑑識實務有極大的助益。

第三章 研究方法

第一節 實驗條件

本研究實驗在 Microsoft Windows 10 作業系統環境下，Intel Core i7-6700K 4.00 GHz 處理器，32 GB Ram 記憶體，並以 Matlab R2015b 程式進行數位影像 PRNU 分析及相似度評估。

第二節 研究樣本

本研究使用 20 個取像裝置(19 支手機及 1 臺平板電腦)來產生數位影像檔案集(如表 1)，每個裝置均拍攝 100 張數位影像，格式為 JPG 檔案，其中 50 張做為訓練組，用來萃取該裝置的雜訊模板，另外 50 張做為實驗組(模擬為系爭影像)，用來與雜訊模板做相似度評估。

表 1、實驗樣本彙整表

編號	廠牌	型號	序號	原始影像大小	上傳 LINE 相簿後 下載大小
1	Samsung	Galaxy A33 5G	RFCT32T422T	4000*3000	2048*1536
2	Samsung	Galaxy A52s 5G	R5CR909KDXT	4624*3468	2048*1536
3	Apple	iPhone 7 plus	C39T1GZ3HIFY7	4032*3024	2048*1536
4	Apple	iPhone 7 plus	C39SWLAJHIFY7	4032*3024	2048*1536
5	Apple	iPhone se	FFNCJ5YXPLK2	4032*3024	2048*1536
6	Apple	iPhone XR	F4GXM3RSKXKH	4032*3024	2048*1536
7	Apple	iPhone Xs	F17Z13NPKPG3	4032*3024	2048*1536
8	Apple	iPhone 11	C6KCJ07JN73J	4032*3024	2048*1536

9	Apple	iPhone 11	C7DZTQV8N72J	4032*3024	2048*1536
10	Apple	iPhone 11	C7CZ71R9N73D	4032*3024	2048*1536
11	Apple	iPhone 11 pro max	G6TZH1RWN70R	4032*3024	2048*1536
12	Apple	iPhone 12 pro	G6TDV2U90D95	4032*3024	2048*1536
13	Apple	iPhone 12 pro max	G6TDRQ87QD59	4032*3024	2048*1536
14	Apple	iPhone 13	N241DXXG7F	4032*3024	2048*1536
15	Apple	iPhone 13	R12P4HQDKJ	4032*3024	2048*1536
16	Apple	iPhone 13 pro	T3GHQGVWMM	4032*3024	2048*1536
17	Apple	iPhone 13 pro	M6KMFWDJ4F	4032*3024	2048*1536
18	Apple	iPhone 13 pro	MVF9LHV7V3	4032*3024	2048*1536
19	Apple	iPad mini 6	V265DHCV3Q	4032*3024	2048*1536
20	Google	Pixel 5	12221FDD4003GE	4032*3024	2048*1536

第三節 雜訊(PRNU)萃取流程

數位影像雜訊的萃取流程大致分為 4 步驟，說明如下：

壹、雜訊(PRNU)萃取

以 CCD、CMOS 等感光元件獲取之數位影像 I_i

$$I_i = I_i^0 + I_i^0 K + \theta \quad (1)$$

其中 I_i^0 表示無雜訊的數位影像， $I_i^0 K$ 為感光元件中的 PRNU， θ 為一系列隨機產生具獨立性的雜訊或暗電流。而 K(PRNU 常數)則可透過下列方程式獲得：

$$K = (I_i - I_i^0) / I_i^0 - \theta / I_i^0 \quad (2)$$

I_i^0 可由 \hat{I}_i^0 得之,

$$I_i^0 \approx \hat{I}_i^0 = f(I_i), \quad (3)$$

其中 $f(\cdot)$ 為 Mihçak 等人所提出的以小波轉換為基礎之去除雜訊方程式。藉由(2)及(3)等式，我們可以用 \hat{K} 來推估 K

$$K \approx \hat{K} = (I_i - f(I_i))/f(I_i) - \theta/f(I_i) \quad (4)$$

貳、雜訊強化

由於相同廠牌或相同感光元件設計的取像設備在色彩插值(color interpolation)、感光元件訊號轉移(on-sensor signal transfer)、感光元件設計(imaging sensor design)及 JPEG 壓縮(JPEG compression)等因素會造成不具特異性之雜訊有較高的雜訊相似度，因此以零均值化(zero-mean, ZM)及維納濾波器(Wiener filter, WF)強化所得的 PRNU 值再去除這些雜訊，留下的 PRNU 雜訊模板將有助於降低錯誤接受率(FAR)，進而提高影像溯源的正確率。

參、旋轉校正

為了降低手機拍攝影像時因旋轉方向造成之影響，我們利用方程式(5)來校正影像的旋轉，統一影像之方向：

$$\hat{K} = R(K, 90), \text{ if } m > n \quad (5)$$

其中對於解析度為 $m * n$ 的數位影像，當 m 大於 n 時，利用 $R(A,B)$ 函數將 A 影像旋轉 90 度。

肆、獲取裝置雜訊模板(SPN)

待鑑拍攝裝置具有再現性的雜訊(PRNU)，我們稱為感光元件雜訊模板(Sensor Pattern Noise, SPN)，為了獲取 SPN，我們需要利用該裝置拍攝多張數位影像，擷取其 PRNU，並加總取其平均值，如方程式(6)所示。在這個過程中，只要拍攝的影像數量足夠多，隨機產生的雜訊

$\sum_{i=1}^N \left[\frac{\theta}{f(I_i)} \right] / N$ 便可以忽略不計：

$$\begin{aligned}
 SPN &= \sum_{i=1}^N \hat{K} \\
 &= \sum_{i=1}^N \left[\frac{I_i - f(I_i)}{f(I_i)} \right] / N - \sum_{i=1}^N \left[\frac{\theta}{f(I_i)} \right] / N \\
 &= \sum_{i=1}^N \left[\frac{I_i - f(I_i)}{f(I_i)} \right] / N \quad (6)
 \end{aligned}$$

伍、相似度評估

得到待鑑裝置的 SPN 以後，便可以進行系爭影像與待鑑裝置 PRNU 的相似度評估。我們以 SPCE 統計值來評估兩者的相似程度，根據[10]，假設世界上有 100 億個影像拍攝裝置的情況下，SPCE 閾值為 41.82，即當系爭影像 PRNU 與待鑑裝置 SPN 計算出來的 SPCE 值大於 41.82 時，我們可以研判該系爭影像是由待鑑裝置所拍攝。

$$MSPCE(SPN, K) = \max\left(SPCE(SPN, K), SPCE(SPN, R(K, 180))\right) \quad (7)$$

$$SPCE(SPN, K) = \frac{\rho^2(RPRNU, K; 0, 0) \times \text{sign}(\rho(RPRNU, K; 0, 0))}{\frac{1}{mn - |N_{max}|} \sum_{(m_s, n_s) \in N_{max}} \rho^2(RPRNU, K; m_s, n_s)} \quad (8)$$

$$\rho(U, V; m_s, n_s) = \frac{\sum_{x,y} (U_{x,y} - \bar{U})(V_{x+m_s, y+n_s} - \bar{V})}{\sqrt{\sum_{x,y} (U_{x,y} - \bar{U})^2} \sqrt{\sum_{x,y} (V_{x+m_s, y+n_s} - \bar{V})^2}} \quad (9)$$

此處 $\max(\cdot)$ 代表取其最大值的函數(用以排除拍攝時 180 度旋轉的情況)， $\rho(U, V; m_s, n_s)$ 則代表相關係數，其中 $1 \leq x, x_s \leq m, 1 \leq y, y_s \leq n$ ， \bar{U} 及 \bar{V} 分別代表 $U_{x,y}$ 及 $V_{x,y}$ 的平均數， $\text{sign}(\cdot)$ 為符號函數， N_{max} 則為特徵峰值區域。

第四節 實驗設計

壹、實驗一：原始影像溯源

本實驗利用 20 個取像裝置的訓練組 50 張影像分別萃取雜訊模板(每個裝置均可得到 1 個雜訊模板，就像這個裝置捺印的指紋卡一樣)，

再將編號 1 至 20 裝置的實驗組影像調整影像大小 (使用 Matlab 內建 imresize 功能, bicubic 方法, 因為相同大小的影像才能互相比對) 後, 分別與這 20 個雜訊模板進行相似度評估(如圖 5)。

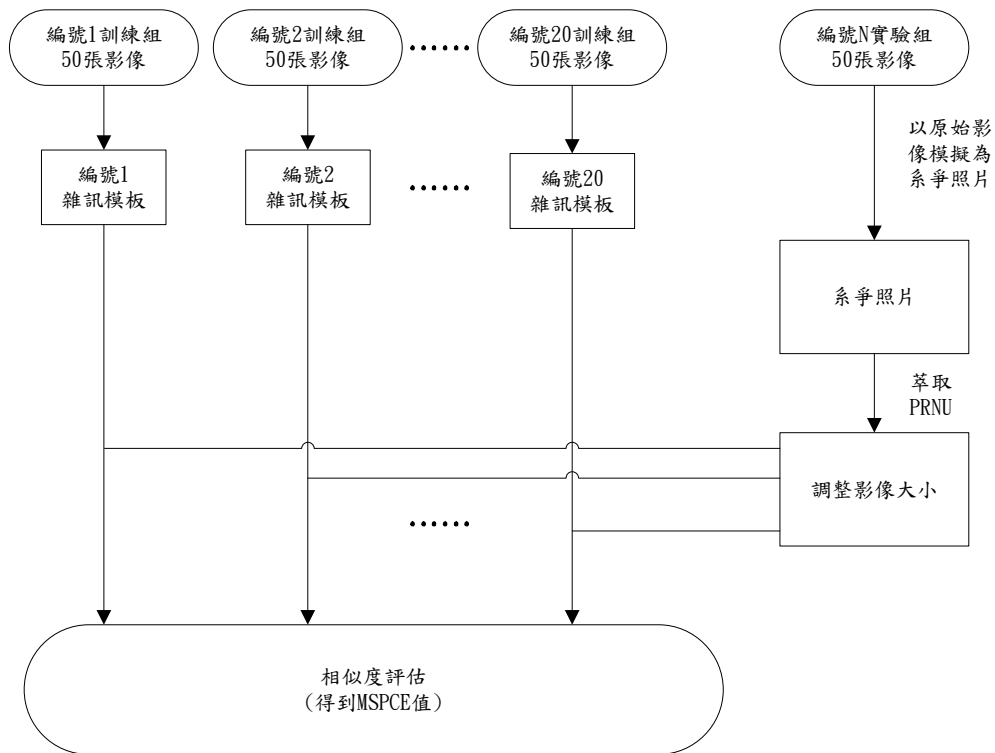


圖 5、實驗一流程示意圖

貳、實驗二：經 LINE 傳輸後影像溯源

實驗二將 20 個取像裝置的實驗組 50 張影像先上傳至 LINE 相簿後再下載, 影像調整大小後, 分別與這 20 個裝置的雜訊模板進行相似度評估(如圖 6)。

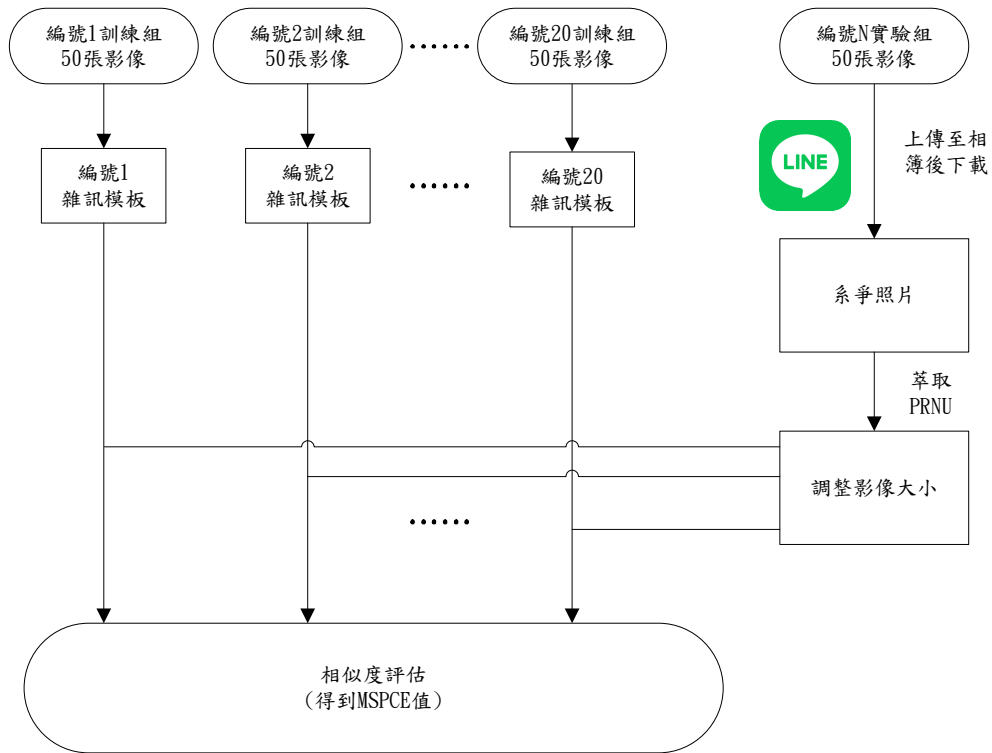


圖 6、實驗二流程示意圖

參、實驗三：訓練組所需影像數量驗證

訓練組通常以多張照片來訓練，用以消除隨機產生的雜訊，並產生裝置的雜訊模板，但需要多少張照片來萃取才能得到正確的結果，尚無定論。為驗證訓練組所需影像數量，我們進行了一個小型實驗：分別以 1、3、5、10、20、30、40、50 張影像來萃取雜訊模板，再與實驗組做相似性評估(如圖 7)。

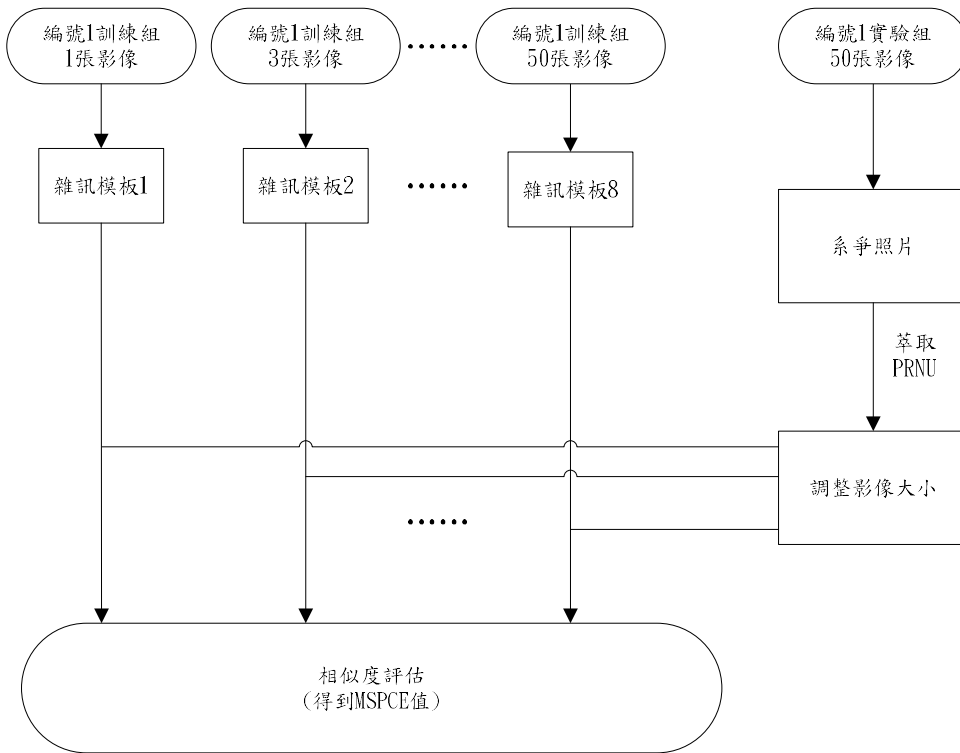


圖 7、實驗三流程示意圖

第四章 研究發現

第一節 實驗結果

壹、實驗一：原始影像溯源結果

經實驗確認，編號 1 實驗組照片 50 張分別與 20 個待鑑裝置的雜訊模板進行相似度評估計算出之 MSPCE 值如圖 8 所示。橫軸代表的是實驗組第 1 張到第 50 張照片，縱軸則是實驗組照片分別與各待鑑裝置雜訊模板的相似程度(MSPCE 值)。

理論上，編號 1 實驗組的 50 張照片因為是以編號 1 裝置拍攝，所以應該要與編號 1 裝置雜訊模板(代號 T01L)計算出的 MSPCE 值最高，而與其他非來源裝置(編號 2 至 20，代號 T02L 至 T20L)雜訊模板計算出的 MSPCE 值最低。

實驗也確實得出與預期相符的結果。我們可以看到編號 1 實驗組的 50 張照片與 T01L 的 MSPCE 值均高於 1×10^5 ，而且與編號 T02L 至 T20L 的 MSPCE 值都非常低，幾乎近似於 0(貼近橫軸)，顯示編號 1 實驗組與編號 2 至 20 裝置的雜訊模板相似度非常低，這是非常顯著的差異。編號 2 至 20 實驗組的實驗結果也非常優異(如圖 9 至圖 27，所有的實驗組照片均可追溯到來源裝置(MSPCE 值均大於閾值 41.82)，而且不會追溯到非來源裝置(MSPCE 均小於閾值 41.82))。

