

國立臺灣師範大學科技與工程學院圖文傳播學系

碩士在職專班

碩士論文

Continuing Education Master's Program of Graphic Arts and Communications

Department of Graphic Arts and Communications

College of Technology and Engineering

National Taiwan Normal University

Master's Thesis

整合 QR Code 及浮水印於印章之防偽功能加強研究

Enhancement of Anti-counterfeiting Using both Watermark and

QR Code in Stamp

林靜怡

Ching-Yi Lin

指導教授：王希俊 教授

Advisor: Hsi-Chun Wang, Ph.D.

中華民國 111 年 8 月

August 2022

摘要

印章是中華民族最具高藝術價值之物件，從古至今，在政治及商貿往來都被當作憑信工具。科技的進步加速了政府及各級機關(構)的數位化轉型，紙本公函開始並用關防章與 QR Code(Quick Response Code)。有學者為了印章的永續發展，透過程式設計將兩者整合成「印章 QR Code」，然而其防偽功能仍有加強空間。

本研究提出以印章 QR Code 作為藏密浮水印的媒體，利用圖像化的顏色深淺變化及印刷四色 CMYK(Cyan, Magenta, Yellow, Black)中的 M 版模擬紅色印泥，再以 75 LPI、100 LPI 及 150 LPI 三種網線(Line per inch, LPI)過網，輸出後利用光柵解碼器(Lenticular Lens)解碼，加強防偽功能。

本研究採實驗研究法，利用程式設計數位解碼浮水印，驗證藏密效果，接著實際輸出影像，先以手機讀取 QR Code 確認連網功能，再利用光柵解碼器觀察浮水印之加密效果，最後複印影像，再次檢視浮水印是否存在。另外，以 1200 DPI(Dot per Inch)高解析度掃描輸出和複印影像，各自數位解碼 M 版，驗證浮水印之效果。

經實驗測試，本研究發現以 M 版製作的三種網線數浮水印，其中以 100 LPI 的解密效果最好，150 LPI 可作為加強防偽功能。接著，以解密效果最好的影像背景色重製新影像，改善浮水印的分布情況，複印後的影像，成功讓浮水印消失，達到用於分辨文件的防偽功能，高解析度掃描後的細部取樣更證實，以雙倍增長的解析度，不影響浮水印的加解密效果，更可和實際輸出後的光柵解碼相呼應。

關鍵字：圖像化 QR Code、印章、防偽、浮水印、光柵解碼器

Abstract

Stamp with great artistic value in Chinese history, has been used as an identity in political and commercial transactions until today. With the development of technology, the government has accelerated digital transformation at all levels by using stamps and a quick response (QR) code in official documents. For its sustainability, some researchers have integrated the QR code combining in into the stamps via programming but need to improve the anti-counterfeiting function.

This study proposed to use a watermark combined with a QR code in the stamps. The original image was modified and the watermark was created with three different lines per inch (LPI) which were 75 LPI, 100 LPI, and 150 LPI in magenta channel, then decoded by lenticular lens after printing.

According to experimental research, all functions have been checked in different steps including the watermark effect confirmed by a program before printing. QR code was obtained by the smartphone QR code reader and then decryption was carried out by a lenticular lens before and after photocopying.

Additionally, these original images and their copies were scanned at a high resolution of 1200 dots per inch (DPI) and the watermark in magenta channel was digitally decoded to examine the stability of the watermark. Through these experimental tests, the watermark decryption effect at 100 LPI was the best, and 150 LPI could be used to enhance the anti-counterfeiting function.

With these results, we analyzed the original image background color which had a better decryption effect on improving the watermark detection. With high resolution scanning of the digitally decoded image, one could distinguish and examine the authenticity of the watermark.

Keywords : Graphic QR Code, Stamp, Anti-counterfeiting, Watermark, Lenticular Lens

目次

摘要	I
ABSTRACT.....	II
目次	III
表次	V
圖次	VI
第一章 緒論.....	1
第一節 研究背景與動機.....	1
第二節 研究目的.....	3
第三節 研究問題.....	3
第四節 研究範圍與限制.....	4
第五節 研究流程.....	4
第六節 名詞解釋.....	6
第二章 文獻探討.....	7
第一節 印章的起源與用途.....	7
第二節 QR CODE 的發展與技術	10
第三節 圖像化 QR CODE 的研究	16
第四節 防偽功能的加強.....	18
第五節 文獻探討小結.....	20
第三章 研究設計.....	21
第一節 研究架構.....	21
第二節 研究工具與設備.....	21
第三節 研究方法.....	22
第四章 實驗結果與討論	26

第一節	數位影像檔的解碼.....	26
第二節	輸出影像的光柵解碼.....	28
第三節	高解析度掃描影像之 M 版數位解碼.....	31
第四節	圖像化 QR CODE 的防偽解碼小結.....	35
第五節	擴充圖像化 QR CODE 之解碼區域.....	37
第五章	研究結論與建議.....	48
第一節	研究結論.....	48
第二節	研究建議.....	49
參考文獻	50



表次

表 3-1	自變項及依變項之表	21
表 3-2	研究工具與設備圖	22
表 4-1	CMYK 數值總表	39
表 4-2	依據 CMYK 數值製作新影像	40



圖次

圖 1-1	榮典之璽	1
圖 1-2	臺師大英文網 QR CODE	2
圖 1-3	經濟部智慧財產局之專利證書	2
圖 1-4	印章結合 QR CODE 示意圖	3
圖 1-5	研究流程圖	5
圖 2-1	封泥示意圖	8
圖 2-2	不同材質的印章示意圖	8
圖 2-3	自動生成個性化徽章系統圖	9
圖 2-4	中華郵政掛號郵件招領通知單使用一維條碼	10
圖 2-5	財政部之雲端發票條碼	11
圖 2-6	EAN-13 範例	11
圖 2-7	矩陣式二維條碼範例：美國 DATA MATRIX	11
圖 2-8	矩陣式二維條碼範例：日本 QR CODE	12
圖 2-9	矩陣式二維條碼範例：臺灣的 QUICK MARK	12
圖 2-10	堆疊式二維條碼之 PDF 417 範例	12
圖 2-11	二維條碼基本結構圖	13
圖 2-12	加密浮水印頁面與解密浮水印示意圖	14
圖 2-13	修改頁面與解密後之修改位置示意圖	14
圖 2-14	連鎖速食店用二維條碼讓客戶查詢營養資訊	15
圖 2-15	GARATEGUY 等人提出了全幅彩色圖像化二維條碼的演算法示意圖	16
圖 2-16	利用資料位移技術產生高品質美觀的 QR CODE 流程圖	16
圖 2-17	圖像化二維條碼結合於印章應用之研究方法流程圖	17
圖 2-18	光柵板示意圖	18
圖 2-19	光柵板原理	18

圖 2-20	美國郵政於 1997 年為美國空軍雷鳥表演隊推出紀念郵票	19
圖 2-21	首張臺師大校長就任紀念個人互動郵票	19
圖 3-1	研究流程圖	22
圖 3-2	浮水印加密流程圖	23
圖 3-3	增加研究數據	24
圖 4-1	模擬解密-原圖孔子像 (A) 75 LPI, (B) 100 LPI, (C) 150 LPI	26
圖 4-2	模擬解密-原圖私章 (A) 75 LPI, (B) 100 LPI 及(C) 150 LPI	27
圖 4-3	模擬解密-原圖楓葉林 (A) 75 LPI, (B) 100 LPI 及(C) 150 LPI	27
圖 4-4	孔子像之光柵解碼「調亮」、「原圖」、「調暗」之效果	28
圖 4-5	私章之光柵解碼「調亮」、「原圖」、「調暗」之效果	29
圖 4-6	楓葉林之光柵解碼「調亮」、「原圖」、「調暗」之效果	30
圖 4-7	1200 DPI 掃描輸出 75 LPI 孔子像及解碼 M 版之效果圖	32
圖 4-8	1200 DPI 掃描輸出 100 LPI 孔子像及解碼 M 版之效果圖	32
圖 4-9	1200 DPI 掃描輸出 150 LPI 孔子像及解碼 M 版之效果圖	33
圖 4-10	1200 DPI 掃描複印 75 LPI 孔子像及解碼 M 版之效果圖	34
圖 4-11	1200 DPI 掃描複印 100 LPI 孔子像及解碼 M 版之效果圖	34
圖 4-12	1200 DPI 掃描複印 150 LPI 孔子像及解碼 M 版之效果圖	35
圖 4-13	複印後文件之光柵解碼影像	36
圖 4-14	調整背景之流程圖	37
圖 4-15	調整背景之分析圖	38
圖 4-16	探討原圖、印章 QR CODE 與編號 2 數位檔之間的 CMYK 值	38
圖 4-17	編號 2 : C=21 ; M=22 ; Y=16 ; K=0	39
圖 4-18	輸出前數位解碼間隔取樣三種網線數之效果	42
圖 4-19	1200 DPI 高解析度掃描輸出 75 LPI 私章之解碼 M 版效果圖	43
圖 4-20	1200 DPI 高解析度掃描輸出 100 LPI 私章之解碼 M 版效果圖	43
圖 4-21	1200 DPI 高解析度掃描輸出 150 LPI 私章之解碼 M 版效果圖	44