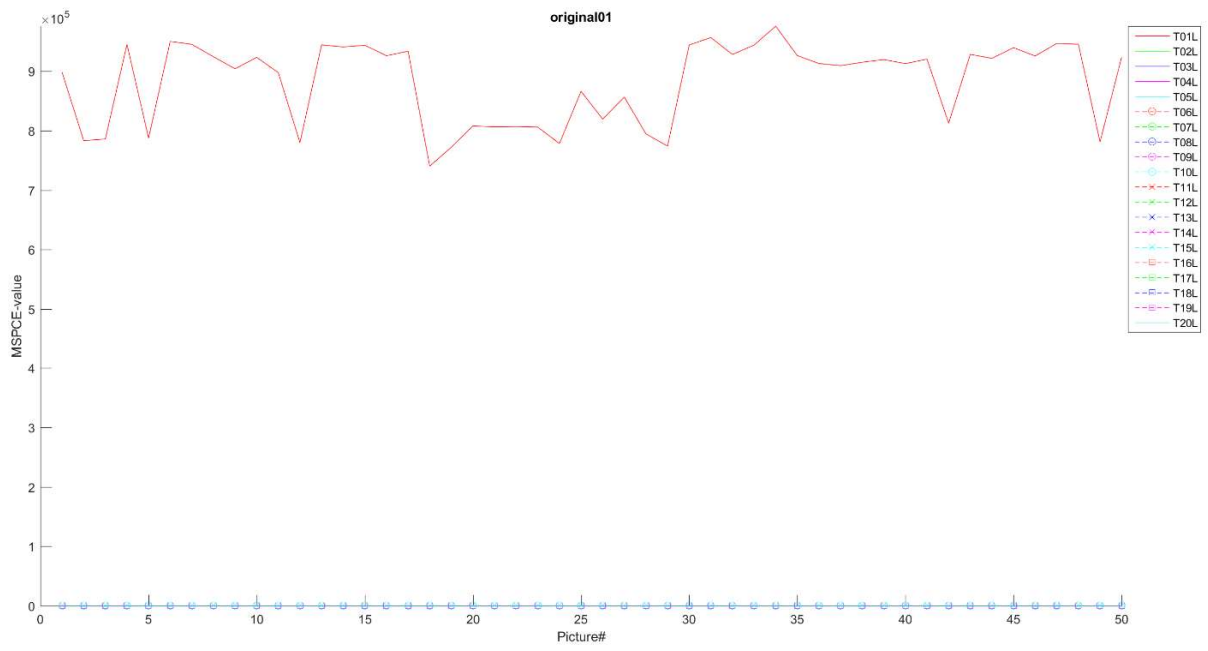


圖 8、實驗一編號 1 實驗組實驗結果

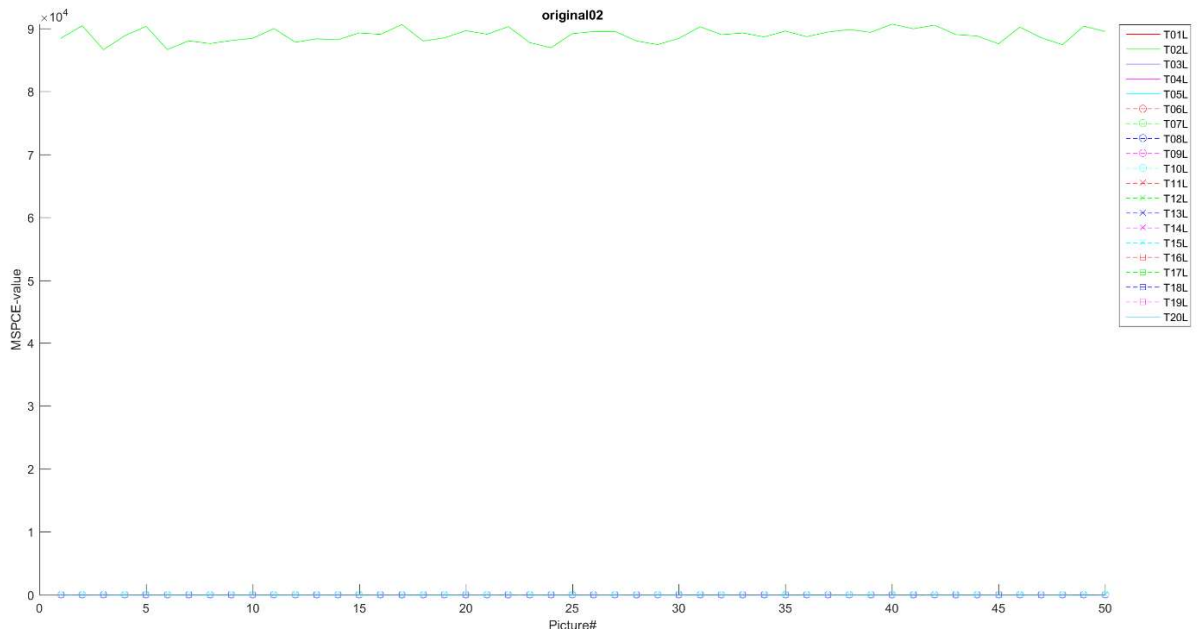


圖 9、實驗一編號 2 實驗組實驗結果

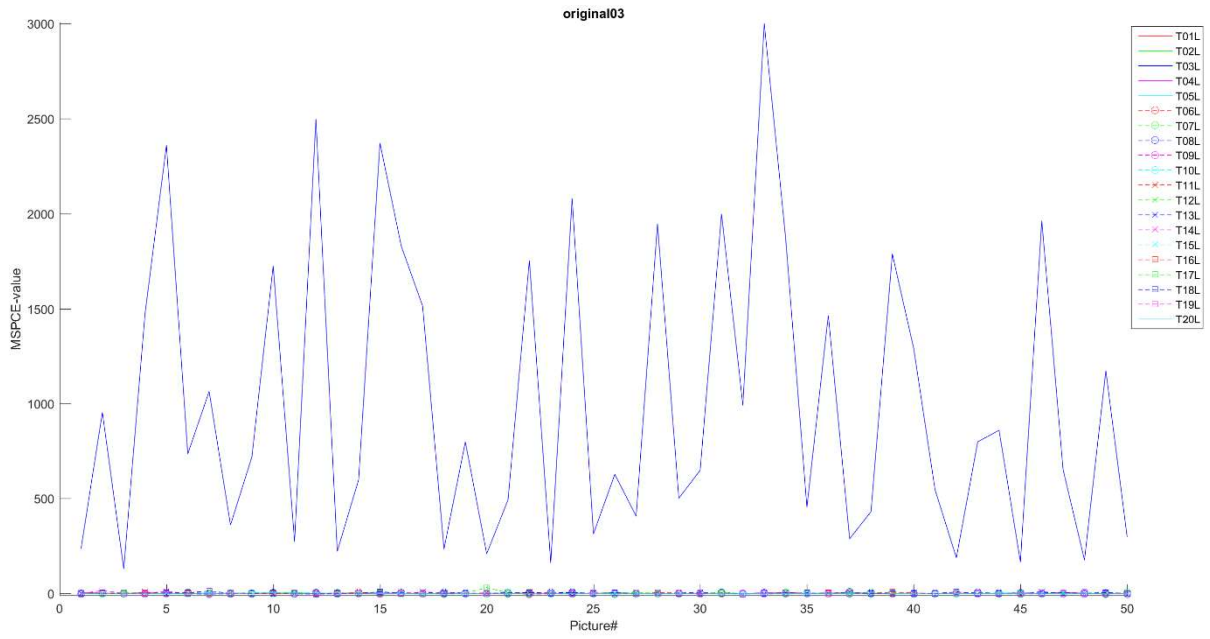


圖 10、實驗一編號 3 實驗組實驗結果

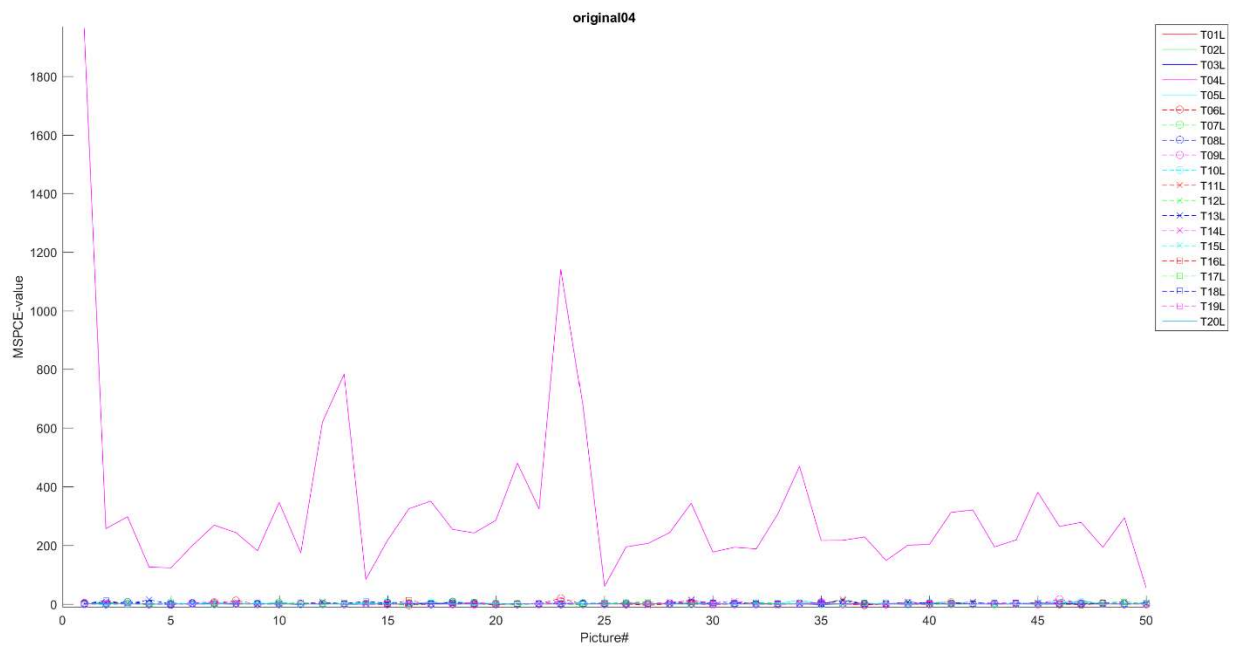


圖 11、實驗一編號 4 實驗組實驗結果

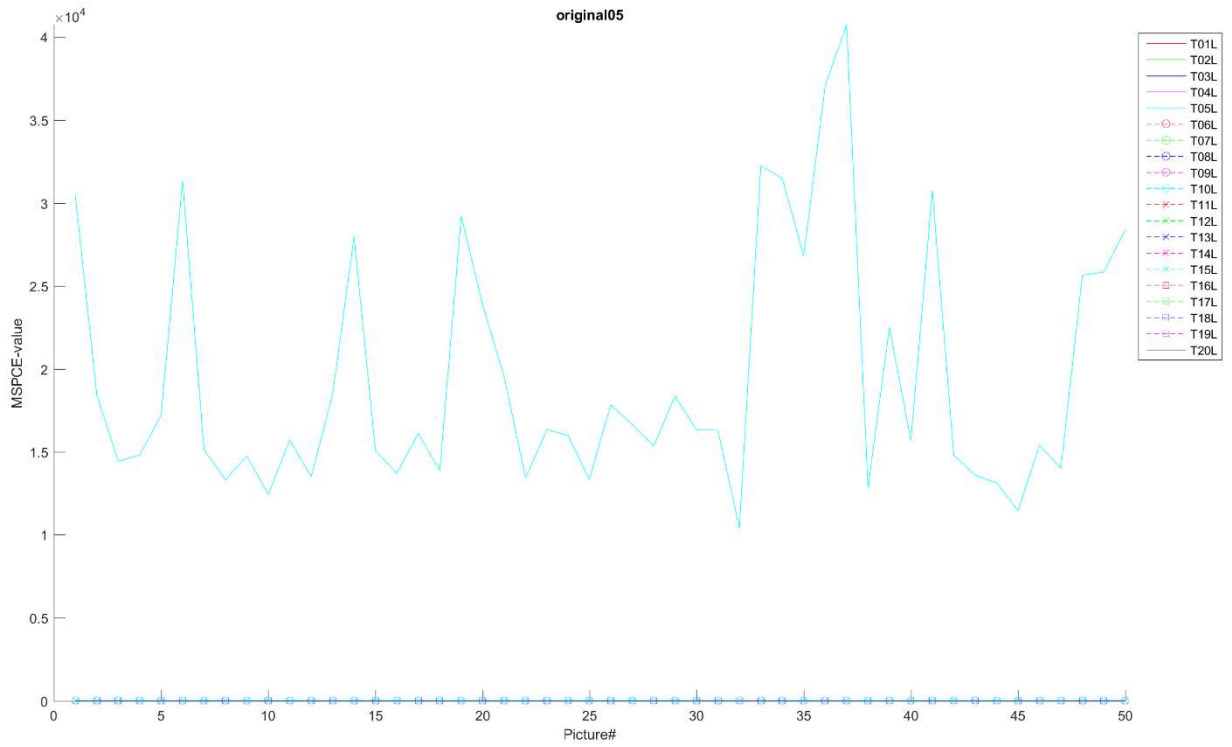


圖 12、實驗一編號 5 實驗組實驗結果

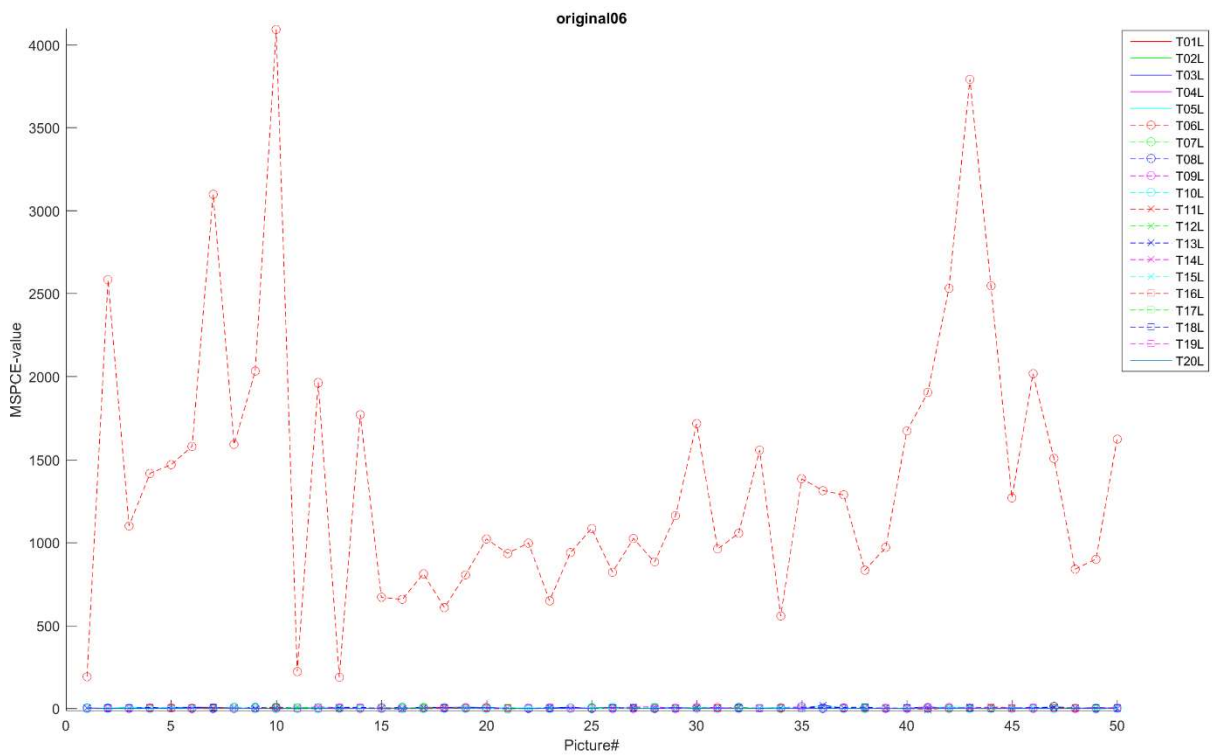


圖 13、實驗一編號 6 實驗組實驗結果

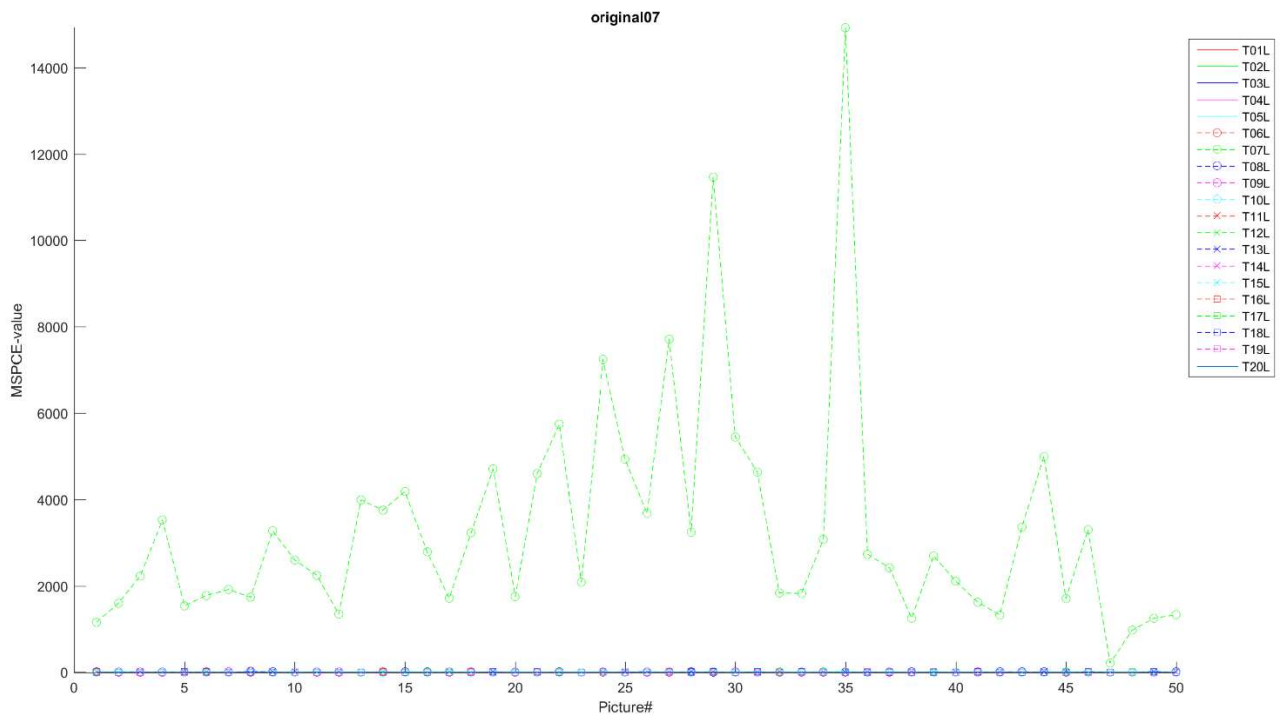


圖 14、實驗一編號 7 實驗組實驗結果

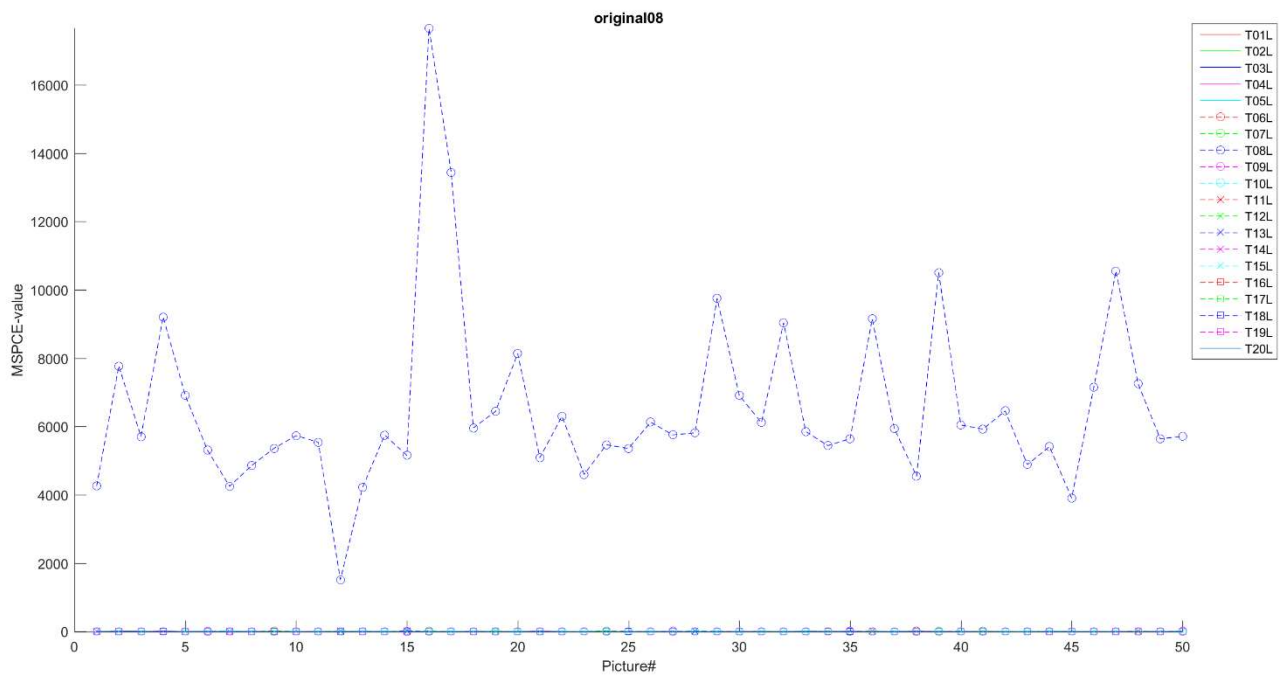


圖 15、實驗一編號 8 實驗組實驗結果

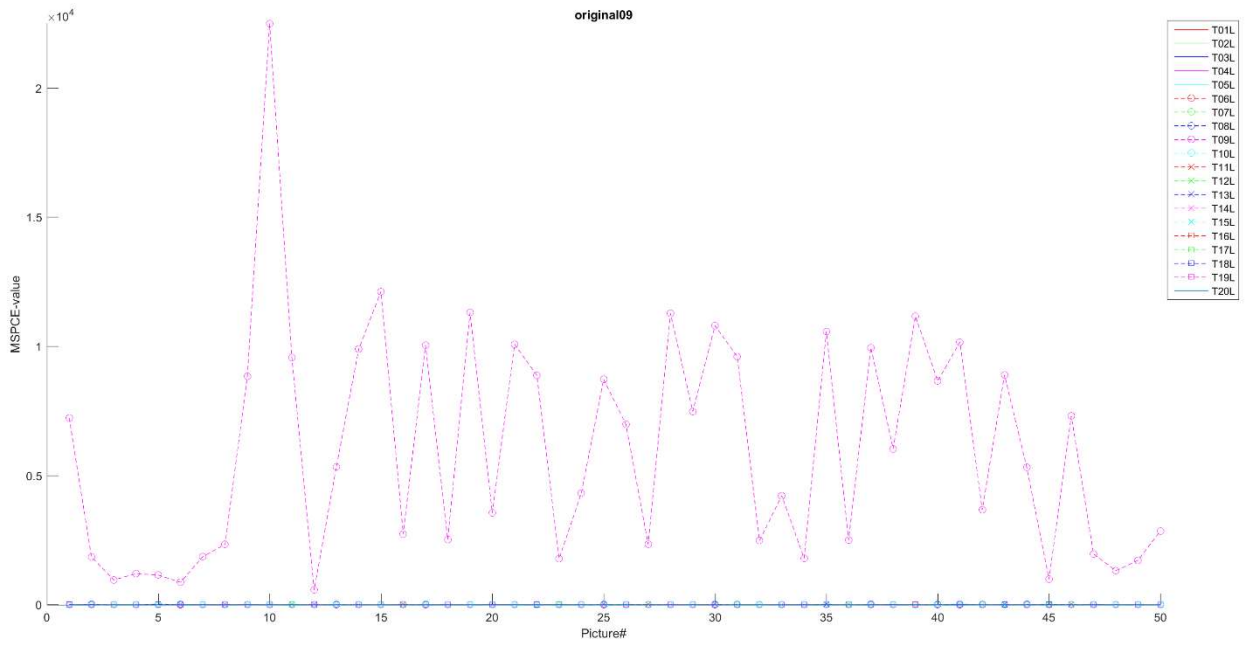


圖 16、實驗一編號 9 實驗組實驗結果

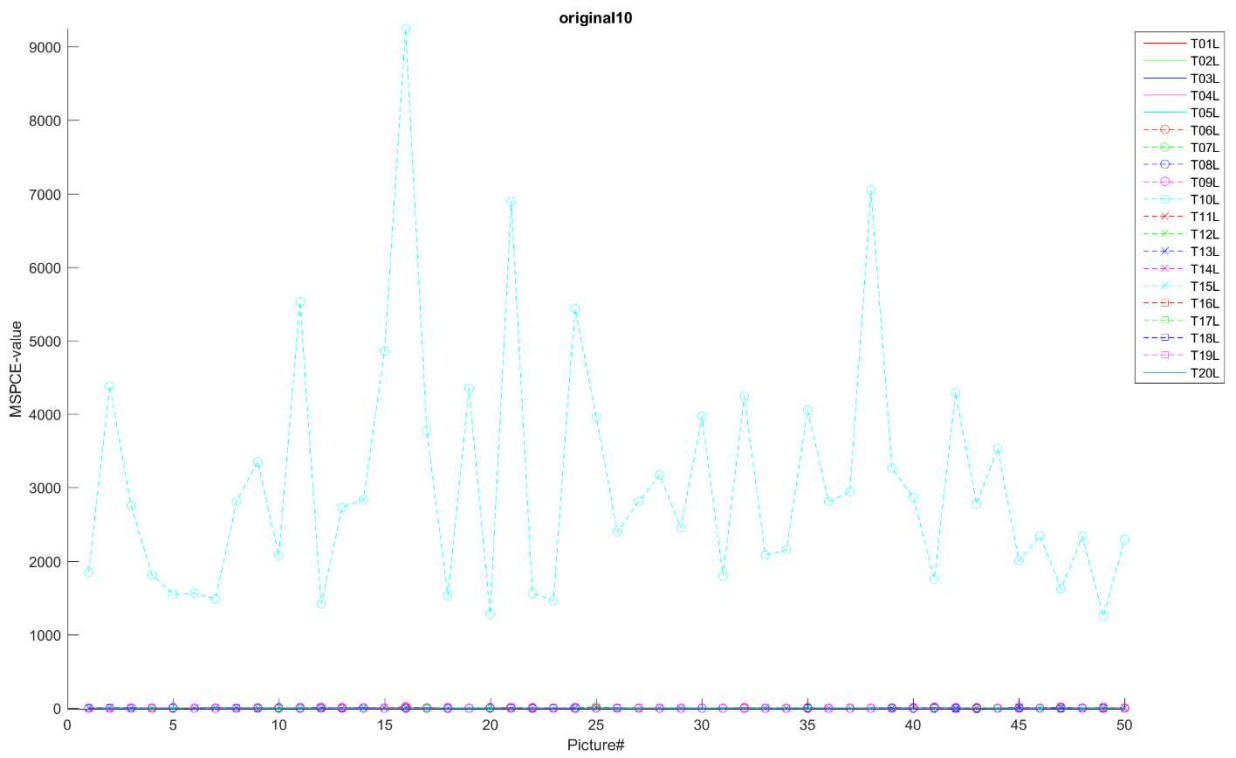


圖 17、實驗一編號 10 實驗組實驗結果