圖 4-22	複印後數位解碼間隔取樣三種網線數之效果.....	44
圖 4-23	1200 DPI 高解析度掃描複印 75 LPI 私章之解碼 M 版效果圖	45
圖 4-24	1200 DPI 高解析度掃描複印 100 LPI 私章之解碼 M 版效果圖	46
圖 4-25	1200 DPI 高解析度掃描複印 150 LPI 私章之解碼 M 版效果圖	46
圖 4-26	新影像之輸出(A)至(C)和複印(D)至(F)影像.....	47



第一章 緒論

本研究應用程式設計產生新的「圖像化 QR Code」，藉由繪圖軟體把影像從色光三原色 RGB (Red 紅、Green 綠、Blue 藍) 轉為印刷四色 CMYK (Cyan 青色；Magenta 洋紅色；Yellow 黃色；Black 黑色)，與曲線預設集的「調亮、調暗」功能，調整顏色，最後單獨抽出 M 版置入浮水印，增加防偽功能。本章將分六小節，第一節闡述本研究之背景與動機；第二節提出研究目的；第三節根據研究目的提出研究問題；第四節說明本研究範圍與限制；第五節介紹研究流程；第六節為名詞解釋。

第一節 研究背景與動機

自古至今，印章在政治和商貿往來都作為信用的證物和權力的象徵，由於印章本身，從圖案到文字的雕刻都具有高藝術價值，如圖 1-1，在華人社會中扮演著重要角色，吸引不少人收藏，但卻受到科技的進步所帶來的便利性，改善了人們的生活品質，卻壓縮了傳統產業的發展。

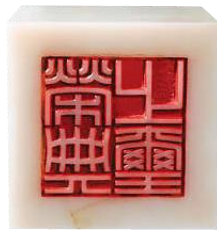


圖 1-1 榮典之璽

(資料來源：總統府提供)

早期郵寄整疊資料的景像如今已不多見，全因可承載大量資訊的 QR Code，如圖 1-2，被逐步應用到各產業界，加上多年前，臺灣政府把「文化產業」和「資訊產業」列為發展重點之一，加速了傳統產業的轉型，政府及各級機關(構)開始並用印章和 QR Code，使得整份文件的格式顯得凌亂，如圖 1-3。

學術界關注到傳統印章所受到的侷限性，便投入研究印章和 QR Code 的結合，如圖 1-4，以增加其實用性、提升其附加價值，但仍缺少有力的憑據用於保護版權。本研究期望在圖像化 QR Code 中加入浮水印，用於加強防偽。



圖 1-2 臺師大英文網 QR Code

(資料來源：研究者使用 QR Code Generator 產生)

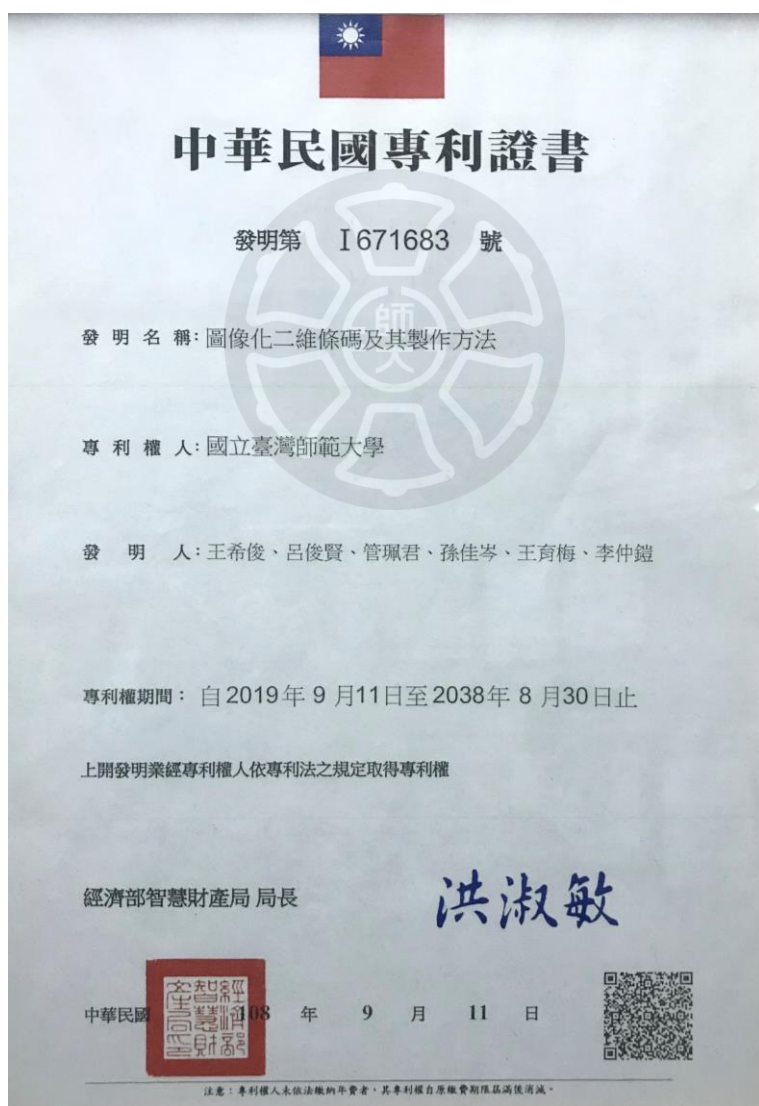


圖 1-3 經濟部智慧財產局之專利證書

(資料來源：經濟部智慧財產局提供)



圖 1-4 印章結合 QR Code 示意圖

(資料來源：研究者自行合成)

第二節 研究目的

印章 QR Code 的防偽功能是藉由浮水印藏密於 M 版，藉此代表傳統紅印泥的顏色。經多次測試又受限於光柵板的網線數，原始影像在置入浮水印之前，會先透過繪圖軟體的預設功能調整顏色，其中 M 版會以 75 LPI、100 LPI 及 150 LPI 個別過網再加密。輸出後的成品，通過光柵解碼觀察浮水印的效果，複印後的圖案，由於網線數無法被複製，浮水印會消失，達到真假文件的判定依據。

本研究目的整理如下：

- 一、改進網點位移，複印文件無法以光柵解碼浮水印。
- 二、隱藏數位浮水印圖案，提高圖像化 QR Code 的防偽功能。
- 三、探究印章數位檔的顏色調整對浮水印於光柵解碼時的影響。

第三節 研究問題

本研究透過程式設計把印章和 QR Code 結合，應用鈔券上的防偽功能，藏入浮水印於圖像化 QR Code，並且根據研究目的提出三個研究問題：

- 一、如何使印章 QR Code 當中的浮水印，經複印後可消失？
- 二、如何隱藏浮水印於印章 QR Code 中，使視覺不易察覺？
- 三、如何調整印章 QR Code 的顏色，使光柵解碼不受影響？

第四節 研究範圍與限制

中華民族的印章形狀多元，本研究選用的物件為寬邊、文字清晰的關防章，依據傳統印章蘸朱紅印泥鈐於紙上的紅顏色作為基礎。為兼顧美觀與實用性，印章影像和 QR Code 在經由 Matlab 程式設計相疊時，應以不影響文字的辨識和手機讀取定位點 (Finder Pattern)。

三張影像設計條件如下：

1. 印章的單位面積為 1200x1200 像素(Pixel)；輸出後尺寸為 5x5 公分 (Centimeter)；解析度為 600 DPI (Dots per Inch)。
2. 浮水印文字選定 NTNU (Arial Black 14 級字)應用繪圖軟體 Photoshop 以滿版設計。
3. QR Code 則選用第六版(41x41 模組)、Codeword(以 8 個 Modules 組成一個 Codeword)數量為 172 個、H 等級、容錯率 30%。

第五節 研究流程

本研究的目標是「強化圖像化二維條碼的防偽研究」，首先探討研究背景與動機，藉由閱讀文獻與討論，建立架構及隱藏浮水印技術，輸出影像前，先預覽加密浮水印的分布狀況，輸出後的原稿以光柵板觀察實際加解密效果，之後複印原稿再次光柵解碼，查看浮水印是否消失，接著使用 1200 DPI 高解析度掃描原稿和複製品，再次檢視各個網線數的加解密浮水印的效果，過程中會測試 QR Code 於輸出和複印後的判讀效果，研究流程圖如圖 1-5 所示：

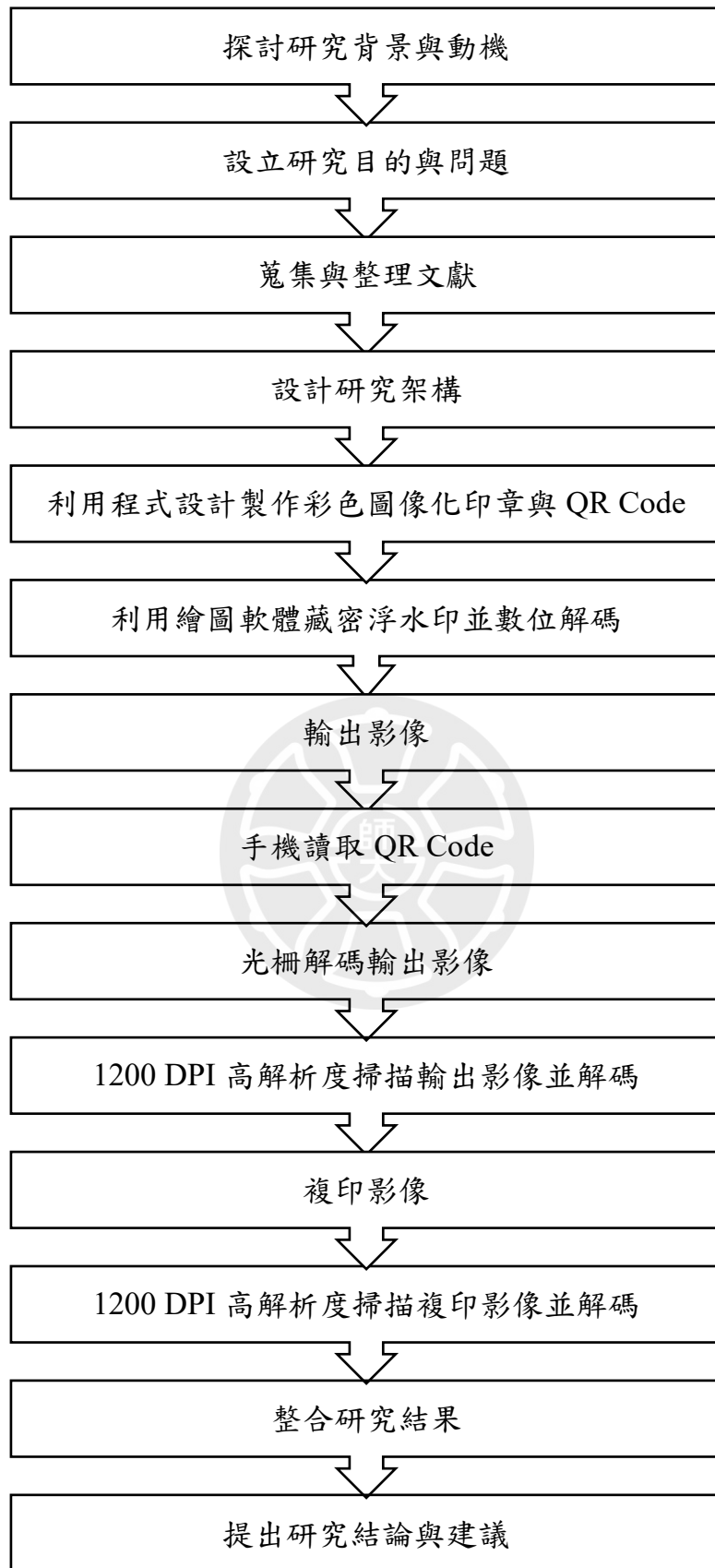


圖 1-5 研究流程圖

(資料來源：研究者自行繪製)

第六節 名詞解釋

一、圖像化二維條碼(Graphical 2D Barcode)

本研究的圖像化二維條碼是把彩色圖像和 QR Code 結合後，尺寸大小相同的新影像，嵌入的彩色圖像美化了原黑白模塊(Modules)組成的 QR Code，提升了視覺舒適度，還可穩定解碼。

二、網點位移(Dot Phase Modulation)

網點位移是一種隱藏資訊的方法，可應用在圖案或文字以達到防偽目的，其特色是肉眼無法察覺、彩色影印機或是數位掃描器都無法複製，唯有用柱狀透鏡的光學解碼器才能顯現。

三、光柵板(Lenticular Lens)

光柵板又稱為柱狀透鏡陣列板(Lenticular Sheet or Lens Sheet)，是一種經加熱擠壓其中一面產生圓柱形線條、間距相等被稱作「光柵」的塑膠透明材料，並運用光學折射原理及透鏡成像，產生特殊效果。

四、數位浮水印(Digital Watermark)

數位浮水印技術是將資訊隱藏在數位檔案中，如影像、圖案或文字等媒體，其目的是用於數位內容認證和版權保護。

第二章 文獻探討

世界各國都有印章發展史，本研究以中華民族的關防章作為研究物件，搭配科技產物下的 QR Code 將二者結合，增加印章的現代感與實用性，再利用新數位影像檔加入浮水印，加強其防偽功能。為此，藉由學者曾經提出的研究成果，探討相關文獻以建立本研究的脈絡。

文獻探討共分五節，第一節講述印章的起源與用途、第二節為 QR Code 的發展與技術、第三節為圖像化 QR Code 的研究、第四節是防偽功能的加強、第五節為文獻探討小結。

第一節 印章的起源與用途

1. 璽印名稱由來和發展

印章的歷史可追溯到陶器時代的印壓花紋，是制陶人作為記名或是署款。一直到民國時期，古器物之學興盛，大量文物的出土才證實燒陶上壓印花紋的用途。

王北岳著《篆刻藝術》中引述那志良先生於 1970 年出版的「鈐印通譯」指出「壓印花紋用土燒成陶印模或將石雕成石印模，進一步發展成雕字的印模，正是印章的前身，當時稱『陶璽』」。從新石器時代一直到春秋戰國時期，制陶人仍沿用著印模。隨著朝代更迭帶動了社會經濟的發展，從朝廷到民間，印章的普及逐漸被賦予權利和身分證明的意義。

印章從早期用封泥，如圖 2-1，蓋印於竹簡與木簡上，又受使用者的社會地位和使用的材質的不同，開始有了不同名稱，從秦朝以前，印稱為「鈐」，秦始皇以玉作「璽」，唐皇后改稱「寶」，侯王之外的臣民稱「印」，民間收藏家和個人用途則以「圖書、私記、圖章」等稱之。



圖 2-1 封泥示意圖

(資料來源：公有領域)

時至今日，在臺灣、日本、香港等地，從政府、機關(構)到各民間企業都還在使用印章，加上印章本身、材質到文字或圖案的雕刻都具有高藝術價值，吸引不少熱愛篆刻藝術的同好研習其技術，或透過聯展進行交流與收藏，如圖 2-2。



圖 2-2 不同材質的印章示意圖

(資料來源：研究者的收藏)

2.近代數字水印和電子印章

科技發展為人們的生活帶來不少便利，傳統產業受其衝擊不得不轉型，為了印章的永續發展，學術界開始投入相關研究，期盼讓更多人欣賞方寸之間的文化底蘊。

2007 年，中國蘭州理工大學張秋余等人以印章數位檔為載體，加入數字浮水印的防偽機制，但加解密過程太複雜，無法被推廣。

2019 年，中國學者 Liu 等人提出自動生成個性化徽章的系統，如圖 2-3，利用資料庫接收用戶的數據，選擇徽章模板，再自動生成徽章，然而這項技術反而降低了電子印章的安全性。