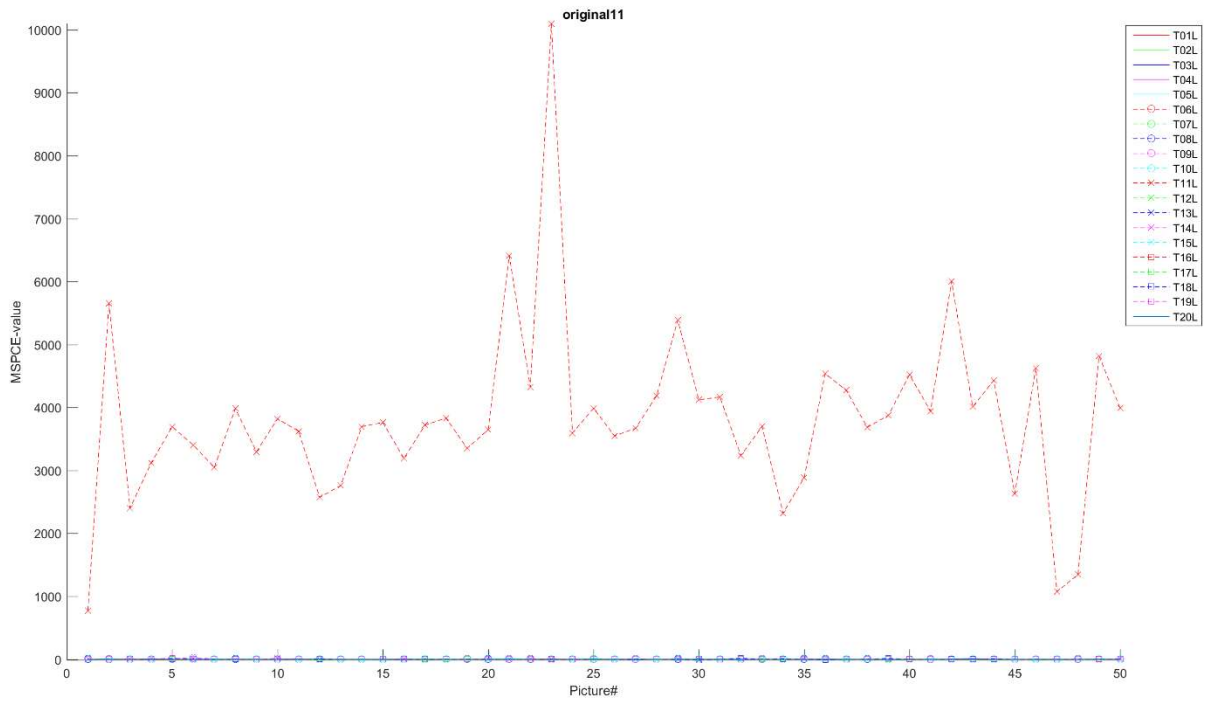


圖 18、實驗一編號 11 實驗組實驗結果

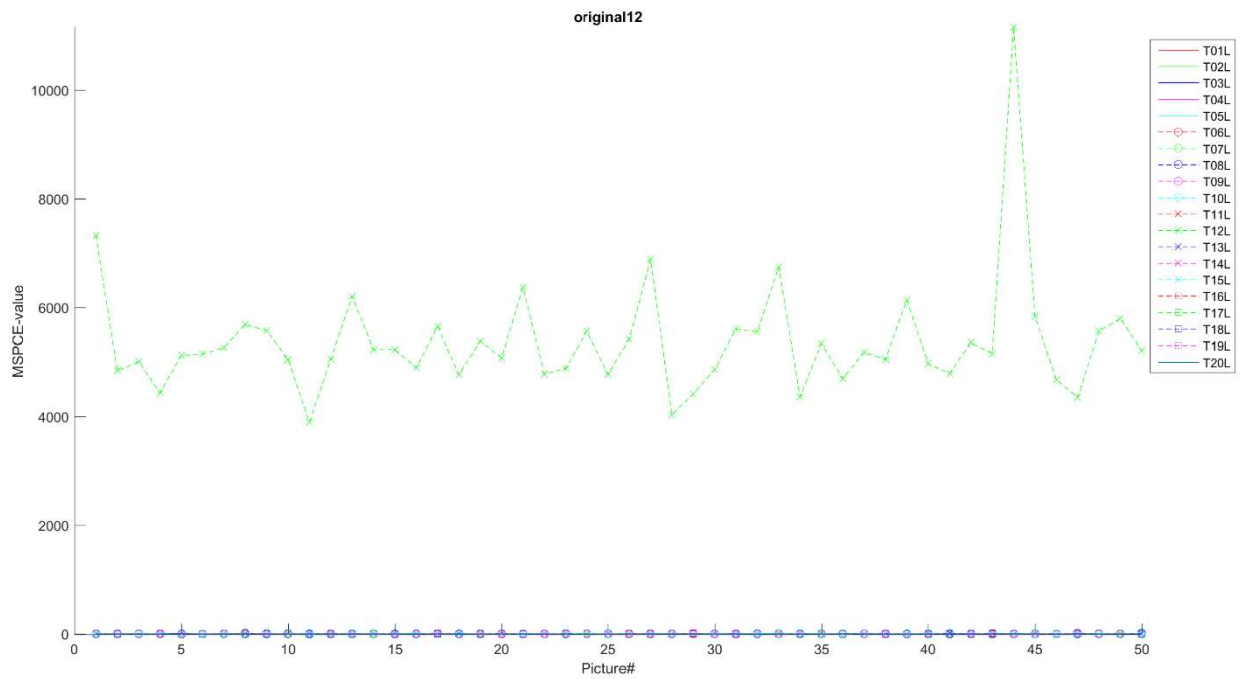


圖 19、實驗一編號 12 實驗組實驗結果

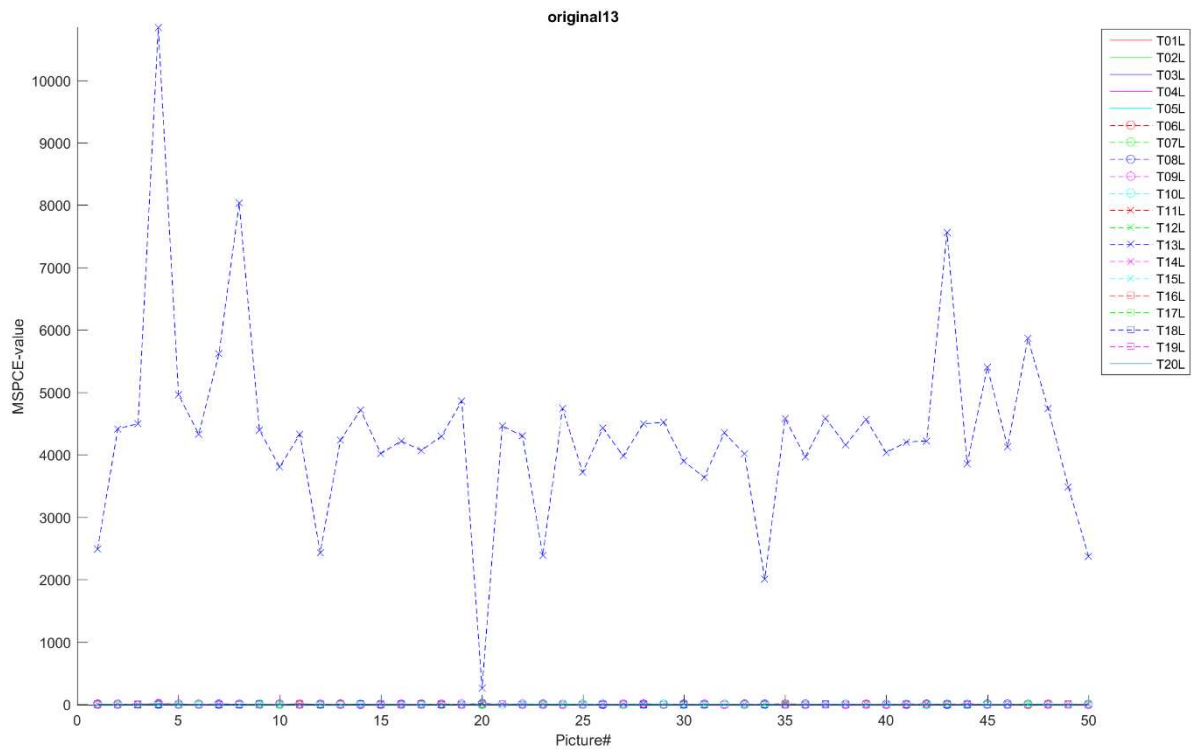


圖 20、實驗一編號 13 實驗組實驗結果

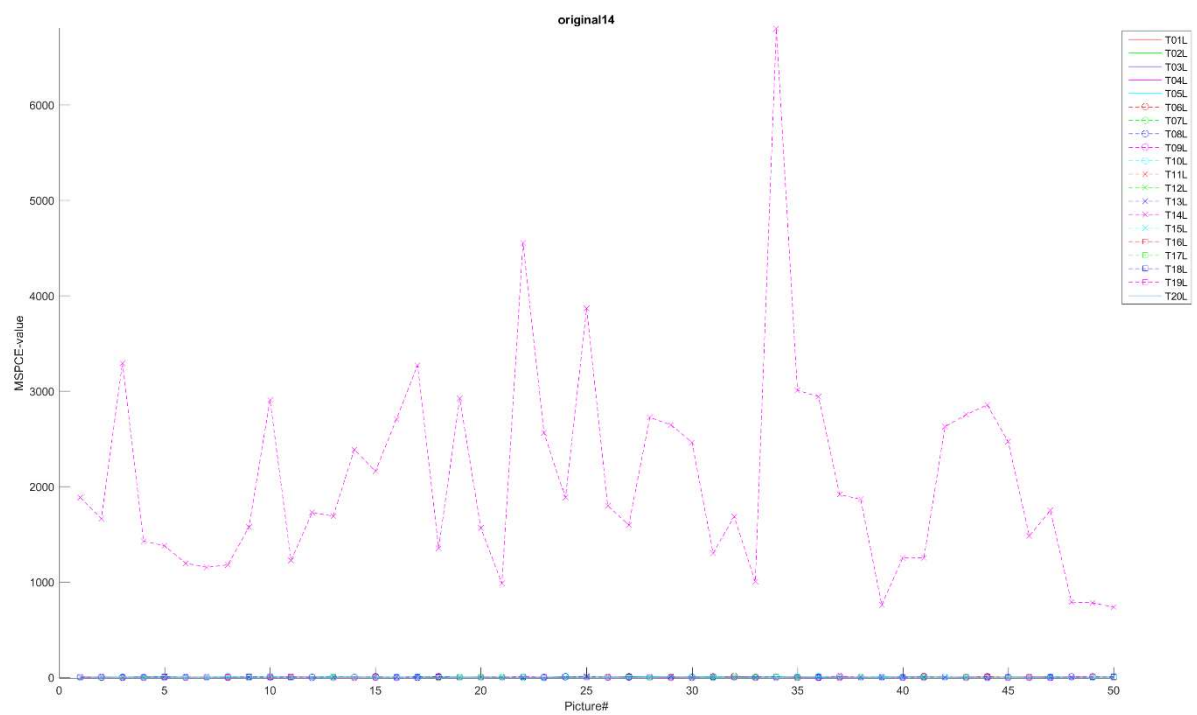


圖 21、實驗一編號 14 實驗組實驗結果

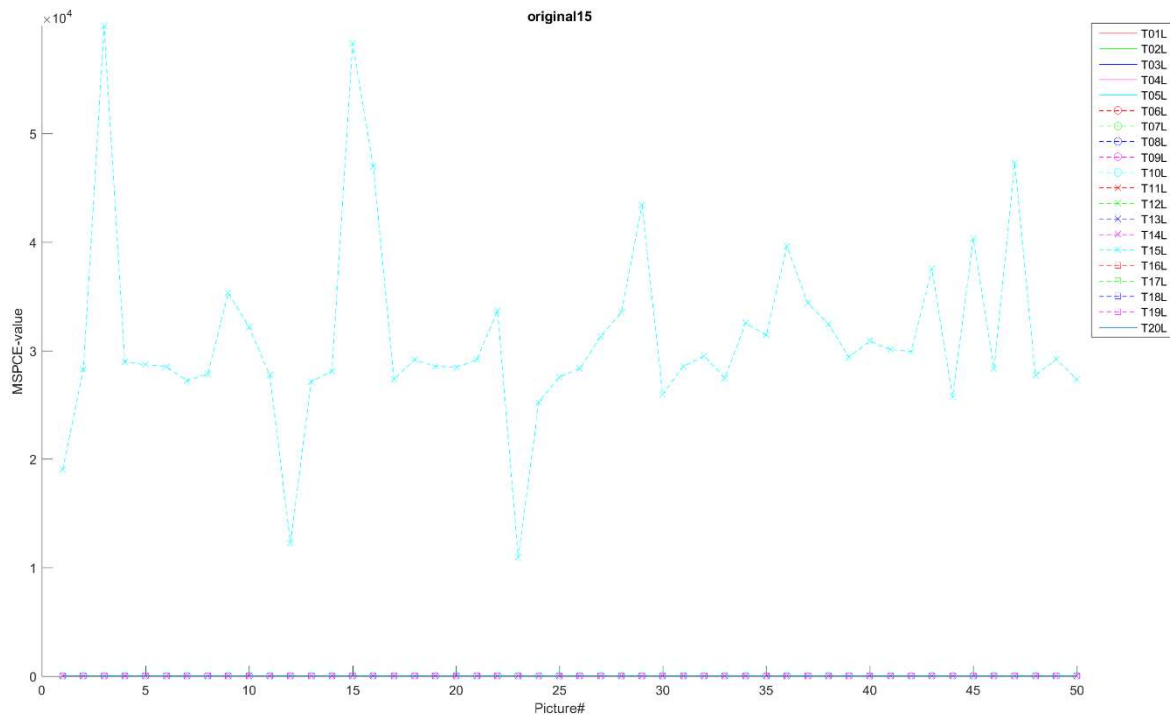


圖 22、實驗一編號 15 實驗組實驗結果

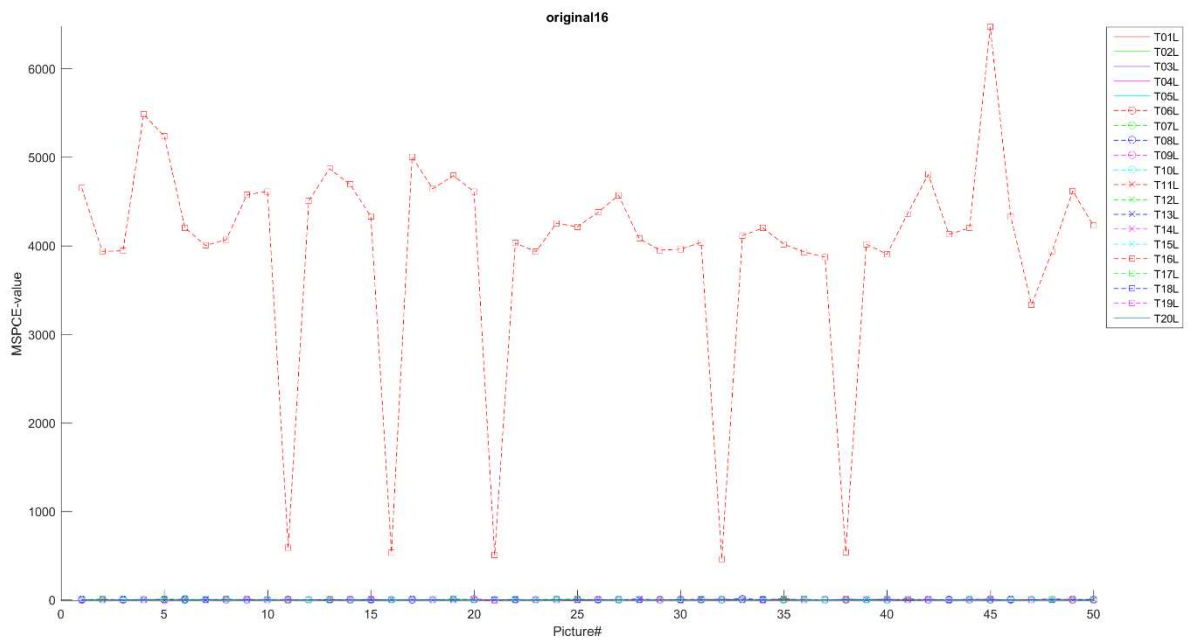


圖 23、實驗一編號 16 實驗組實驗結果

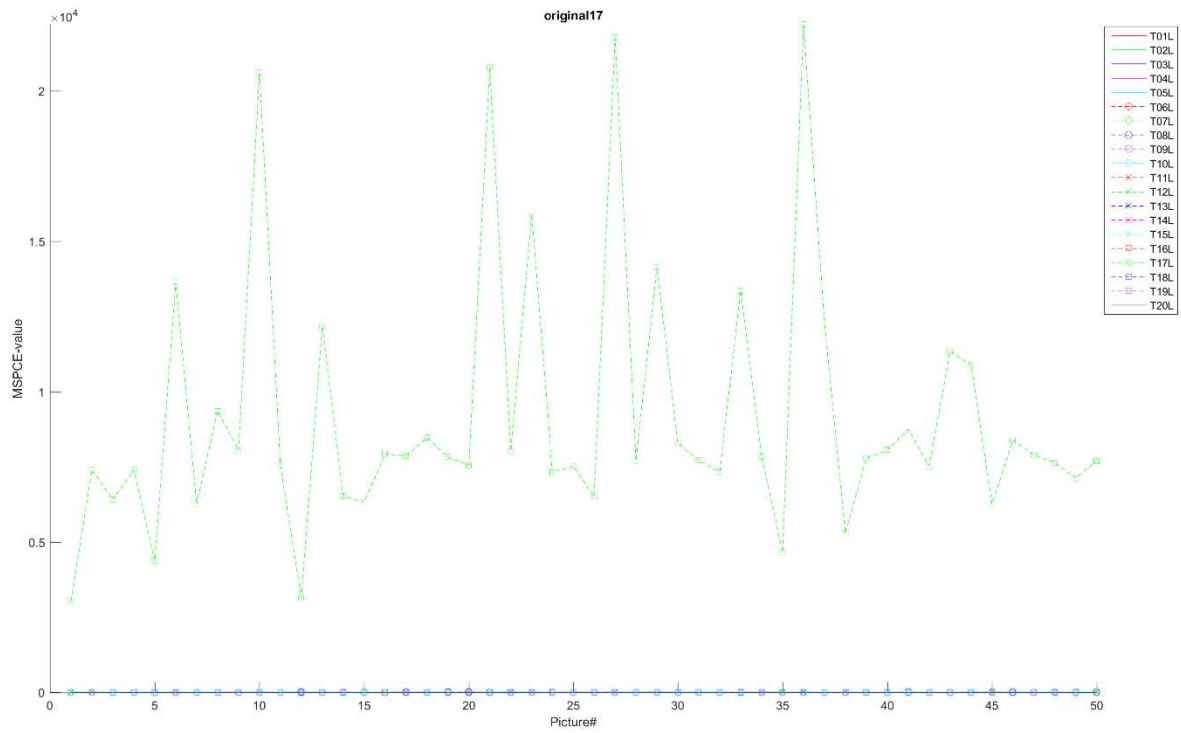


圖 24、實驗一編號 17 實驗組實驗結果

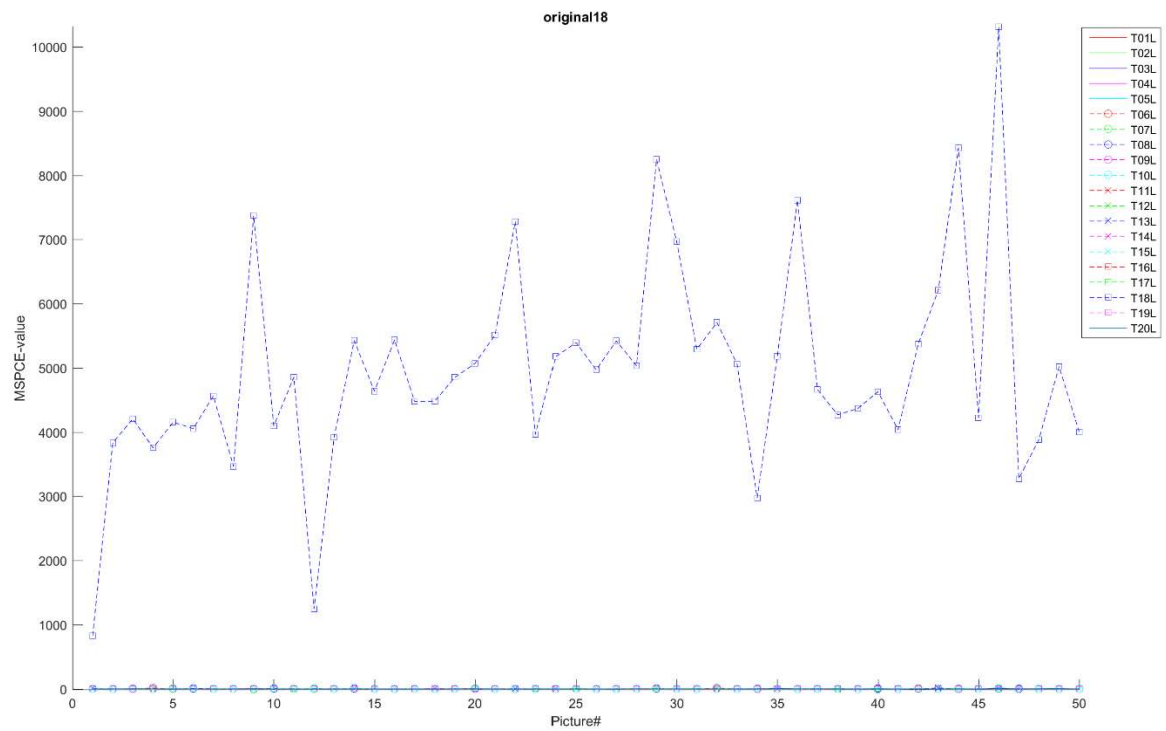


圖 25、實驗一編號 18 實驗組實驗結果

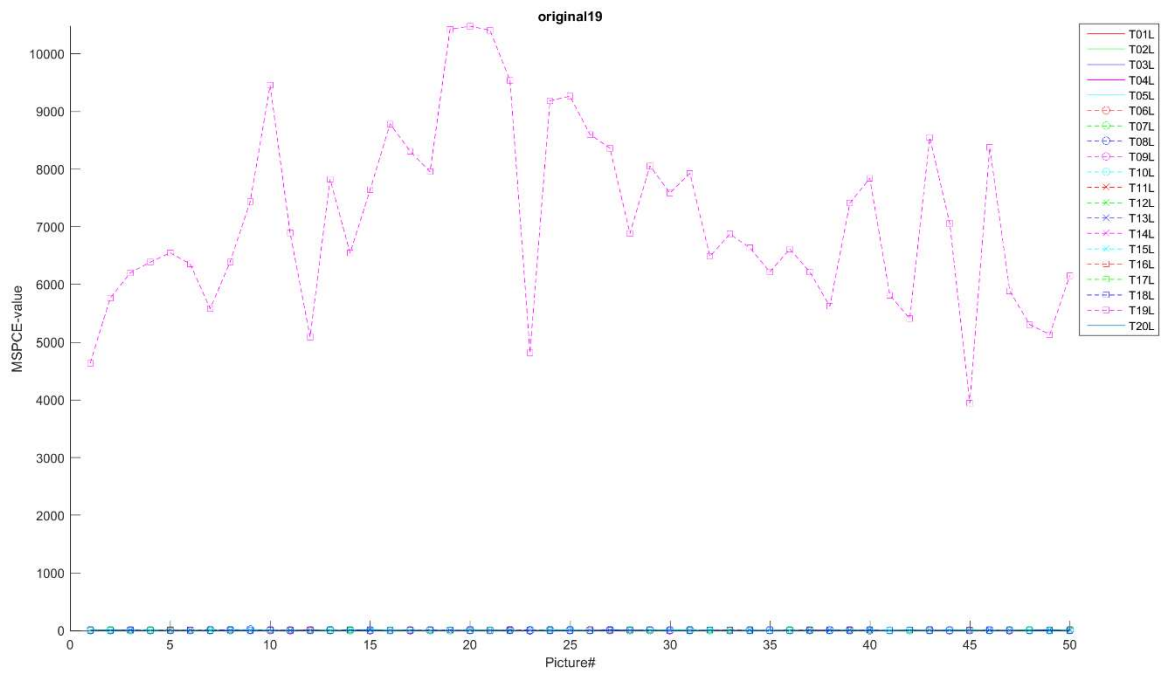


圖 26、實驗一編號 19 實驗組實驗結果

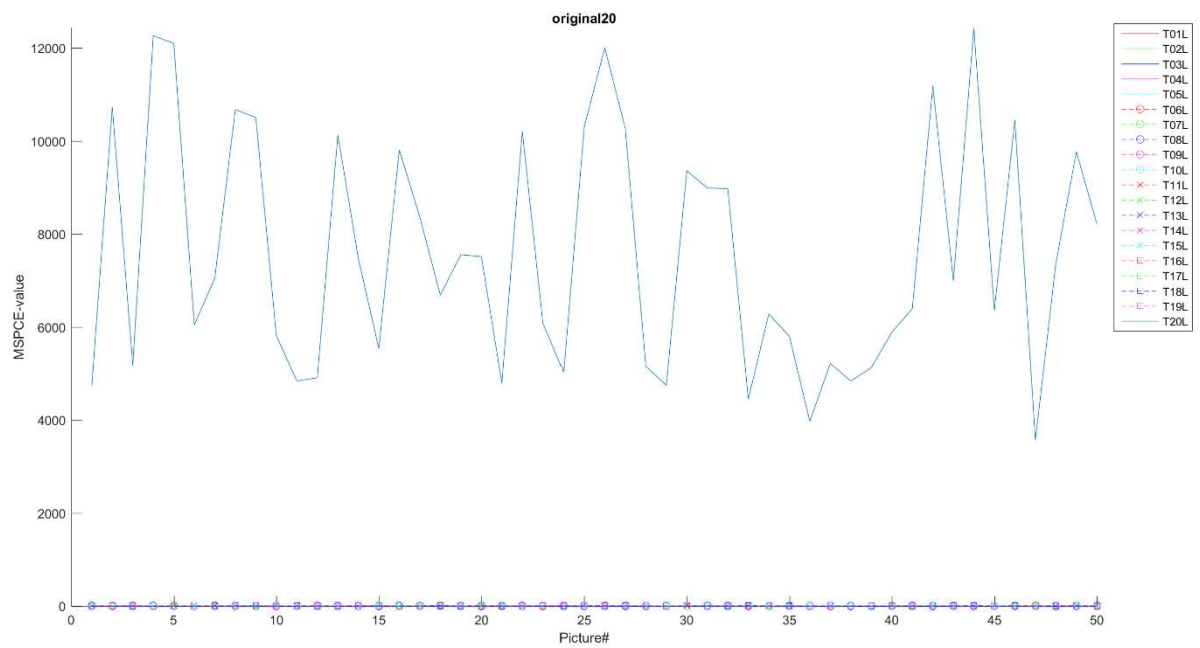


圖 27、實驗一編號 20 實驗組實驗結果

貳、實驗二：經 LINE 傳輸後影像溯源結果

編號 1 實驗組照片 50 張以 LINE 即時通訊軟體傳輸後，分別與 20 個待鑑裝置的雜訊模板進行相似度評估計算出之 MSPCE 值如圖 28 所示。橫軸代表的是第 1 張到第 50 張照片，縱軸則是實驗組照片分別與各待鑑裝置雜訊模板的相似程度(MSPCE 值)。編號 2 至編號 20 實驗結果如圖 29 至圖 47。

實驗結果除了編號 3 及 6 實驗組之外，均符合預期。編號 3 實驗組共有 6 張照片無法追溯到來源裝置(MSPCE 值低於 41.82)，如圖 30；編號 6 實驗組則有 1 張照片無法追溯到來源裝置(MSPCE 值低於 41.82)，如圖 33。理論上，這 7 張照片因為是以來源裝置拍攝，所以與來源裝置雜訊模板計算出的 MSPCE 值應高於 41.82，然而這 7 張照片卻出現了偽陰性(false negative)的結果，推測其原因可能是該裝置產生雜訊的再現性較不穩定所致。而這 7 張照片與其他非來源裝置雜訊模板計算出的 MSPCE 值依然很低，沒有產生偽陽性(false positive)的情形。

其餘 18 個(編號 1、2、4、5、7 至 20)實驗組的實驗結果都非常良好，所有的實驗組照片均可追溯到來源裝置(MSPCE 值均大於閾值 41.82)，而且不會追溯到非來源裝置(MSPCE 均小於閾值 41.82)。