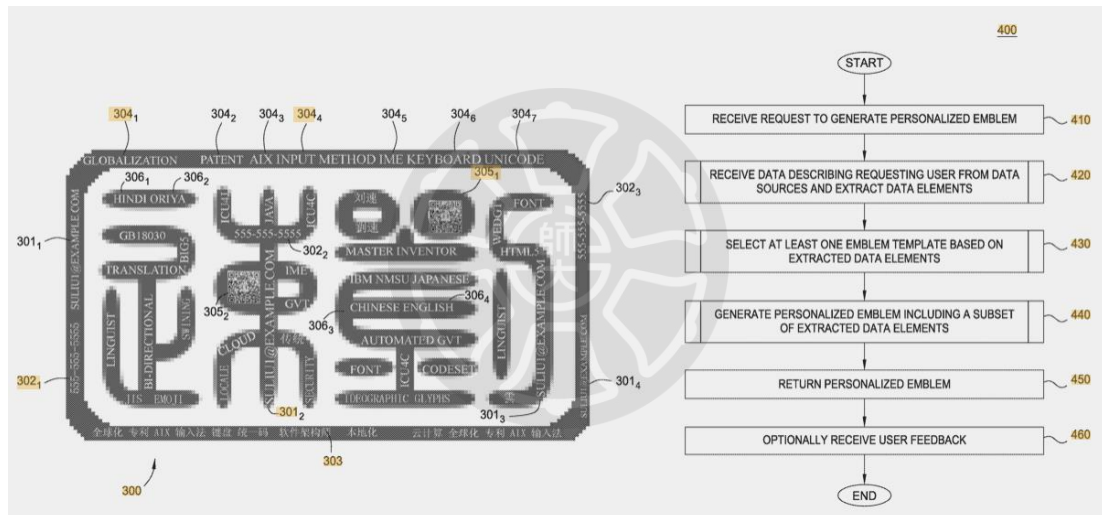


圖 2-3 自動生成個性化徽章系統圖

(資料來源：Liu, S. (2019). United State Patent No. 10,347,025. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.)

從二位學者的研究中發現，印章結合科技後可為傳統印章開闢一條新路，並賦予它新的功能，藉由浮水印的防偽機制和電子印章的安全性為發想，本研究希望為關防章找出與時俱進的作法。

第二節 QR Code 的發展與技術

1. 一維條碼 (1D Barcode) :

條碼的功能是用於管理大量資料的媒介，經由條碼掃描器以光源照射條碼讀取編碼原則後，再將它轉換成有意義的資訊，如商品名稱、類別、生產日期、價錢、庫存量等資訊，如圖 2-4 紅框所示。目前常用的條碼有兩大類，分別是一維條碼(或線性條碼)和二維條碼。

一維條碼是由寬度不等的黑白直線所組成，如圖 2-5，由於成本低、準確性高，應用面廣，推出後就受到各產業界的青睞，但缺點是資料的儲存量小也仰賴網路的傳輸。1973 年美國統一編號協會選用「環球商品代碼」(Universal Product Code)建立條碼系統，並制定了相應的標準。

1977 年，歐洲商品編碼協會 EAN (European Article Number) 以一維條碼為基礎，制定 EAN-8 碼與 EAN-13 碼，如圖 2-6 所示，4 年後該協會更名為國際商品編碼協會，並推出多達 225 種條碼、常用逾 40 種，在全球各地使用。

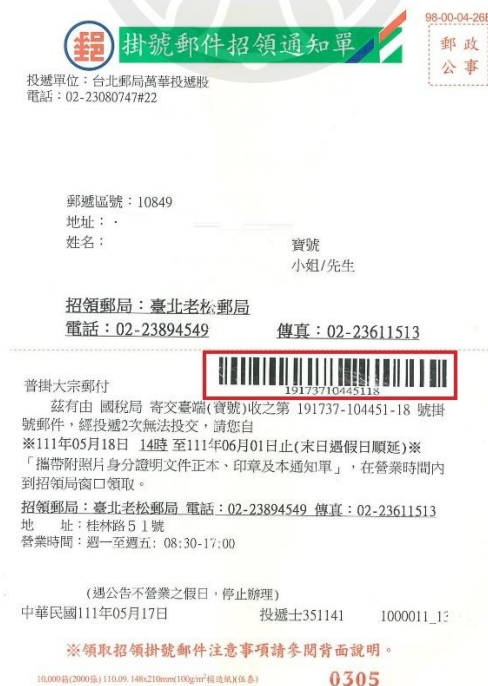


圖 2-4 中華郵政掛號郵件招領通知單使用一維條碼

(資料來源：研究者掃描)



圖 2-5 財政部之雲端發票條碼
(資料來源：研究者之載具條碼)



圖 2-6 EAN-13 範例

(資料來源：《應許之地：歐巴馬回憶錄》條碼，研究者掃描)

2. 二維條碼

為了迎合市場需求，二維條碼在一維條碼原有的基礎上進行研發與優化，其中包括掃描讀取方向的擴充、資料儲存量的提升、容錯能力及讀取率的增加及調整其抗損性等功能，又應用幾何形體的結構設計，如圖 2-7 至圖 2-9，在產業界的接受度很高，目前被廣泛使用的條碼有堆疊式及矩陣式條碼兩大類。

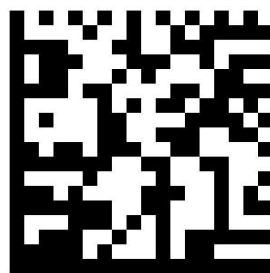


圖 2-7 矩陣式二維條碼範例：美國 Data Matrix
(資料來源：研究者自 QuickMark 網站製作)



圖 2-8 矩陣式二維條碼範例：日本 QR Code
(資料來源：研究者自 QuickMark 網站製作)

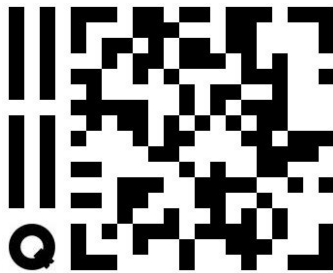


圖 2-9 矩陣式二維條碼範例：臺灣的 Quick Mark
(資料來源：研究者自 QuickMark 網站製作)



圖 2-10 堆疊式二維條碼之 PDF 417 範例
(資料來源：法國 SNCF 車票，研究者掃描)

在堆疊式條碼中以 PDF 417 最具代表性，如圖 2-10 紅框，它的原理是把多個一維條碼的長度變窄再往上堆疊。而在矩陣式二維條碼的部分，以 1994 年由 Denso Wave 發明的 QR Code (Quick Response Code) 的應用面最廣，發明者以圍棋為發想，設計以方形的模塊排列組成，再以三個「回」字圖案作為定位點用以節省讀取時間。其他，還有臺灣研發的 Quick Mark、美國 Data Matrix 等。

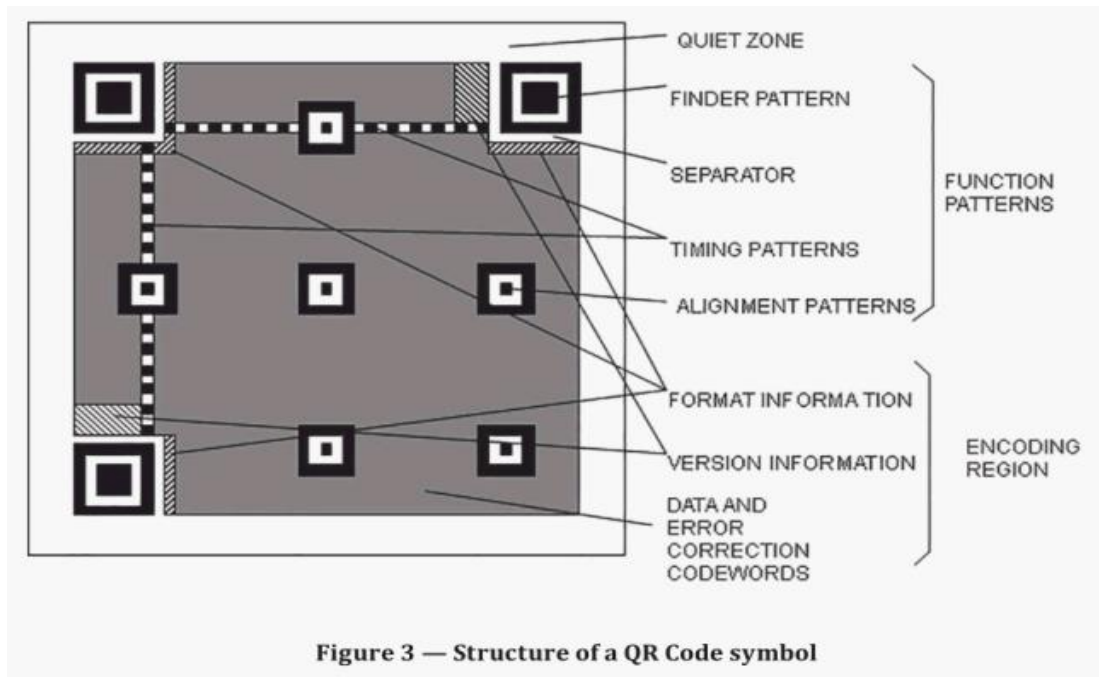


圖 2-11 二維條碼基本結構圖

(資料來源：國際標準(ISO/IEC 18004:2015(E))