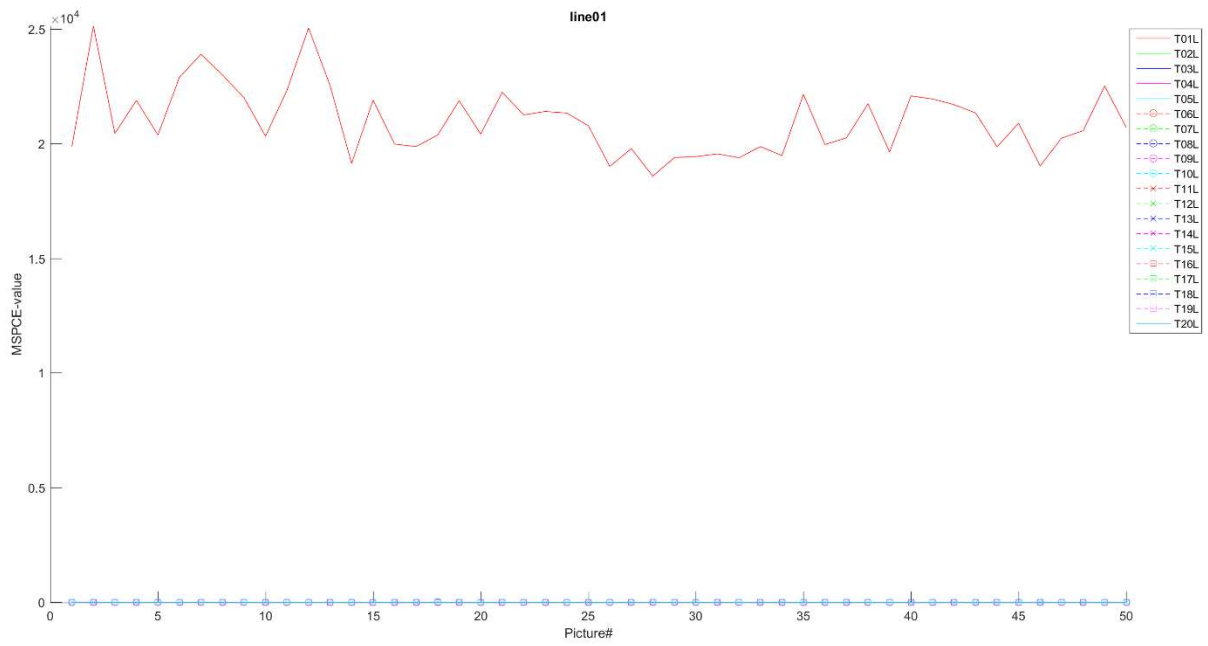


圖 28、實驗二編號 1 實驗組實驗結果

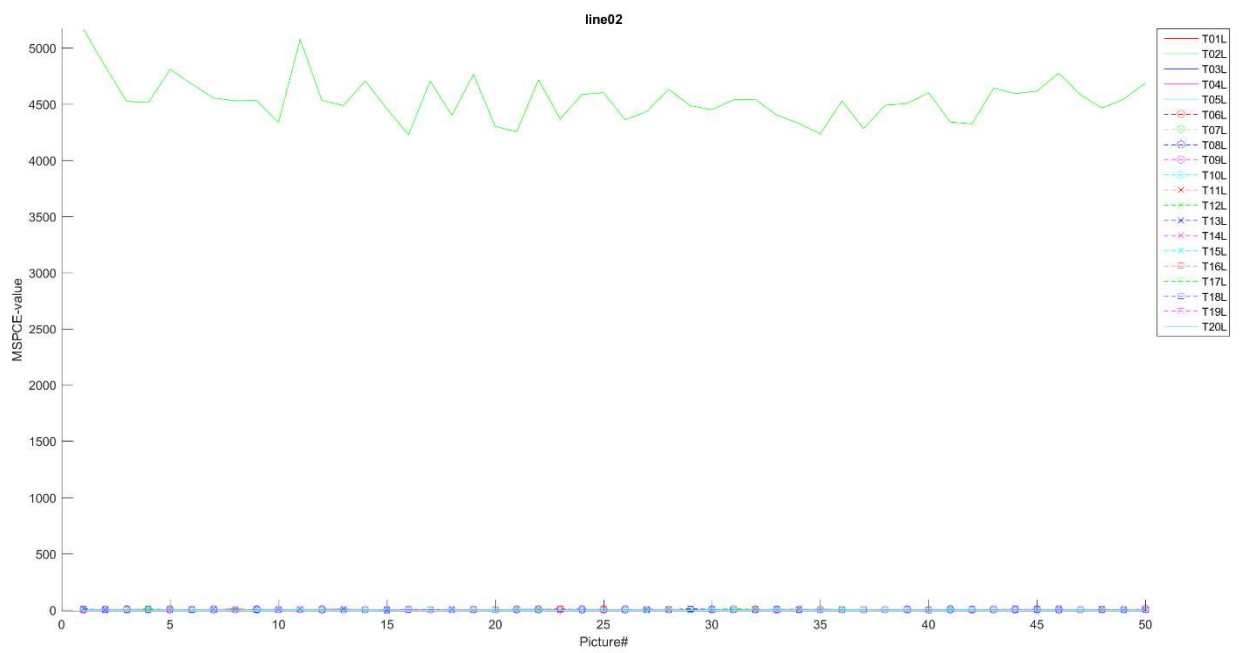


圖 29、實驗二編號 2 實驗組實驗結果

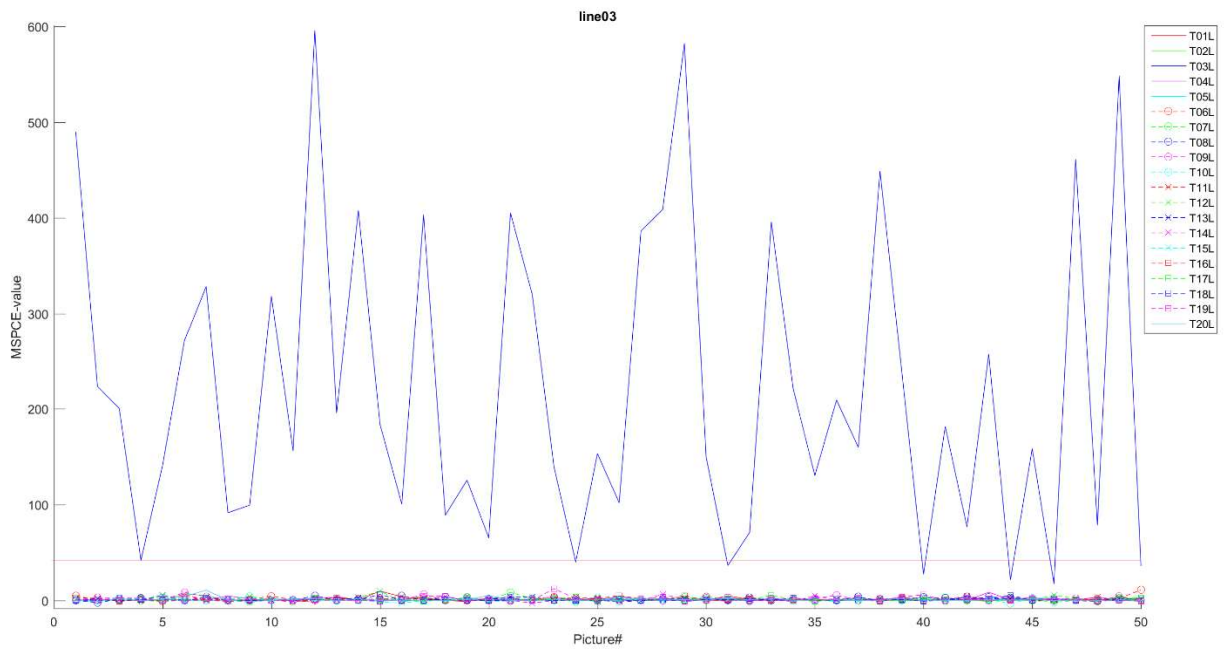


圖 30、實驗二編號 3 實驗組實驗結果

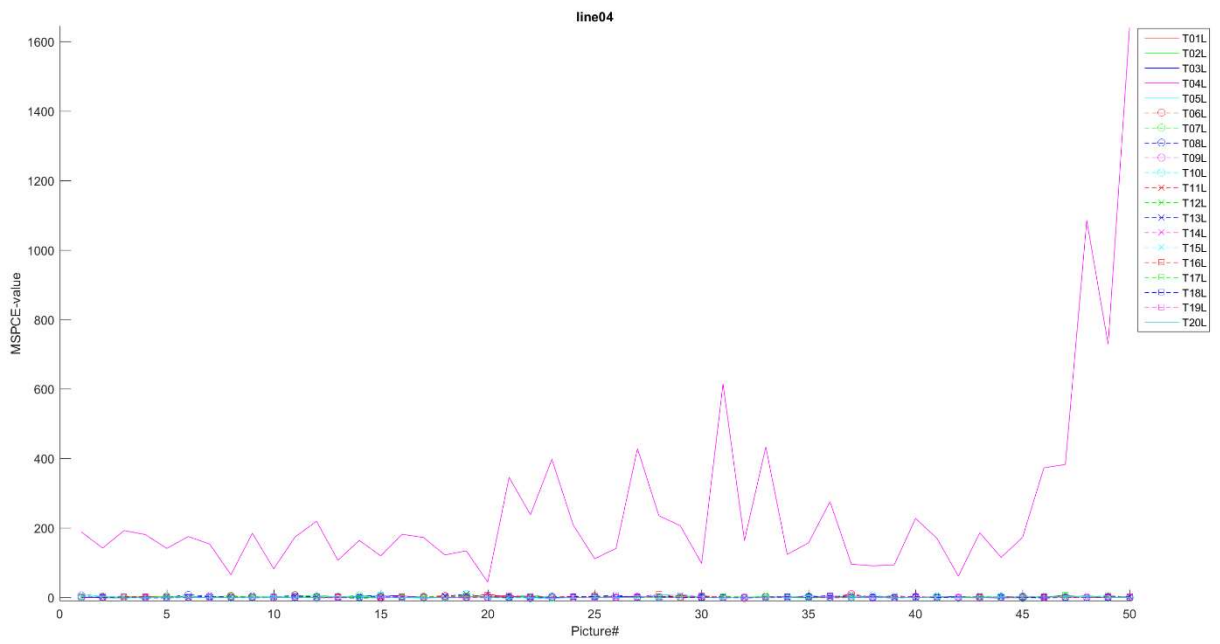


圖 31、實驗二編號 4 實驗組實驗結果

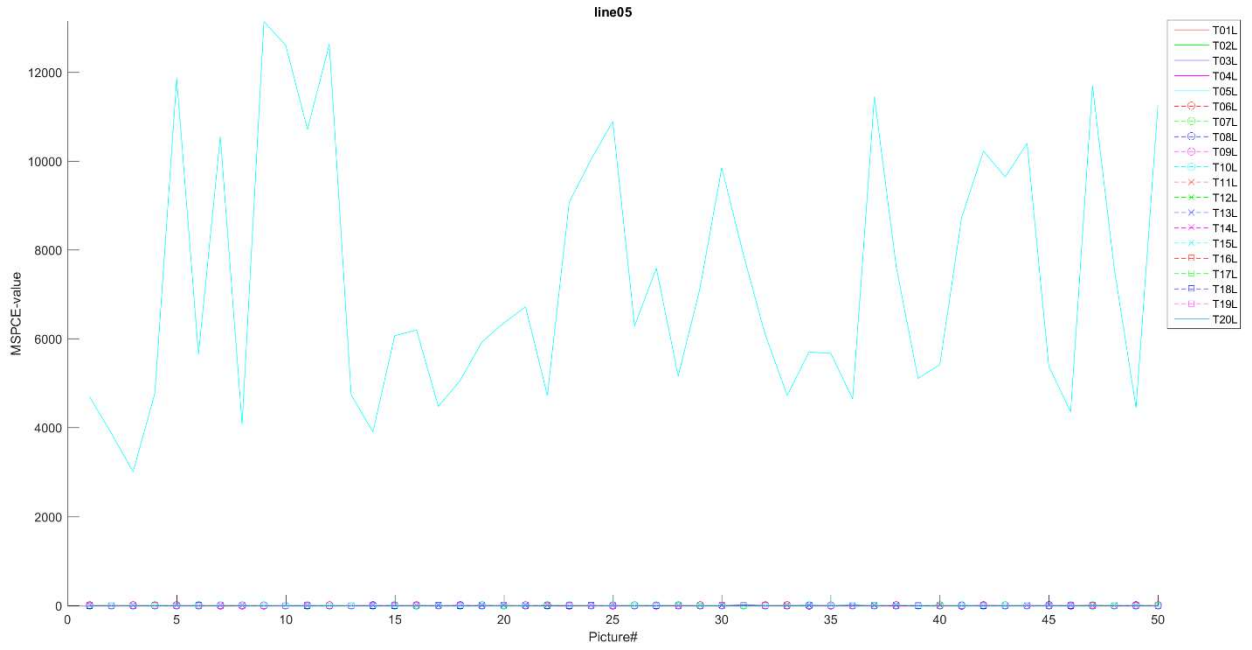


圖 32、實驗二編號 5 實驗組實驗結果

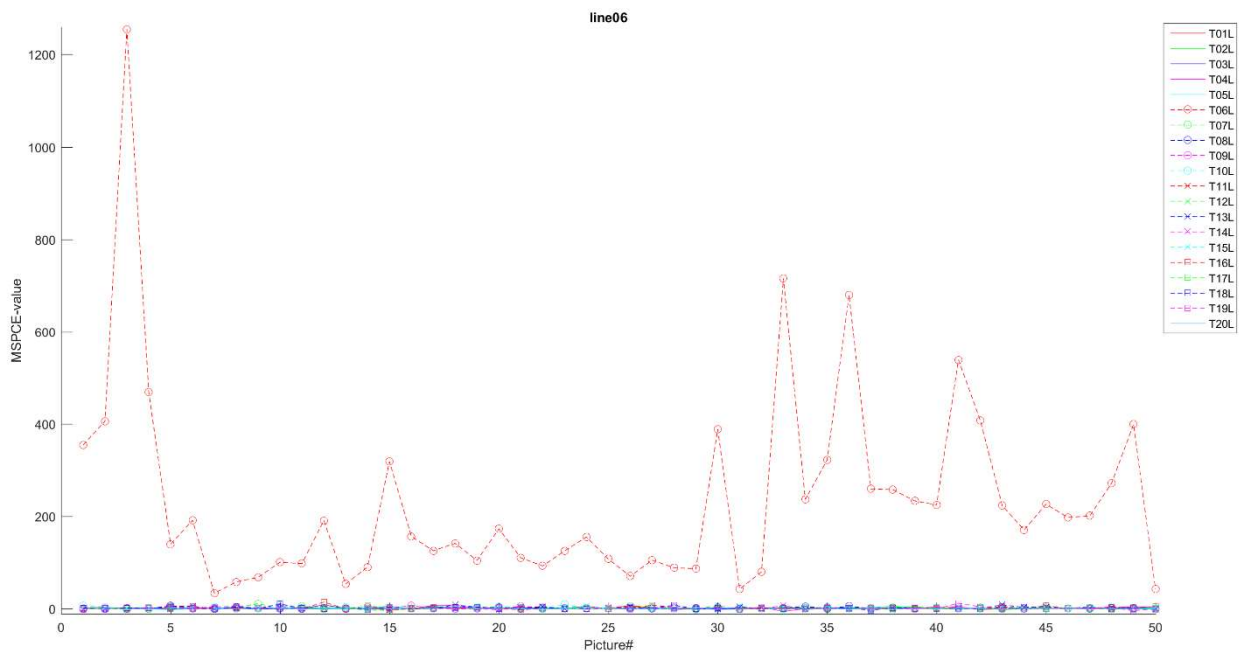


圖 33、實驗二編號 6 實驗組實驗結果

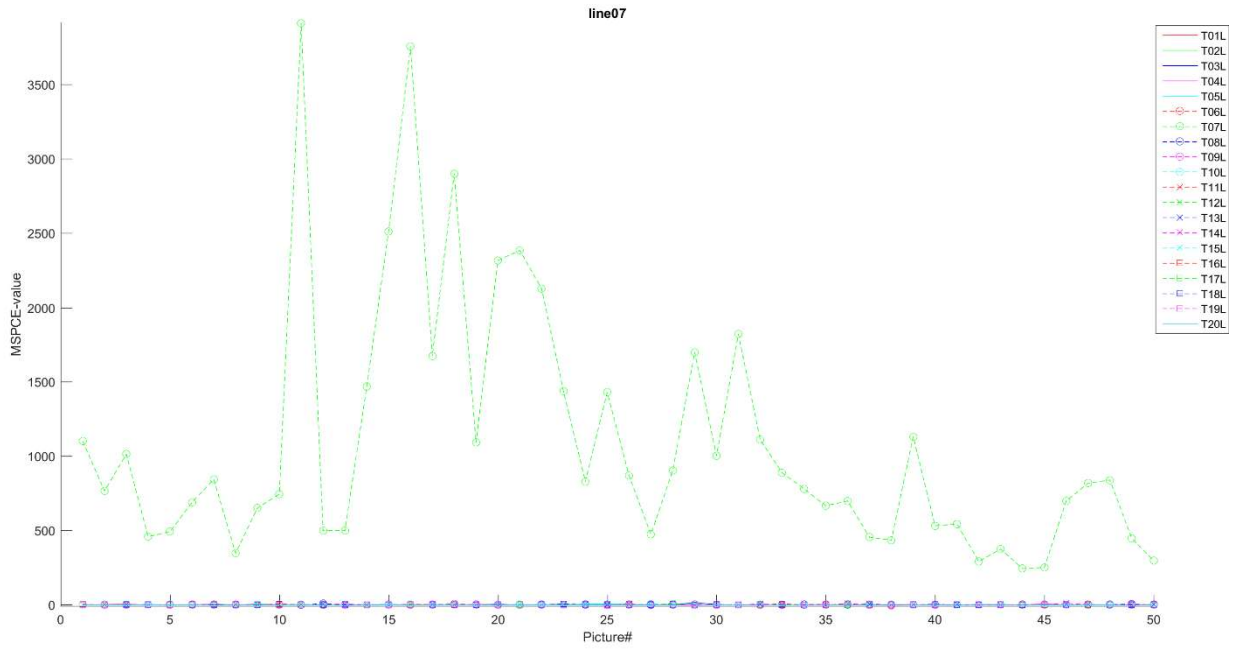


圖 34、實驗二編號 7 實驗組實驗結果

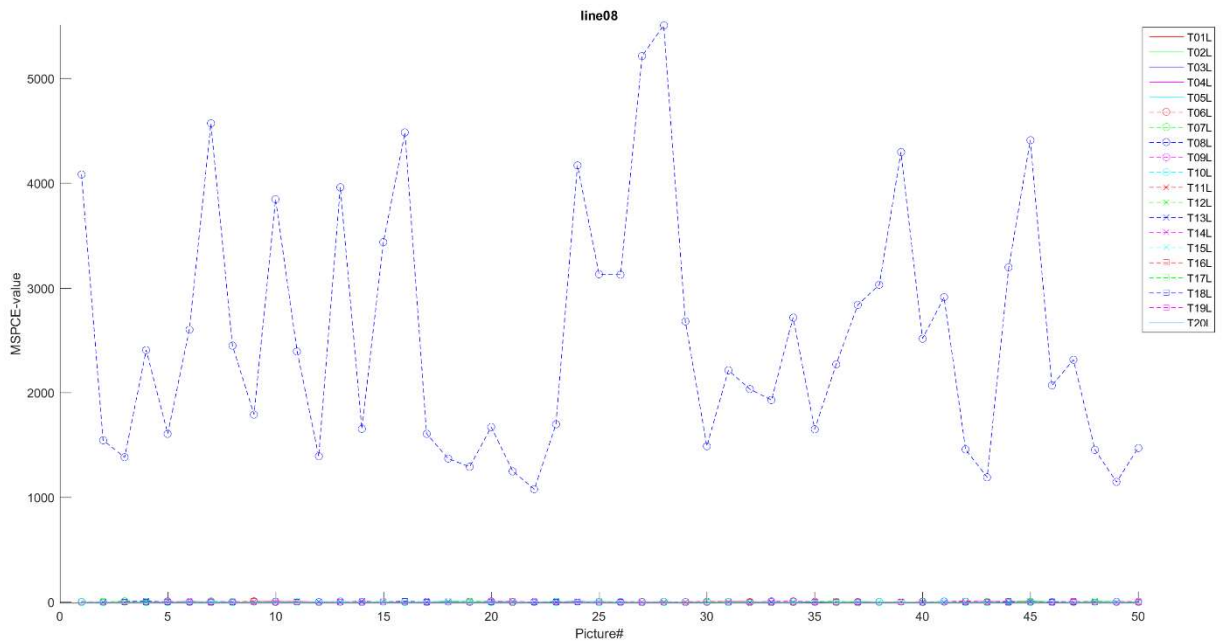


圖 35、實驗二編號 8 實驗組實驗結果

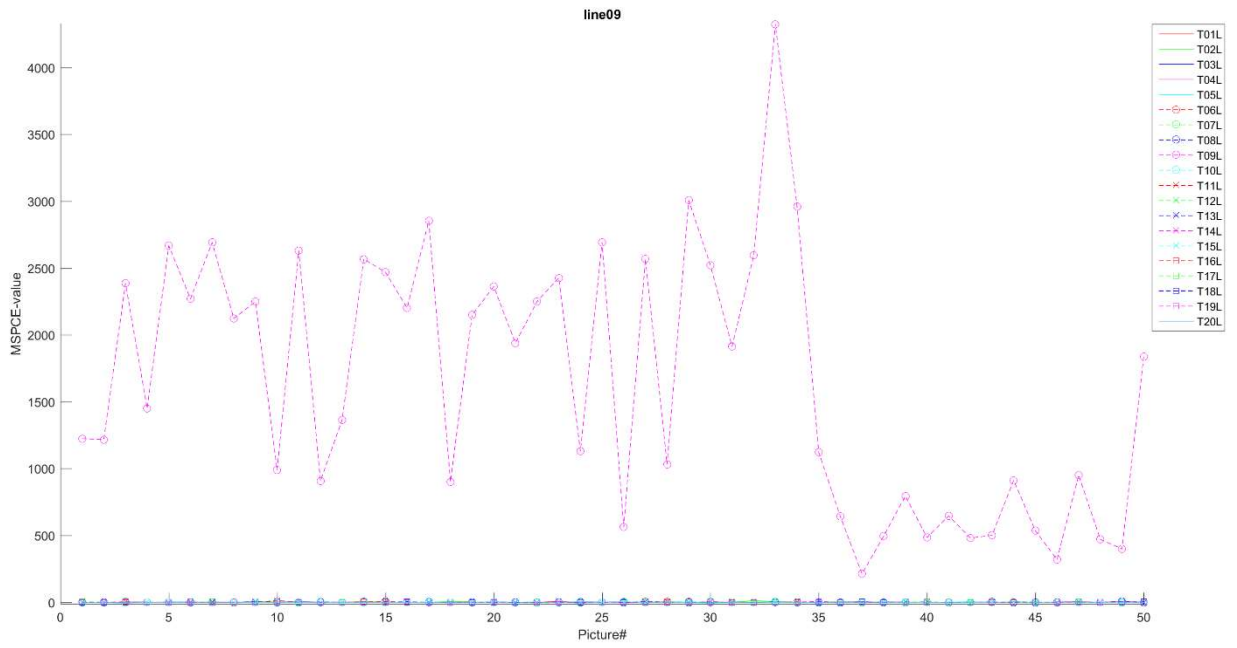


圖 36、實驗二編號 9 實驗組實驗結果

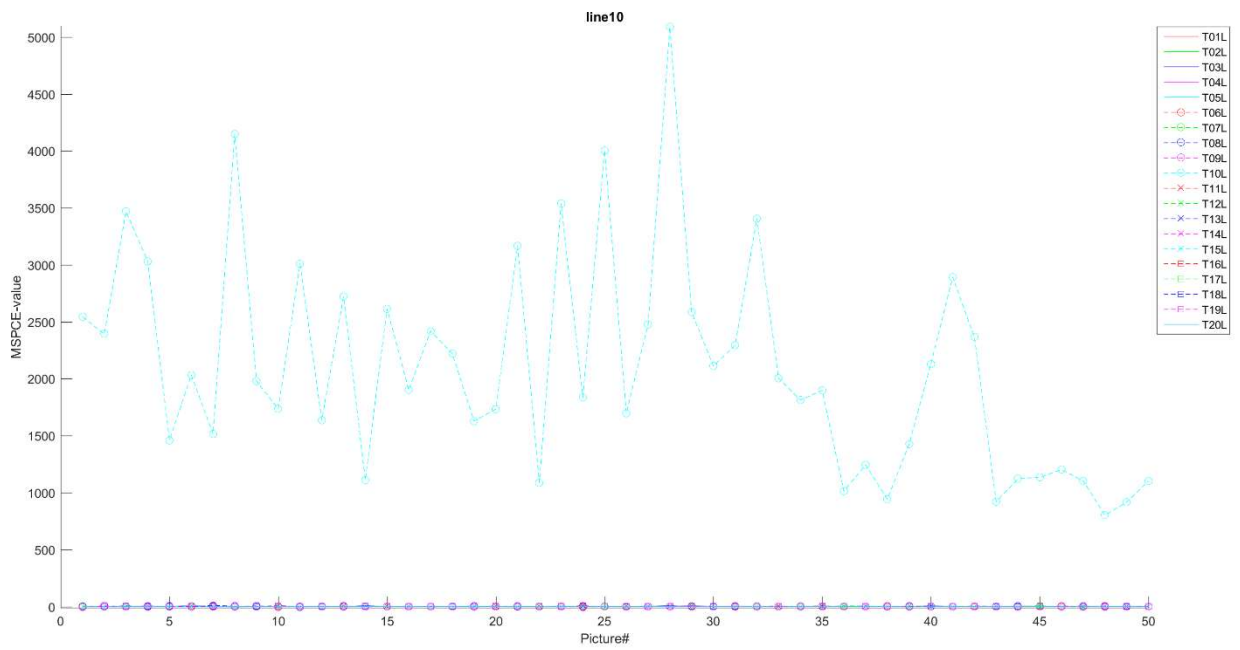


圖 37、實驗二編號 10 實驗組實驗結果

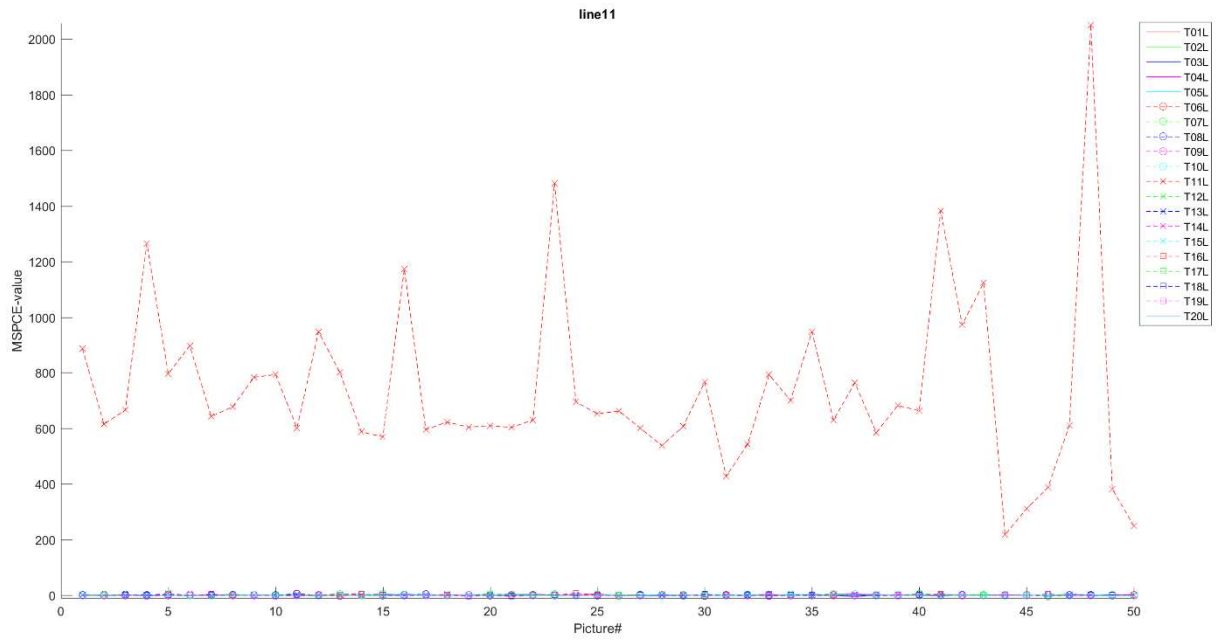


圖 38、實驗二編號 11 實驗組實驗結果

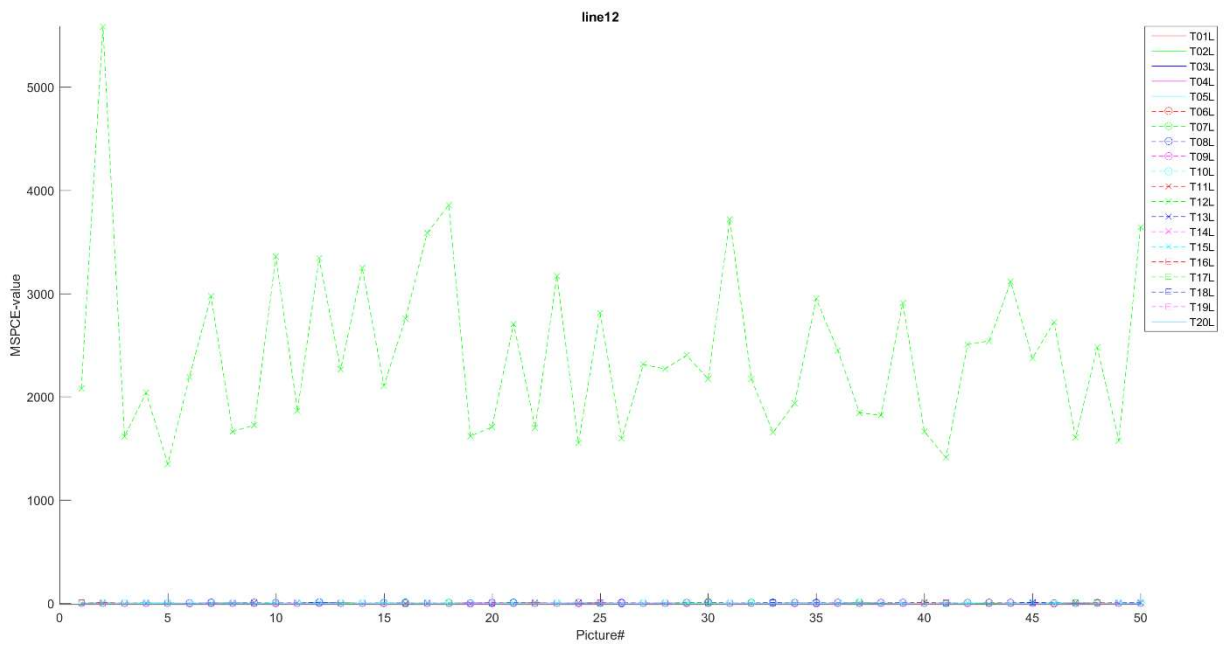


圖 39、實驗二編號 12 實驗組實驗結果

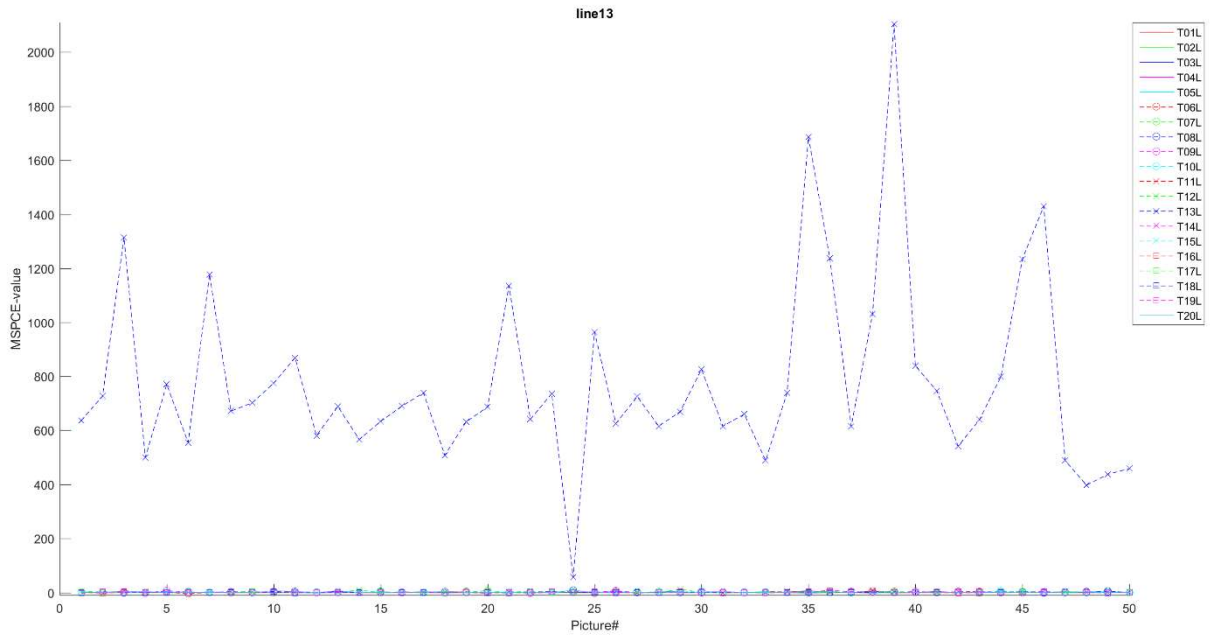


圖 40、實驗二編號 13 實驗組實驗結果

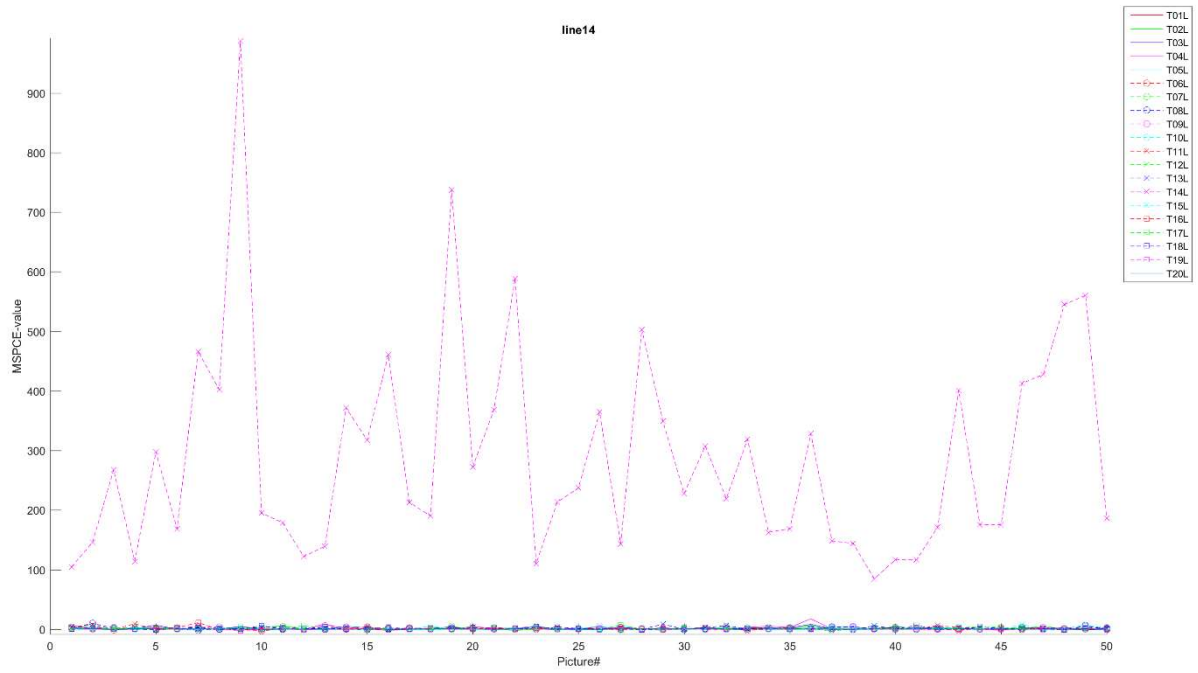


圖 41、實驗二編號 14 實驗組實驗結果

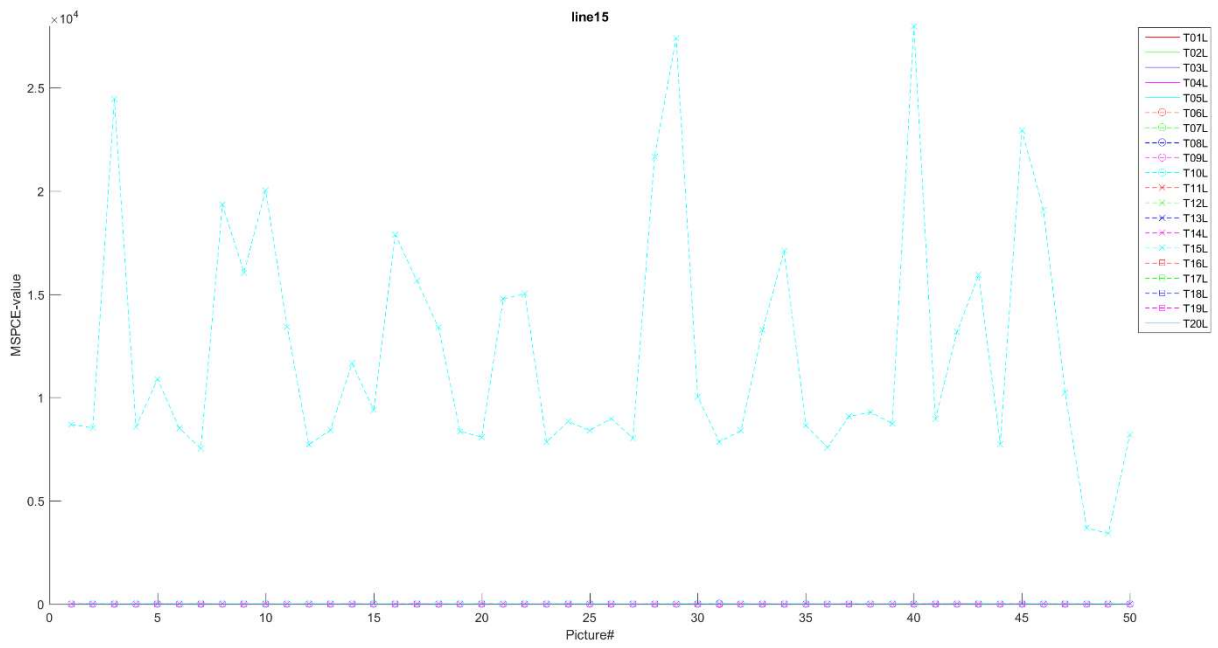


圖 42、實驗二編號 15 實驗組實驗結果

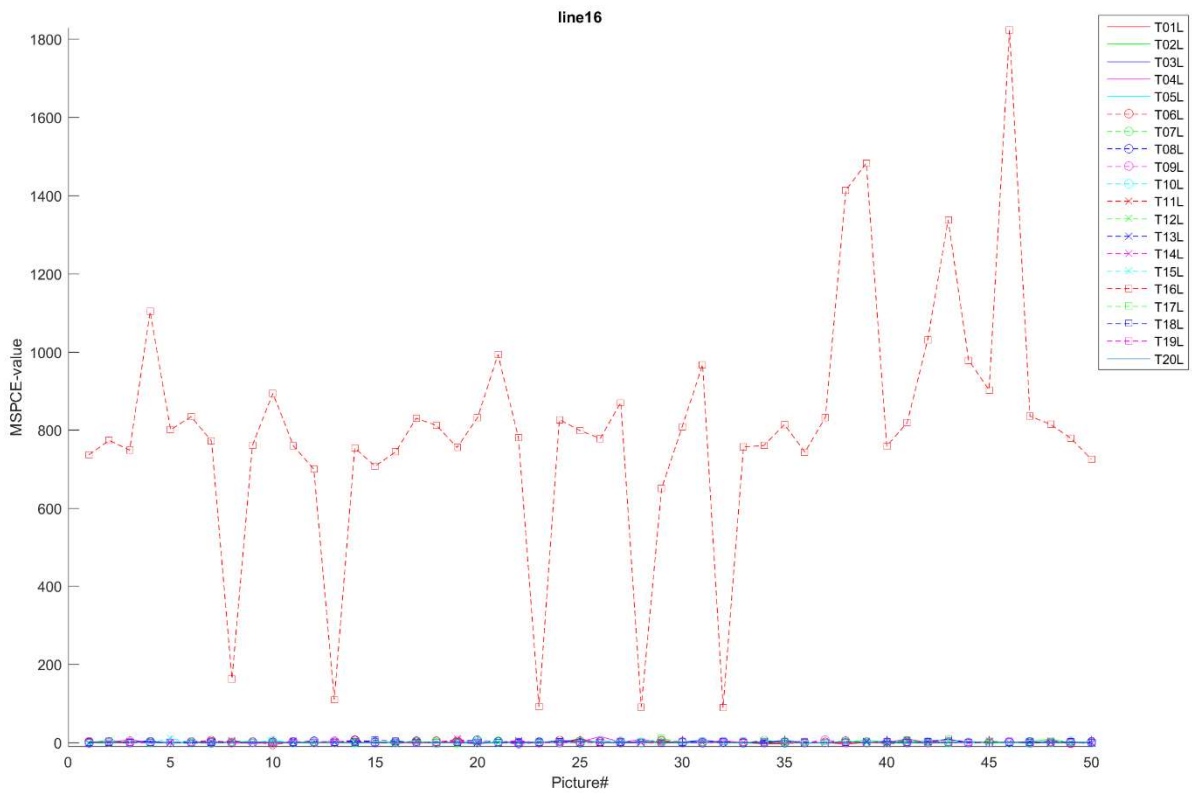


圖 43、實驗二編號 16 實驗組實驗結果

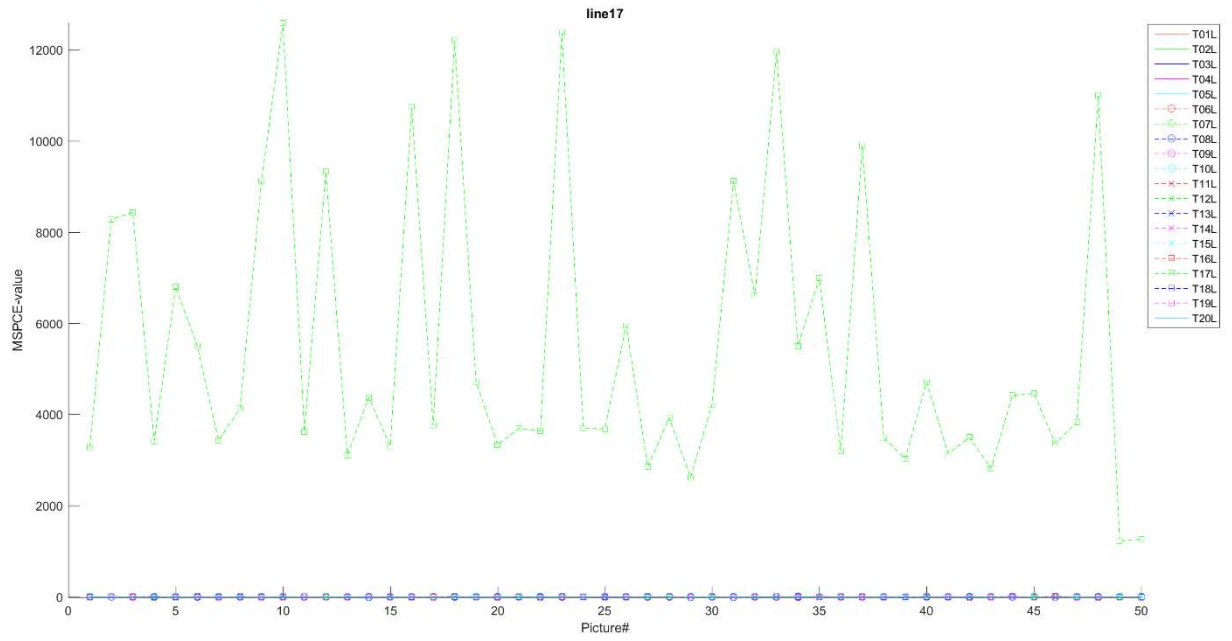


圖 44、實驗二編號 17 實驗組實驗結果

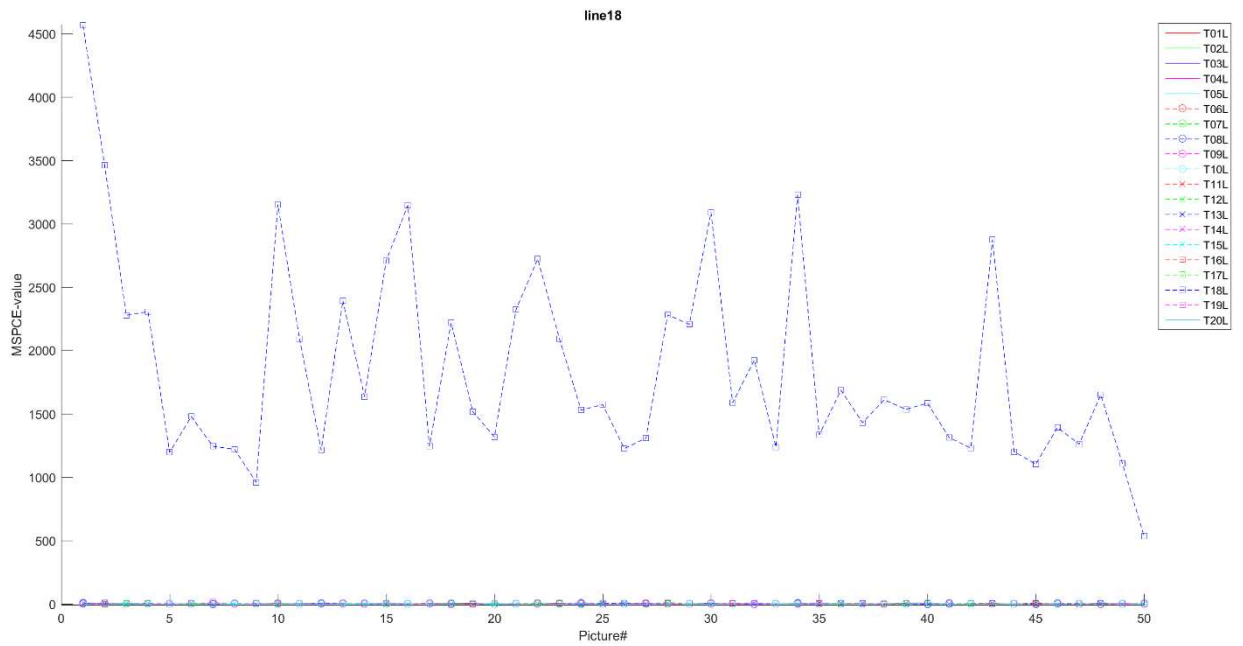


圖 45、實驗二編號 18 實驗組實驗結果

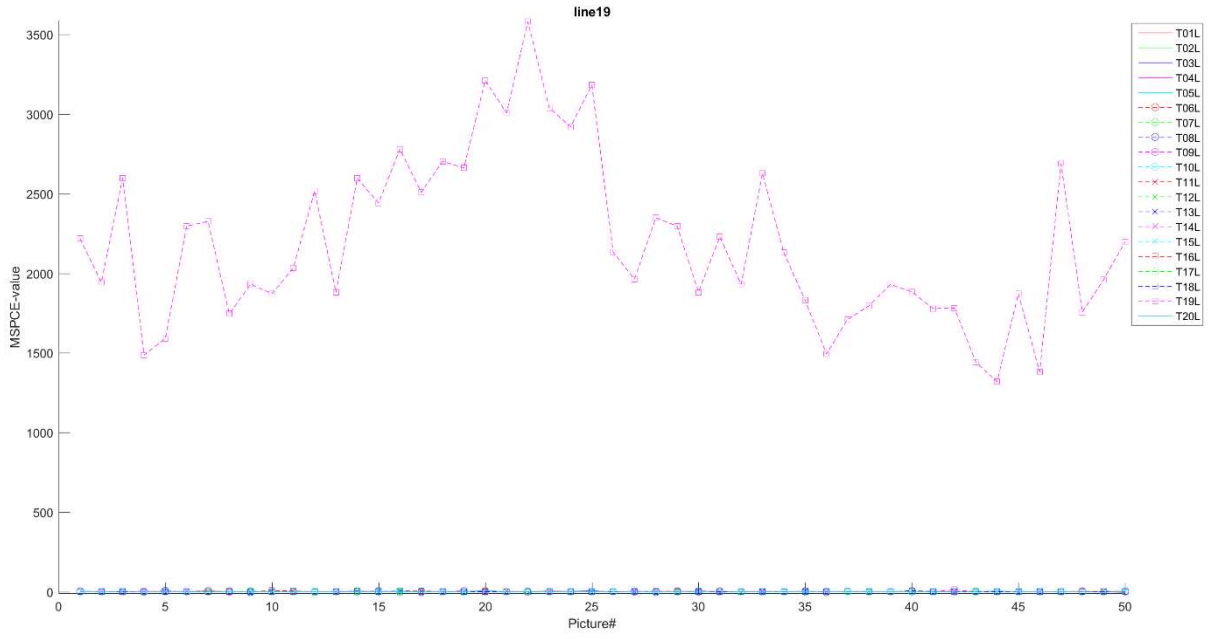


圖 46、實驗二編號 19 實驗組實驗結果

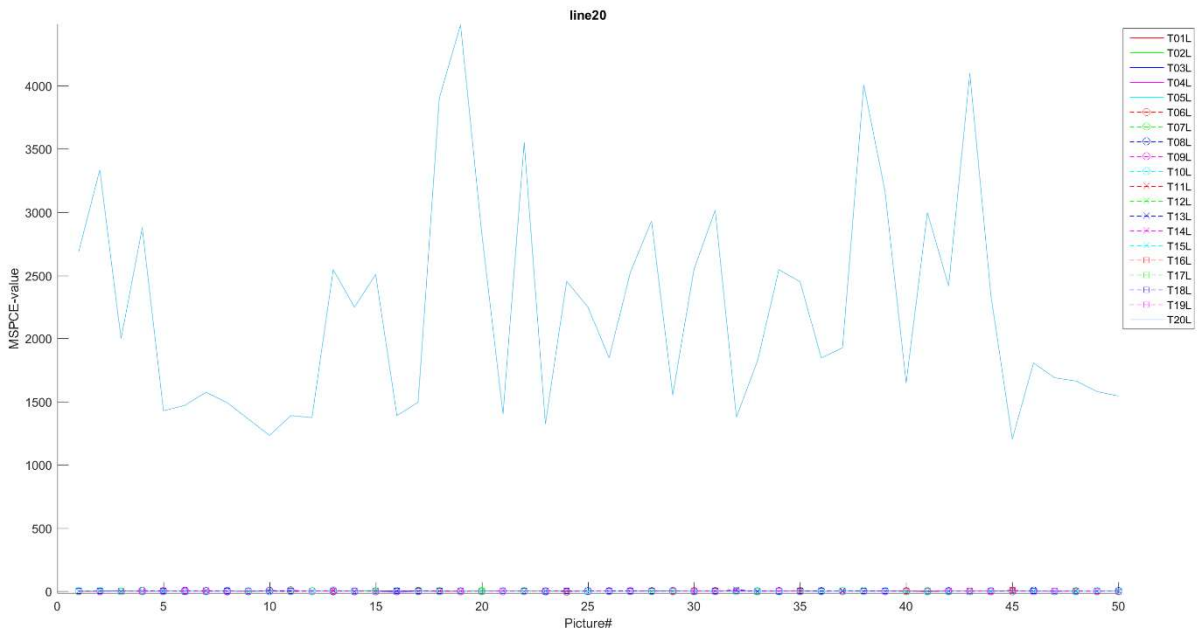


圖 47、實驗二編號 20 實驗組實驗結果

參、實驗三：訓練組所需影像數量驗證結果

本實驗分別利用 1、3、5、10、20、30、40、50 張編號 1 訓練組照片來萃取雜訊模板，再以編號 1 實驗組照片與這 8 個雜訊模板進行相似性評估，可發現即使是以 1 張訓練組照片來萃取雜訊模板，仍能有效萃取該裝置的雜訊模板，系爭照片與這 8 個雜訊模板的 MSPCE 值仍遠高於閾值 41.82。另外我們也觀察到，使用越多訓練組照片來萃取雜訊模板，系爭照片與其 MSPCE 值越高的現象(如圖 48) (T50>T40>T30>T20>T10>T5>T3>T1>41.82)。實務上，由於我們能控制訓練組使用照片的數量，所以我們仍會希望用更多訓練組照片來萃取雜訊模板(至少 50 張)以代表這個裝置，才能得出較高的 MSPCE 值。

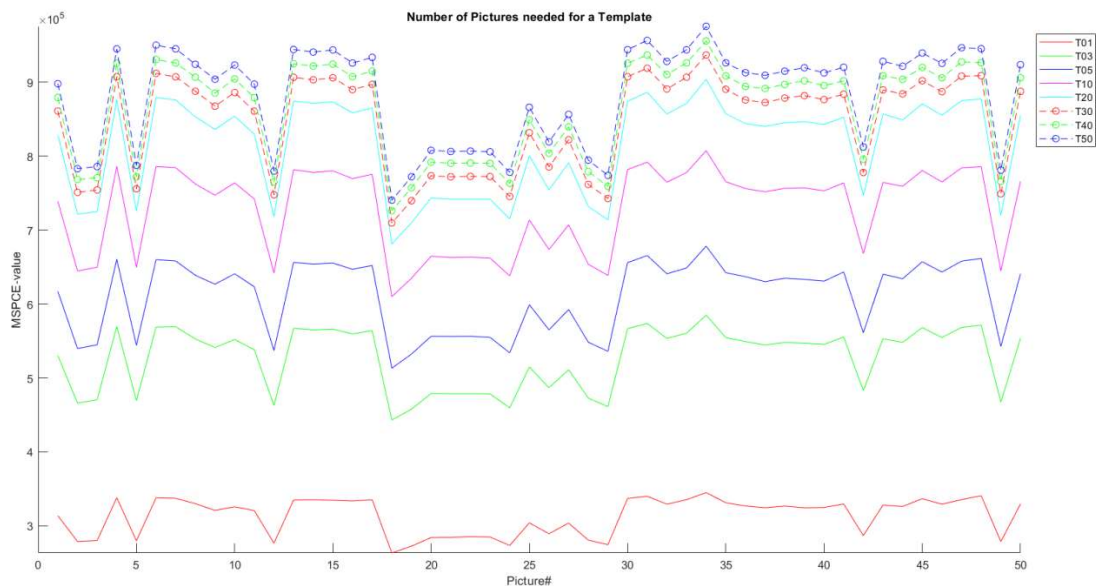


圖 48、實驗三編號 1 實驗組實驗結果

第二節 研究發現

壹、實務可行的鑑驗方法

根據本實驗結果，我們驗證了不僅原始數位影像可以用 PRNU 技術溯源至來源裝置，即使影像經過 LINE 即時通訊軟體傳輸後，仍能正確追溯到來源裝置，且與非來源裝置有顯著差異，使理論更貼近實務操作。

本研究結果在偵查中可以降低偵查成本，向上溯源；在司法審判階段，可以作為具有說服力的科學根據。對於警方的刑事案件偵查及後續司法系統的證明力，均具有重大意義。

貳、錯誤率

統計學上錯誤的態樣有 2 種，分別為型一錯誤(Type I Error)及型二錯誤(Type II Error)。本研究中，若將系爭照片追溯到非來源裝置，便形成型一錯誤(即偽陽性)，其錯誤率為錯誤接受率(False Acceptance Rate, FAR)；若無法將系爭照片追溯到來源裝置，則形成型二錯誤(即偽陰性)，其錯誤率為錯誤拒絕率(False Rejection Rate, FRR)。本實驗一及實驗二所得之錯誤率如表 2。

PRNU 影像溯源技術，因為其計算之特性(針對系爭影像相素點雜訊逐一與模板計算相似程度，故系爭影像與非來源裝置的相似程度通常很低)，偽陽性率較低，此與司法體系「寧可錯放，不可錯懲」的無罪推定原則不謀而合。

表 2、實驗一及實驗二所得之錯誤率

實驗 \ 錯誤率	FAR	FRR
一	0	0
二	0	0.0003

第五章 實際案例測試

實驗室內的樣本是在許多條件控制之下產生的，實際案例中的數位影像則有許多不可控制的變因，PRNU 溯源技術在實際案例是否可行仍需測試，以下針對 2 個本局實際案例所蒐集的樣本來進行測試。

第一節 實際案例 1：馮○珊墜樓死亡案

111年11月6日下午8時許，居民聽到聲響而外出查看，發現有1名女子墜落於社區前花園，經救護人員到場將傷者送醫急救仍不治死亡，死者馮○珊(96年次、女)父母離異，父親目前在大陸工作，死者平日皆居住學校，並參加學校壘球隊，僅周末返家陪伴祖母，而於周日晚上須回學校收假，警方查訪時其祖母稱收到學校教練聯繫，死者尚未回到學校，正在著急尋找死者，死者這2日並無異常，僅於晚上快8時要出門時，突然異常抱著祖母，目前尚不知死者因墜樓輕生動機。於家中發現死者使用之平板電腦(廠牌：Apple，型號：iPad)，其中有拍攝4張照片(如圖49)，擷取後進行測試。

檢視該4張影像的exif資訊(圖示為其中1張)，與裝置上標準影像的metadata互相比較，可發現兩者metadata在裝置資訊、影像大小、解析度等資訊均相符(如圖50)。

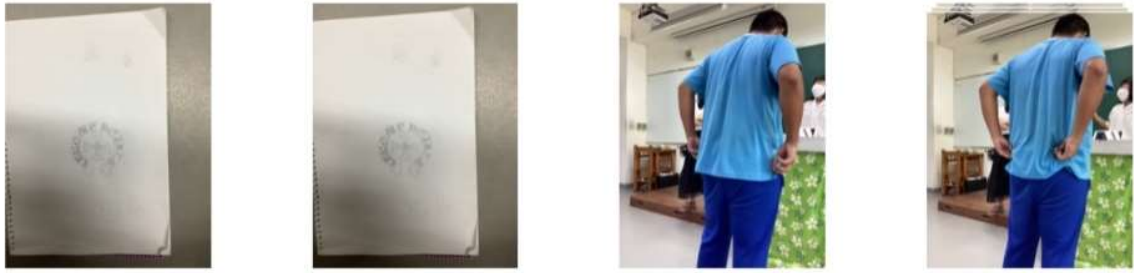


圖 49、iPad 中擷取 4 張照片進行測試

iPad 中照片 metadata

裝置標準影像 metadata

<pre> Filename: 'D:\111130\111122案例(ipad)\實驗組\IMG_0074.JPG' FileModDate: '14-Nov-2022 22:23:42' FileSize: 2688434 Format: 'jpg' FormatVersion: Width: 3264 Height: 2448 BitDepth: 24 ColorType: 'truecolor' FormatSignature: NumberofSamples: 3 CodingMethod: 'Huffman' CodingProcess: 'Sequential' Comment: {} Make: 'Apple' Model: 'iPad' Orientation: 6 XResolution: 72 YResolution: 72 ResolutionUnit: 'Inch' Software: '15.5' DateTime: '2022:10:05 11:50:29' HostComputer: 'iPad' YCbCrPositioning: 'Centered' DigitalCamera: [1x1 struct] ExifThumbnail: [1x1 struct] ExposureTime: 0.0167 FNumber: 2.4000 ExposureProgram: 'Normal program' ISOSpeedRatings: 100 ExifVersion: [48 50 51 50] DateTimeOriginal: '2022:10:05 11:50:29' DateTimeDigitized: '2022:10:05 11:50:29' ComponentsConfiguration: 'YCbCr' ShutterSpeedValue: 5.9073 ApertureValue: 2.5261 BrightnessValue: 3.9486 ExposureBiasValue: 0 MeteringMode: 'Pattern' Flash: 'Flash did not fire, no strobe return detection function, unknown flash mode, no flash function, no red-eye reduction mode or unknown.' FocalLength: 3.3000 SubjectArea: [1631 1721 1795 1077] MakerNote: [1x1346 double] SubsecTimeOriginal: '585' SubsecTimeDigitized: '585' FlashpixVersion: [48 49 48 48] ColorSpace: 'sRGB' CPIXelXDimension: 