QR Code 的圖示名稱用途如圖 2-11，簡略說明如下：

1. **版本資訊(Version Information)**：QR Code 共有 40 種版本(Version 在公式中縮寫為 V)，透過版本對應尺寸為 $(17+4V) \times (17+4V)$ 的模組個數。
2. **淨空區(Quiet Zone)**：QR Code 外圍的空白區域可幫助讀取器在不受其他干擾的情況下，可快速偵測圖案。
3. **定位點(Finder Pattern)**：QR Code 的定位點外觀如「回」字圖樣，位於右上、左上、左下三個角落，是用於校正位置及準確的判讀資訊。
4. **調準區(Alignment Patterns)**：不同的版本的 QR Code 有固定數量和位置，當條碼遭到扭曲變形時，調準區仍可在容許範圍內進行校準。
5. **分配區(Timing Patterns)**：用於 QR Code 定位條碼的座標。
6. **格式資訊(Format Information)**：QR Code 有四個錯誤校正等級，分別是 L(7%)、M(15%)、Q(25%)、H(30%)。

2021 年，俄羅斯學者 Dikanev and Vybornova 共同提出利用 QR Code 的特性(含容錯率)，加入密鑰和頁碼到二維條碼的編碼模式裡，再使用離散小波變換係數(Discrete Wavelet Transform, DWT)的最低有效位元，將它做成浮水印，藏入 PDF 的每一頁；QR Code 浮水印不易被察覺，在儲存及修改文件時也不需要重新嵌入浮水印，如圖 2-12。若文件遭到篡改、重新排序時，被提取的 QR Code 就會顯示哪些部分遭到修改，如圖 2-13。



圖 2-12 加密浮水印頁面與解密浮水印示意圖

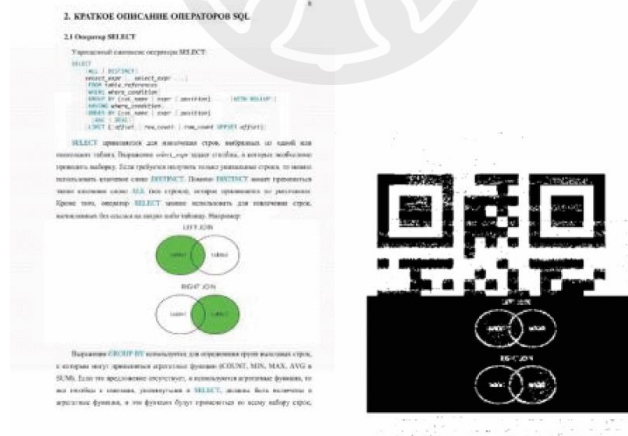


圖 2-13 修改頁面與解密後之修改位置示意圖

(圖 2-12 與圖 2-13 的資料來源：Dikanev, P., & Vybornova, Y. (2021). Method for Protection of PDF Documents against Counterfeiting Using Semi-Fragile Watermarking. *2021 International Conference on Information Technology and Nanotechnology (ITNT)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ITNT52450.2021.9649063>)

科技的發展帶動大眾使用智慧型手機，一維條碼和二維條碼因操作簡單、易懂，又可承載大量的資訊，深受各產業的青睞，如今中華郵政仍應用一維條碼管理大宗郵件，或是財政部為減少紙本發票的開立，因而推出雲端發票的條碼。

至於二維條碼的使用，配合智慧型手機的內建功能，各產業界將它應用於產品行銷、公司介紹，或者融入到食品包裝設計裡，取代營養成分標示欄，如圖 2-14，或是大賣場將它用在折扣券上，另外則是政府為了疫調而推廣使用的實聯制 QR Code 等，運用範圍廣。



圖 2-14 連鎖速食店用二維條碼讓客戶查詢營養資訊
(資料來源：研究者掃描)

值得關注的是，俄羅斯學者在 2021 年曾試著將 QR Code 應用於保護文件的版權，打破了二維條碼只能用於承載資訊的功能，而是應用加密浮水印的概念，運用其特點把它加入到每一頁裡，但由於這項技術只能應用在數位檔案上，對輸出文件將不具有保護作用。考量臺灣的公函仍多以紙本傳遞，本研究認為，俄國學者應用二維條碼於加強電子檔的防偽是值得參考的作法，因此期望應用此一防偽概念於本研究的印章 QR Code 中，讓輸出文件可將其作為宣告版權的依據。

第三節 圖像化 QR Code 的研究

QR Code 是由方形黑白色模塊所組成，簡單易懂的操作被應用到各行各業，生活中常見的彩色 QR Code 搭配商標或圖案放置於中央開始被大量應用，這樣的組合卻不符合美學的角度。有鑒於此，各國的學者紛紛投入研究改良黑白色 QR Code 的方法。

2014 年，Garateguy 等人提出了全幅彩色圖像化二維條碼的演算法，如圖 2-15，此技術是透過輸入的彩色圖像 QR Code 與遮罩，經過個別估算影像找出最佳化數值再透過內插法的運算，以降低影像視覺的失真。

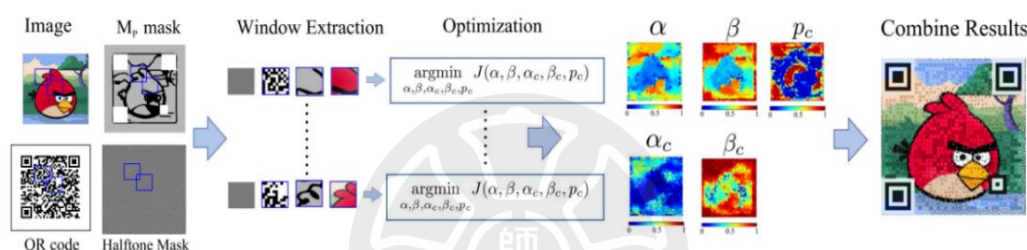


圖 2-15 Garateguy 等人提出了全幅彩色圖像化二維條碼的演算法示意圖

(資料來源：Garateguy et al. (2014))

為了製作高品質彩色圖像化 QR Code，2015 年，Lin 等人提出利用資料位移技術，應用高斯-喬丹消除法合成 QR Code，再利用 Reed-Solomon(RS)容錯機制合成影像，如圖 2-16。

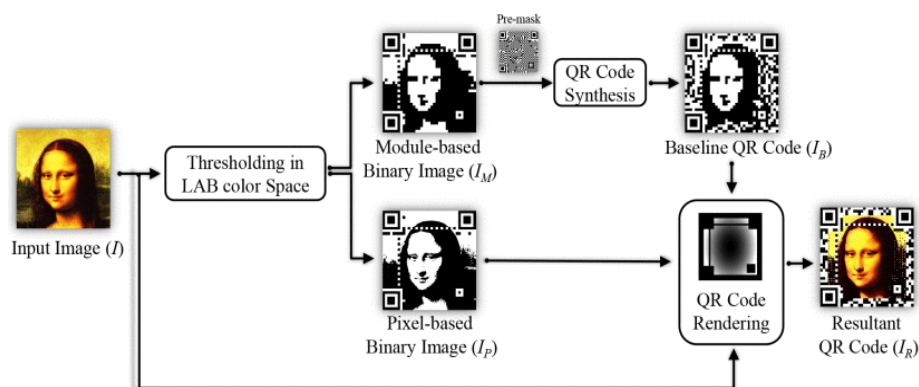


圖 2-16 利用資料位移技術產生高品質美觀的 QR Code 流程圖

(資料來源：Lin et al. (2015))

各國的學者在研究如何產生彩色圖像化 QR Code 的過程中，都有一個共同點，所選用的圖案是大眾所熟悉的影像，如文藝復興時期畫家李奧納多·達文西 (Leonardo da Vinci) 所繪的《蒙娜麗莎(Mona Lisa)》，或是當年由芬蘭企業推出而紅極一時的益智射擊遊戲《憤怒鳥(Angry Bird)》，以引起共鳴。

2021 年，臺灣師範大學圖文傳播學系學者賈菲透過資訊隱藏結合誤差擴散法，如圖 2-17，以不同的資訊強度的 QR Code 植入印章檔案中，再透過影像大小、列印及手機掃描測試其解碼效果。最後用 1200 DPI 掃描輸出檔，分析不同條件下的印章 QR Code 的錯誤率及偽黑偽白點的分布情況。