3264 CPIXelYDimension: 2448 SensingMethod: 'One-chip color area sensor' SceneType: 'A directly photographed image' ExposureMode: 'Auto exposure' WhiteBalance: 'Auto white balance' FocalLengthIn35mmFilm: 31 SceneCaptureType: 'Standard' UnknownTags: [7x1 struct] Compression: 'JPEG' XResolution: 72 YResolution: 72 ResolutionUnit: 'Inch' JPEGInterchangeFormat: 2280 JPEGInterchangeFormatLength: 9618 </pre>	<pre> Filename: 'D:\111130\111122案例(ipad)\模板\IMG_0096.JPG' FileModDate: '22-Nov-2022 15:58:04' FileSize: 1230960 Format: 'jpg' FormatVersion: Width: 3264 Height: 2448 BitDepth: 24 ColorType: 'truecolor' FormatSignature: NumberofSamples: 3 CodingMethod: 'Huffman' CodingProcess: 'Sequential' Comment: {} Make: 'Apple' Model: 'iPad' Orientation: 6 XResolution: 72 YResolution: 72 ResolutionUnit: 'Inch' Software: '15.5' DateTime: '2022:11:22 15:58:03' HostComputer: 'iPad' YCbCrPositioning: 'Centered' DigitalCamera: [1x1 struct] ExifThumbnail: [1x1 struct] ExposureTime: 0.0667 FNumber: 2.4000 ExposureProgram: 'Normal program' ISOSpeedRatings: 800 ExifVersion: [48 50 51 50] DateTimeOriginal: '2022:11:22 15:58:03' DateTimeDigitized: '2022:11:22 15:58:03' ComponentsConfiguration: 'YCbCr' ShutterSpeedValue: 3.9070 ApertureValue: 2.5261 BrightnessValue: -1.2873 ExposureBiasValue: 0 MeteringMode: 'Spot' Flash: 'Flash did not fire, no strobe return detection function, unknown flash mode, no flash function, no red-eye reduction mode or unknown.' FocalLength: 3.3000 SubjectArea: [2109 556 610 609] MakerNote: [1x1236 double] SubsecTimeOriginal: '240' SubsecTimeDigitized: '240' FlashpixVersion: [48 49 48 48] ColorSpace: 'sRGB' CPIXelXDimension: 3264 CPIXelYDimension: 2448 SensingMethod: 'One-chip color area sensor' SceneType: 'A directly photographed image' ExposureMode: 'Auto exposure' WhiteBalance: 'Auto white balance' FocalLengthIn35mmFilm: 31 SceneCaptureType: 'Standard' UnknownTags: [7x1 struct] Compression: 'JPEG' XResolution: 72 YResolution: 72 ResolutionUnit: 'Inch' JPEGInterchangeFormat: 2170 JPEGInterchangeFormatLength: 7113 </pre>
---	---