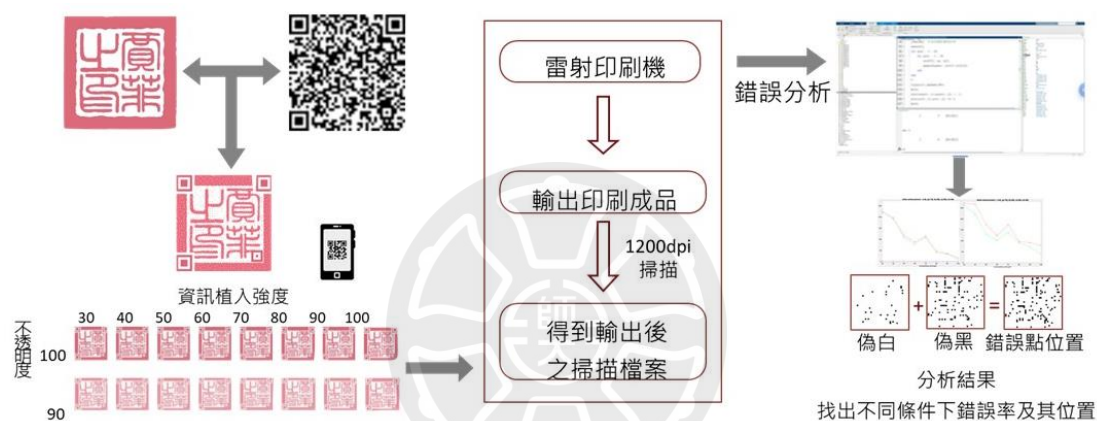


圖 2-17 圖像化二維條碼結合於印章應用之研究方法流程圖

(資料來源：賈菲，2021)

有別於其他彩色圖案，這位學者使用我們常見的印章，並成功將新舊產物融合在一起，提升了傳統印章的附加價值。本研究發現，印章結合 QR Code 仍有研究的空間，因此延伸其圖像化 QR Code 的製作方式，並在影像中加入加密浮水印，用於強化防偽功能。

第四節 防偽功能的加強

為了防止智慧財產權遭到冒用，設計者透過創意發想，利用光柵板的特性在作品的空白處藏密肉眼無法察覺的訊息，藉此保護版權，最常見的是用於紀念曾經造訪過的國家或是觀光景點的明信片。

1. 光柵板原理

光柵板又稱「柱狀透鏡陣列板」(Lenticular Sheet or Lens Sheet)或「光柵」，是一片經加熱擠壓後，使其中一面產生一排間距相等的圓柱形線條的塑膠透明片，另一面則為平面，如圖 2-18 示意圖。

設計者利用光柵板上組成的無數圓柱形線條，依其柱狀透鏡線距寬度所產生的透鏡解碼特性，將影像視角角度、圖像解析度等多項條件，納入選定的圖案中藏密文字或圖案並輸出，再透過光柵板覆蓋於影像上方，如圖 2-19，目視解碼後所產生的不同效果，增加趣味性。

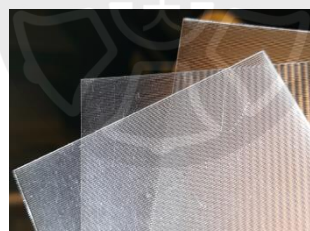


圖 2-18 光柵板示意圖

(資料來源：研究者拍攝)

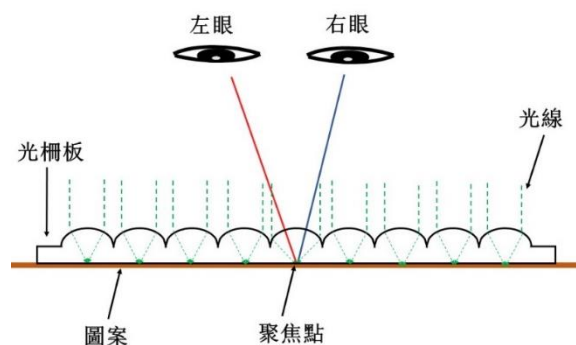


圖 2-19 光柵板原理

(資料來源：研究者自行繪製)

1997 年，美國郵政推出了美國空軍雷鳥表演隊的紀念郵票，如圖 2-20，將「USAF」的縮寫字母應用網點結構設計隱藏於影像中，再透過光柵解碼向右旋轉 15 度才能顯現，以增加趣味性。



圖 2-20 美國郵政於 1997 年為美國空軍雷鳥表演隊推出紀念郵票
(資料來源：Air Force Thunderbirds. (1997). 取自：
<https://sites.google.com/site/stamphiddenimages/Home/stamp-images>)

2010 年 2 月 22 日，張國恩就任臺灣師範大學第十三任校長時，由王希俊教授帶領圖文傳播學系次媒體實驗室製作首張加密紀念郵票，並以師大代表建築物上方的藍色天空，利用數位浮水印加密技術將「NTNU 2010.2.22」藏入其中，輸出後須用光柵解碼隱藏字，增加互動與驚喜，如圖 2-21。



圖 2-21 首張臺師大校長就任紀念個人互動郵票
(資料來源：王希俊、呂章誠、黃睿騰(2010)。取自
<https://sites.google.com/site/ntnuthomas/home/stamps>)

多位學者已證實光柵板可被當作解碼器使用，不僅增加影像的互動感與趣味性，值得注意的是，這些訊息都是藏入印刷四色 CMYK 中的 Cyan(青色)，並於輸出後透過光柵解碼藏密訊息，如上述郵票的藍色天空。

由於過去已有成功案例可依循，考量印章有使用紅印泥和藍印泥，其中又以紅印泥較常見於公函和合約中，加上紅顏色有喜慶的象徵，本研究希望應用過去學者們的加密方法於印章 QR Code 中的 Magenta(洋紅色)，以符合實際應用。

第五節 文獻探討小結

印章歷經上千年的發展，早已成為華人社會中常見的物件。小小方寸內蘊含著書法藝術及篆刻技術等先人的智慧，時至今日仍具有高藝術價值，卻要和其他傳統產業一樣，正視科技發展所帶來的風險。

大眾對於 QR Code 與浮水印技術早已不陌生，為了保存先人的智慧與技術，學術界投入相關研究，應用創新的作法將傳統印章和 QR Code 結合起來，不僅保留了印章的藝術之美也增添了現代感。至於浮水印的技術，最常見的就是鈔券，用於辨識真偽的迎光透視水印及隱藏字。

近幾年，版權的保護受到重視，本研究以印章 QR Code 為基礎研究，加入藏密浮水印於圖像中及應用光柵板才能解碼的特性，期望延伸印章用於身分證明及加強防偽作為本核心研究，目的是要避免重要文件遭到篡改和複印。

第三章 研究設計

本研究將整合彩色圖像化 QR Code 和加密浮水印。研究過程將利用程式設計進行數位解碼，印刷輸出後用光柵解碼觀察浮水印的效果。研究設計將分為三節，第一節是研究架構，第二節是研究工具與設備，第三節是研究方法。

第一節 研究架構

本研究採「實驗研究法」，研究的自變項為浮水印網線數及原圖顏色變化，依變項是光柵解碼浮水印的清晰度及複印後浮水印是否消失，整理如表 3-1。

表 3-1 自變項及依變項之表

自變項	依變項
1.浮水印網線數	光柵解碼浮水印的清晰度
2.原圖顏色變化	複印後，浮水印是否消失

首先，圖像化 QR Code 原圖會進行顏色調整，之後將 M 版抽出並以 75 LPI、100 LPI 及 150 LPI 過網、再藏入浮水印，最後再合併 CMYK，原圖顏色不變，接著針對整張影像，使用 Photoshop 內建的「曲線功能」中的「調暗」和「調亮」功能產生二張新影像。

第二節 研究工具與設備

本研究使用的設備有軟硬體，包括二種規格的光學解碼器，分別是線距寬度 75 LPI 和 100 LPI，其中 75 LPI 的光學解碼器會用於解 75 LPI 和 150 LPI 過網的影像。相關研究工具與設備如表 3-2 所示：

表 3-2 研究工具與設備圖

硬體設備	軟體設備
個人電腦 HP Laptop-D8LE28JN	Matlab R2018b <ul style="list-style-type: none"> • 植入 QR Code 於圖像 • 數位解碼
多功能事務機 Versant sup TM 80 Press	
智慧型手機 Galaxy A21s	Adobe Photoshop 2022 <ul style="list-style-type: none"> • 設計數位浮水印加密工具 • 製作網點圖層和浮水印
光學解碼器 75 LPI 和 100 LPI (150 LPI)	
Epson Perfection v600 Photo	

第三節 研究方法

本研究方法的流程如下圖 3-1，實驗過程將分成二個部分，首先是選定一枚私章模擬關防章及 QR Code 第六版(41x41 模組)、Codeword(以 8 個 Module 組成一個 Codeword)數量為 172 個、H 等級、容錯率 30%，再應用 Matlab 程式設計將兩張影像合成，接著用 Photoshop 將影像尺寸調整成 1200x1200 px、輸出後尺寸為 5x5 cm、解析度為 600 DPI 的圖像化 QR Code，最後印刷輸出，進行相關驗證。

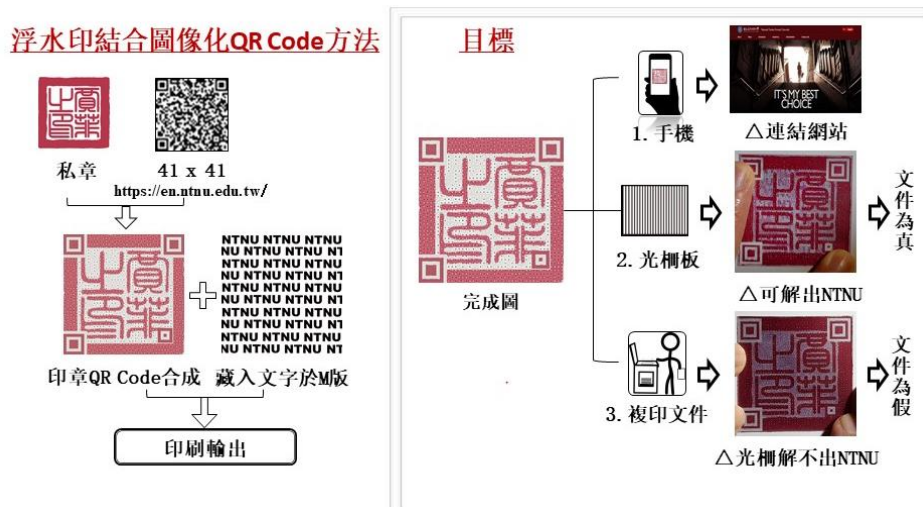


圖 3-1 研究流程圖

(資料來源：研究者自行繪製)

本研究的「浮水印結合圖像化 QR Code」主要用於輸出後可用光柵解碼藏密浮水印。在設計時，加密浮水印的尺寸與檔案解析度的條件需和圖像化 QR Code 一樣。經過多次的實驗與測試，浮水印會以 NTNU 做為加密文字，然而考量字型、編排の間距都會影響解碼效果，選用的字體則以簡明有力的無襯線體(Sans-serif)字型當中的 Arial Black、大小為 14 級字，以滿版設計文字檔，如圖 3-1 的「藏入文字於 M 版」。

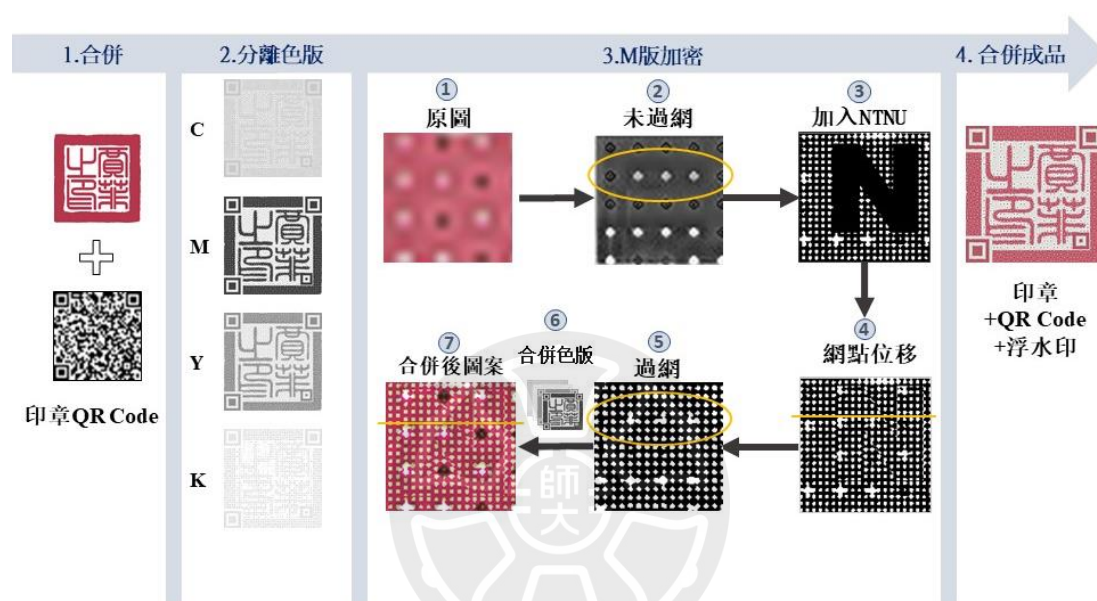


圖 3-2 浮水印加密流程圖
(資料來源：研究者自行繪製)

由於關防章用的是紅色印泥鈐於紙上，對應實際應用顏色，浮水印 NTNU 將加密於圖像化 QR Code 的 M 版。當印章與 QR Code 合成後，影像會從原本的色彩三原色 RGB (Red 紅、Green 綠、Blue 藍)轉為印刷四色 CMYK(Cyan 青色、Magenta 洋紅色、Yellow 黃色、Black 黑色)，再分離色版。接著依據影像的解析度 600 DPI、M 版則依序用三種網線數過網、網屏角度為 0° ，再網點位移半條線製作加密浮水印，因此 75 LPI 會位移 4 px、100 LPI 位移 3 px、150 LPI 位移 2 px，之後合併四個色版，產生三張加密完成的新影像。

以研究印章為例，如圖 3-2，本研究利用 Matlab 將印章影像和連結至臺灣師範大學英文網的 QR Code 合成，以產生新的圖像化 QR Code，接著利用 Photoshop

將數位檔格式 RGB 改成 CMYK 再分離色版。M 版會以 100 LPI 過網、置入浮水印 NTNU，接著網點位移半條線，再把四個色版合併並輸出。

在輸出之前，印章 QR Code 與浮水印整合後，首先利用程式設計進行數位解碼，模擬解密、預覽浮水印的藏密效果。輸出後，手機直接讀取 QR Code 確認判讀效果，再根據不同網線數加密的影像，使用 75 LPI 及 100 LPI 的光柵板進行解碼，之後複印文件，再次觀察浮水印是否還存在，驗證過程會在下一章說明。



圖 3-3 增加研究數據

(資料來源：研究者自行繪製)

為了瞭解加密浮水印的效果，本研究依據拍照的構圖方式，也就是全景、近景與特寫三種景別選用影像，當中的「印章 QR Code」也就是「私章」屬於特寫，可清楚看出印章上的名字和 QR Code 的位置；「楓葉林」則是風景照屬於遠景，營造的是濃厚秋天的意象、背景較偏橘紅色；「孔子像」則屬於近景照，以孔子身為中華文化的代表人物，做為媒介和讀者產生共鳴，同時影像中的灰顏色偏多，僅有銅像背後的建築物有點粉顏色，加密過程及輸出後的驗證方式都採相同流程測試，如圖 3-3。

為驗證融合 QR Code 之影像是否能成功辨識並連結至目標網址。融合孔子像影像的 QR Code 設定目標網址為防偽科技加值應用產學聯盟網站；融合私章

影像的 QR Code 連結至臺灣師範大學的英文官網；而融合楓葉林影像的 QR Code 則是連結至滿月圓國家森林遊樂區網站。每一張影像經和不同 QR Code 合成後，顏色會應用 Photoshop 內建的曲線預設調亮和調暗產生二張新影像，其中 M 版會以 75 LPI、100 LPI 及 150 LPI 過網，製作浮水印；輸出後，再驗證各項功能。



第四章 實驗結果與討論

「孔子像」、「私章」與「楓葉林」三張圖像化 QR Code 都以相同的條件設計並加密浮水印 NTNU，實驗結果與討論將分五節說明，第一節為數位影像檔的解碼、第二節為輸出影像的光柵解碼、第三節為高解析度掃描影像之 M 版數位解碼、第四節為圖像化 QR Code 的防偽解碼小結，以及第五節為擴充圖像化 QR Code 之解碼區域。

第一節 數位影像檔的解碼

本節所討論的數位解碼是輸出前用於預覽影像。因此將使用圖像化 QR Code 的原圖作為範例，說明應用 Matlab 的程式設計對 M 版模擬和預覽光柵解碼三種網線數，75 LPI、100 LPI 及 150 LPI 的解密效果。每一張影像經整合印章、QR Code 及加密浮水印後會各別取樣六張圖，並以上下二列，每列三張影像排列，每張影像的尺寸為 200x200 px。