圖 50、iPad 中照片與裝置標準影像 metadata 比較

將 iPad 中的 4 張影像模擬為系爭影像，分別萃取其 PRNU，再與死者 iPad 及本研究案蒐集的 20 個取像裝置雜訊模板(共計 21 個裝置雜訊模板)做相似度評估，所得結果如圖 51。

經驗證該 4 張系爭影像，均可正確追溯到來源裝置，且不會追溯到其他 20 個非來源裝置。

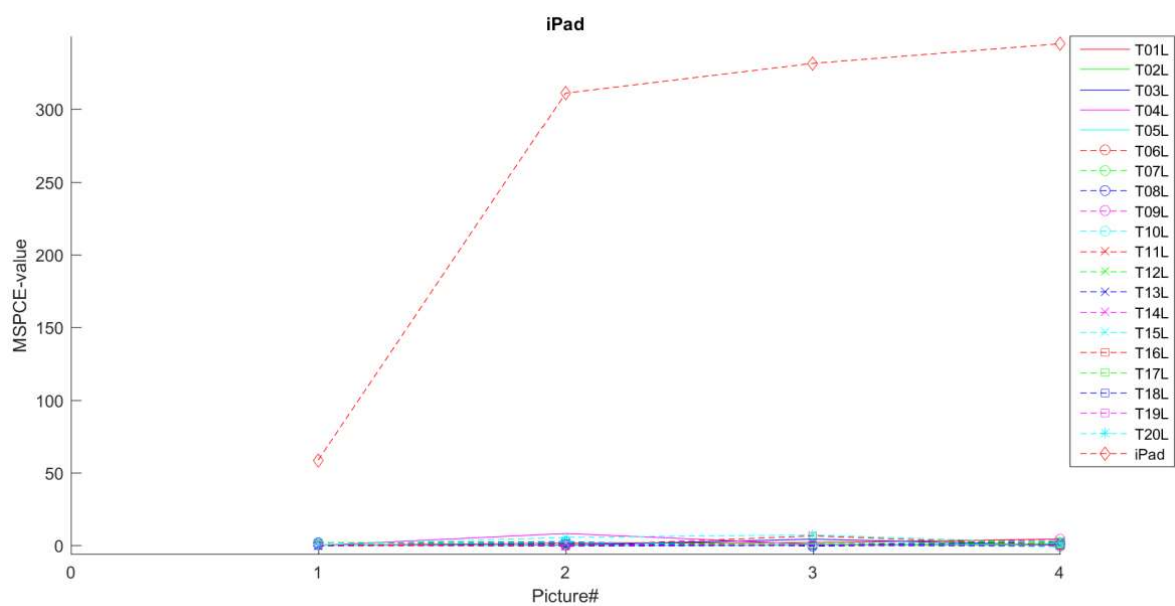


圖 51、實際案例 1 測試結果，系爭影像均可正確追溯到來源裝置

第二節 實際案例 2：洪○蓮、洪○源死亡案

111年11月6日下午4時40分，社區警衛因多日聯繫不上住戶，會同警方及鎖匠入內察看，發現洪○蓮(28年次、女、母親)及洪○源(50年次、男、兒子)已於家中死亡多時，現場未發現打鬥跡象，於客廳沙

發發現1部手機，未發現遺書、可疑作案工具等物品，亦未發現可疑血跡。分局同仁採集客廳沙發上手機1支(廠牌：Sugar 型號：T20)送請本局刑事鑑識中心鑑驗，釐清是否留有遺言等訊息。

經檢視手機內拍攝照片，死者洪○源生前曾向其友人抱怨其皮膚病況，並自拍4張照片後以line傳輸給余姓友人如圖52。



圖 52、洪○源生前曾自拍 4 張照片後以 line 傳輸給余姓友人

檢視該4張影像的exif資訊(圖示為其中1張)，與裝置上標準影像的metadata互相比較，可發現經LINE傳輸的影像metadata資訊已有部分遭刪除，且影像大小經過壓縮後已改變(如圖53)。

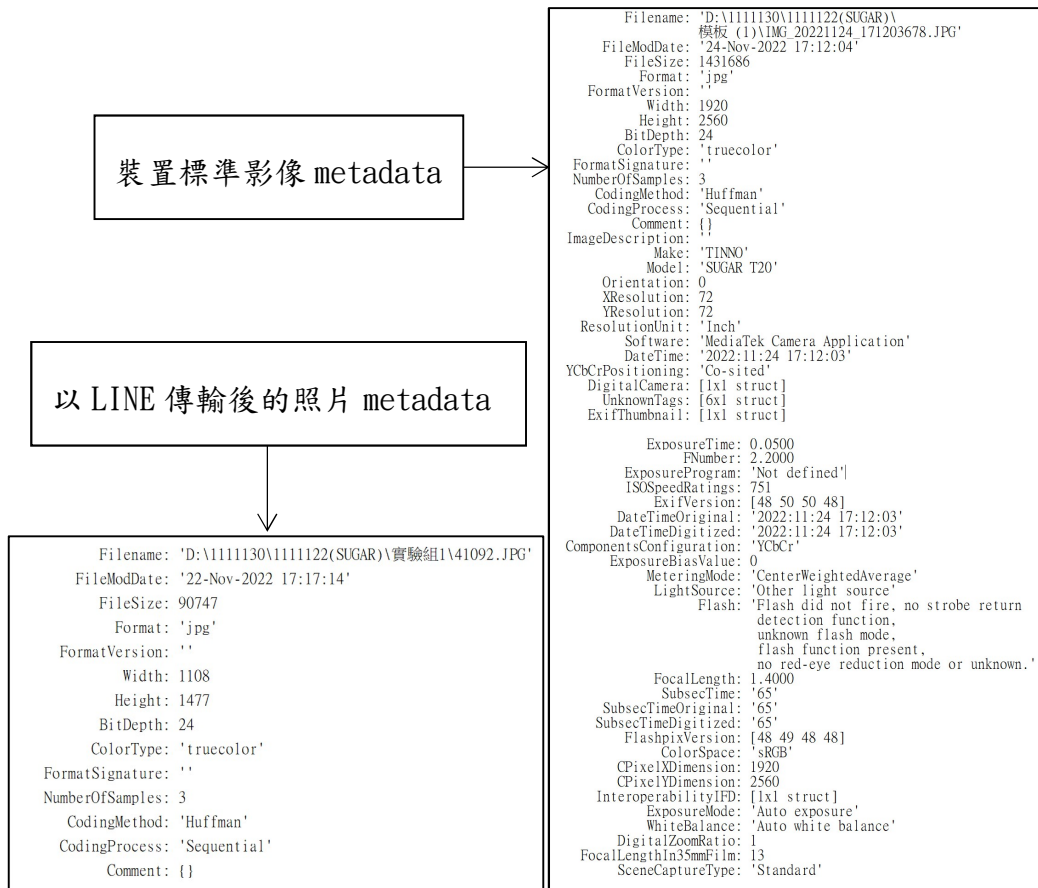


圖 53、以 LINE 傳輸後照片與裝置標準影像 metadata 比較

將經過line傳輸的4張影像模擬為系爭影像，分別萃取其PRNU，再與死者手機及本研究案蒐集的20個取像裝置雜訊模板(共計21個裝置雜訊模板)做相似度評估，所得結果如圖54。

經驗證該4張系爭影像，即使經過line傳輸後，仍可正確追溯到來源裝置，且不會追溯到其他20個非來源裝置。

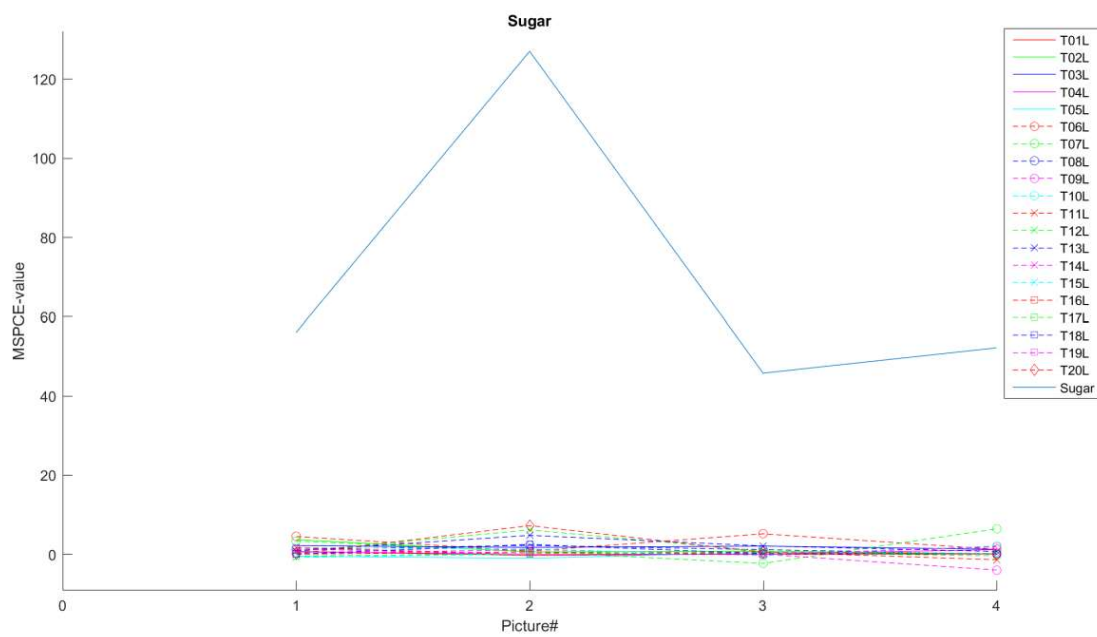


圖 54、實際案例 2 測試結果，系爭影像均可正確追溯到來源裝置

第六章 結論與建議

第一節 結論

本研究案效法國外數位鑑識先進，研究專業知識背景，開創技術研發新局。利用 PRNU 技術進行數位影像溯源，本局以實驗驗證其可行性，實驗結果顯示，原始數位影像確實可利用 PRNU 追溯到來源裝置；不僅如此，我們為解決實務上偵辦刑案時影像常經過 LINE 即時通訊軟體傳輸壓縮的困境，也進行實驗來評估該技術之實用價值，結果仍相當好，得到非常高的準確率(99.97%)。

我們更進一步以 2 個實際案例蒐集到的 8 張數位影像來操作 PRNU 溯源技術，仍均可以正確追溯到來源裝置，且不會與非來源裝置產生偽陽性的結果，顯示該溯源技術在實際案例中是一個具體可行的鑑驗方法，此為地方警政單位的重大突破，且可供警察局鑑識實驗室付諸應用，提升打擊犯罪量能。

第二節 立即可行之建議：提升本局數位鑑識水平

鑑識科學是一門應用科學，雖說是應用科學，卻如同其他尖端科技產業一般，需要堅實的學術基礎作為依據，才能產生正確及可靠的鑑定結果。

數位鑑識領域在各縣市警察局仍處於正在萌芽的發展中階段，而現有的鑑識人員雖然在傳統鑑識領域戰功彪炳，對於數位鑑識領域卻還有很多方面需要多加研究。我們因此必須不斷提升鑑識人員專業知識水平，拓展視野，此方面可從參加各項數位鑑識課程及持續辦理鑑識人員研習兩方面著手。

國內數位鑑識方面的專家除了中央警察大學的教授外，在學界從事相關研究的專家更是不勝枚舉，尤其我國資通訊產業發達，刑事現場勘察除了既有的鑑識原理外，也需要拓展不同面向的技術新知，以偵查並遏止犯罪。

為了要讓同仁與時俱進，除鼓勵同仁參加刑事警察局、鑑識科學協會、台灣數位鑑識發展協會等舉辦之各項研討會及課程之外，相關單位也常會邀請國內外專家進行經驗交流，同仁參與其中定能有所收穫。

另外我們也希望能以該技術進行更多實際案例數位影像的鑑驗，所謂台上一分鐘，台下十年功，勢必需要更多經驗的累積，才能在專業領域發光發熱。

第三節 長期性建議：證物鑑定流程標準化及認證之路

數位證物具有易揮發性、易修改性及難以保全之特性，因此數位證物的勘察、識別、採集(蒐證)、保全(包裝及運輸)、搜索扣押，乃至於實驗室內的鑑定分析流程，都應確保程序正確無虞，落實程序正義，並符合證據監管鏈，才能使數位證據發揮其之「證據能力」與「證明力」，在法庭上作為呈堂證供。

就如同其他鑑識實驗室一樣，數位鑑識實驗室在發展到相當程度後，勢必走向認證之路。認證制度對於人員、設施與環境條件、測試方法、測試紀錄、結果報告等，都有一定的要求與規範，也是確保鑑定報告品質的重要手段。因此在實行鑑驗後，建議推動該鑑定方法認證項目，以確保鑑定品質及公信力。

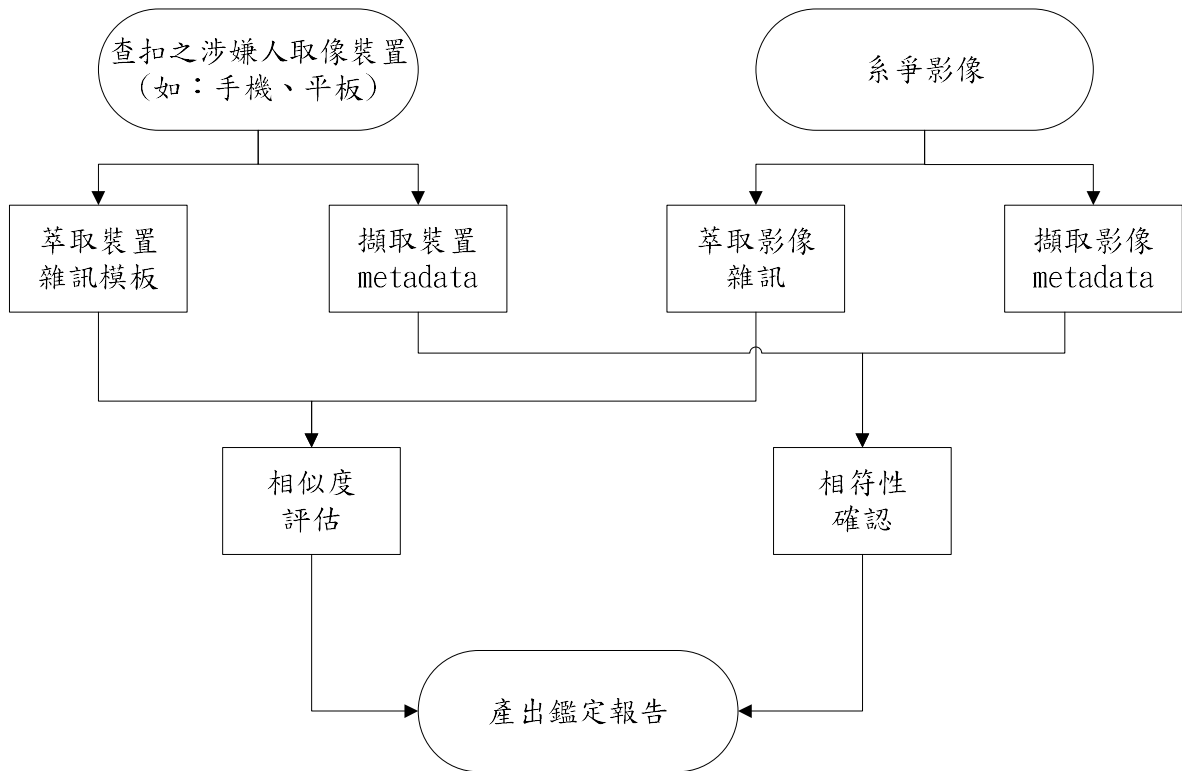


圖 55、實務工作流程建議

參考文獻

- [1]The Organization of Scientific Area Committees for Forensic Science,<https://www.nist.gov/topics/organization-scientific-area-committees-forensic-science/osac-organizational-structure>。(瀏覽日期 2022/12/02)
- [2]內政部警政署，刑事鑑識手冊，103年3月11日修正，1-3頁。
- [3]財團法人台灣網路資訊中心，2022台灣網路報告
https://report.twnic.tw/2022/assets/download/TWNIC_TaiwanInternetReport_2022_CH.pdf(瀏覽日期2022年12月2日)
- [4]Cnet Japan，LINEが日本、台湾、タイでシェアを獲得できている3つの理由，<https://japan.cnet.com/article/35196373/>。(瀏覽日期2022年12月2日)
- [5]Lukáš J., Fridrich J., and Goljan M., “Determining Digital Image Origin Using Sensor Imperfections,” Proc. SPIE Image and Video Communications and Processing, San Jose, CA, vol. 5685, pp. 249-260, Jan. 2005.
- [6]Lukáš, J., Fridrich J., and Goljan M., “Digital camera identification from sensor pattern noise,” IEEE Trans. Inf. Forensics Security, vol. 1, no. 2, pp. 205–214, June 2006.

- [7]Miroslav Goljan, Jessica Fridrich, Tomáš Filler, “Large scale test of sensor fingerprint camera identification,” *Proc. SPIE 7254, Media Forensics and Security*, Feb. 2009, 7254OI.
- [8]Goljan, M., Chen, M., Comesana, P., Fridrich J., “Effect of compression on sensor-fingerprint based camera identification,” *Electronic Imaging, Media Watermarking, Security, and Forensics*, vol. 10, pp. 1–10, 2016.
- [9]Scientific Working Group on Digital Evidence, “SWGDE Best Practices for Image Authentication ” , <https://drive.google.com/file/d/1IhMWleu-i-jW4LBSOIQIJnejNOfdCdJs/view> 。 (瀏覽日期2022年12月2日)
- [10]W.C. Yang, J. Jiang, C.H. Chen, “A Fast Source Camera Identification and Verification Method Based on PRNU Analysis for Use in Video Forensic Investigations,” *Multimedia Tools and Applications*, vol. 80, pp. 6617-6638, 2021.