「孔子像」的背景偏灰色，根據模擬解密圖 4-1，觀察(a) 75 LPI、(b) 100 LPI 及(c) 150 LPI 的解碼影像，每一張的加密浮水印 NTNU 都清晰可見。

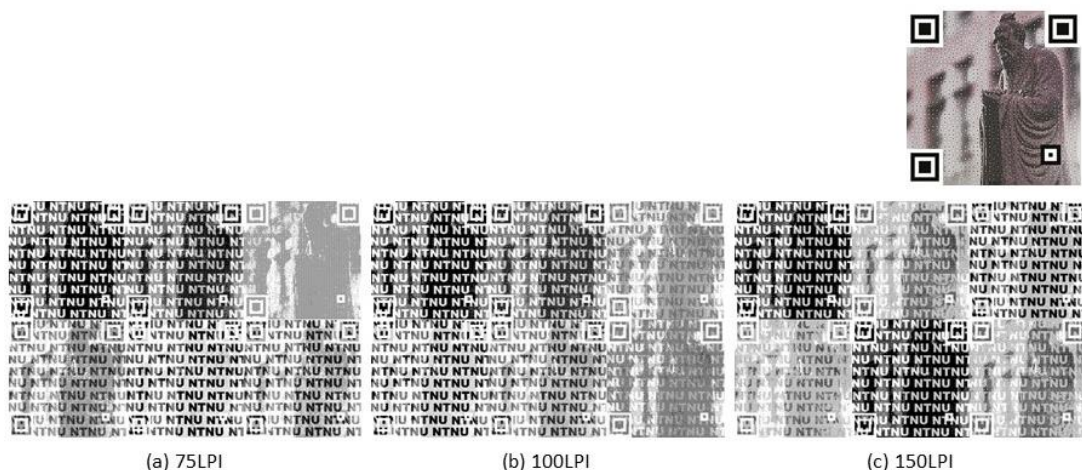


圖 4-1 模擬解密-原圖孔子像 (a) 75 LPI, (b) 100 LPI, (c) 150 LPI

(資料來源：研究者自行整理)

在模擬關防章的「私章」，由於背景色是以深紅及白色所組成，其中印章邊緣綠色較深，印面的顏色又較偏白，根據模擬解密圖 4-2 所示，在(a) 75 LPI、(b) 100 LPI 及(c) 150 LPI 的影像中，雖然可整版解出浮水印，比起位於印章邊緣的顏色，印面區的文字比較不清楚；研判背景亮度影響加密訊息的銳利度。

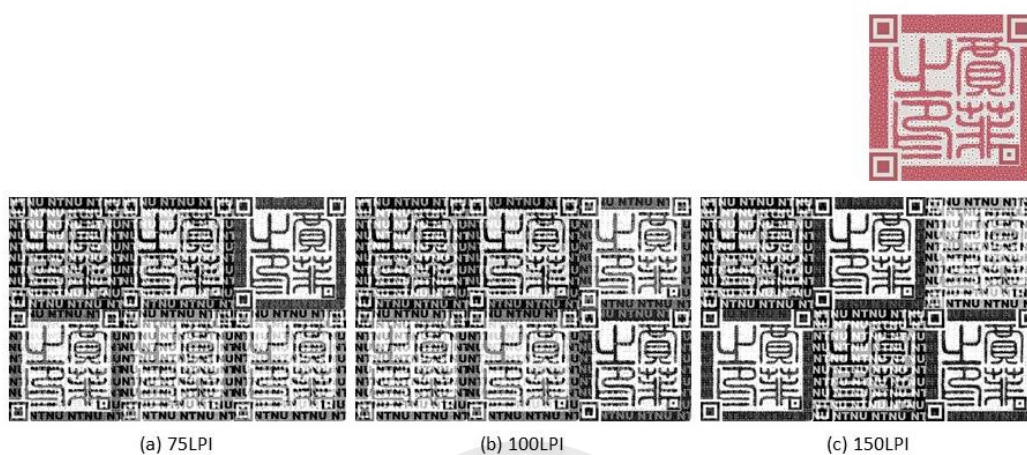


圖 4-2 模擬解密-原圖私章 (a) 75 LPI, (b) 100 LPI 及(c) 150 LPI

(資料來源：研究者自行整理)

「楓葉林」的背景色以橘紅色所組成，據模擬解密圖 4-3 所示，觀察(a) 75 LPI、(b) 100 LPI 還是(c) 150 LPI，推測輸出後，楓葉較茂密的部分，亦就是 M 版中較暗的區域，光柵解碼浮水印的顏色會因深橘紅色與紅顏色太相近，而影響解碼效果。但分布在顏色較淺的 NTNU 預測光柵解碼效果比較明顯，如紅框位置。

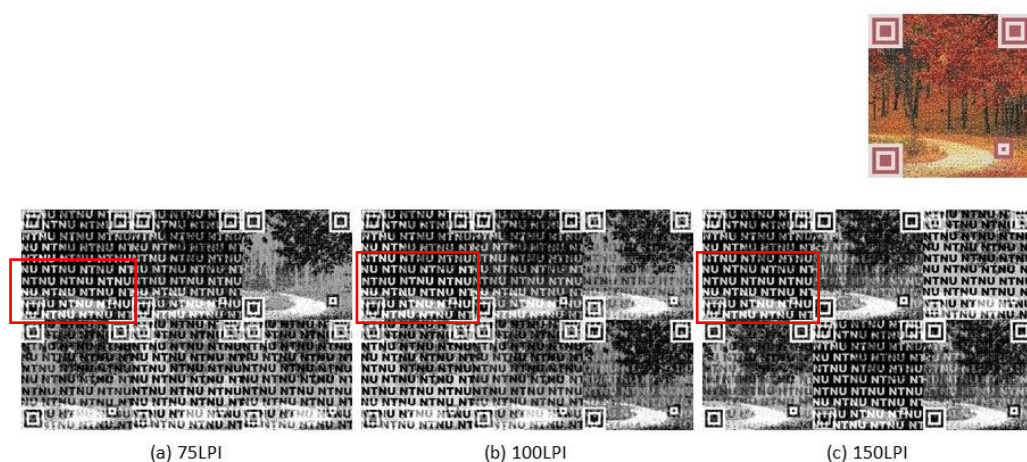


圖 4-3 模擬解密-原圖楓葉林 (a) 75 LPI, (b) 100 LPI 及(c) 150 LPI

(資料來源：研究者自行整理)

輸出前的數位解碼是用於確認與評估加密浮水印的分布情況、預覽光柵解碼的效果。從上述三張影像的模擬解密圖顯示，浮水印 NTNU 都成功加密於 M 版，卻可能受背景色的深淺、網線數的高低及融合 QR Code 等因素，而影響光柵解碼浮水印的效果，例如孔子像的(b) 100 LPI 的模擬解密圖，NTNU 在較深的區域，也就是銅像的位置，文字就比分布在建築物上的顏色較銳利；私章的(b) 100 LPI 模擬解密圖也有相同的結果，沿著印章邊緣的顏色較深，NTNU 就比較銳利、印面上的文字反而比較淡；楓葉林是以橘紅色較多，加密於 M 版的浮水印，解碼顏色很明顯會以步道區(淺色區)較清楚。

第二節 輸出影像的光柵解碼

為了確認浮水印於輸出後的效果，三張圖像化 QR Code 會以光柵板解碼，查看隱藏訊息。首先，所有的影像會先驗證其 QR Code 是否可連到預設官網，再針對各張影像進行光柵解碼，確認浮水印的加解密效果。



圖 4-4 孔子像之光柵解碼「調亮」、「原圖」、「調暗」之效果

(資料來源：研究者自行整理)

在上一節，所有的影像都在輸出前，應用程式設計預覽三種網線數的加密效果。接下來，透過實際輸出影像驗證光柵解碼是否能呼應數位解碼的結果。從整體來看「孔子像」如圖 4-4，由上而下，依據 75 LPI、100 LPI 及 150 LPI 過網的浮水印，觀察 NTNU 的濃淡度，從「調亮」(a) 75 LPI 至(c) 150 LPI、「原圖」(d) 75 LPI 至(f) 150 LPI 到「調暗」(g) 75 LPI 至(i) 150 LPI 三種背景色的不同，浮水印的顏色是由淺到深逐步變濃。以(e)「100 LPI-原圖」解出的浮水印顏色為例，銅像區的文字偏暗，但淺色區較清楚；以「調亮」(a) 75 LPI 至(c) 150 LPI 影像為例，由左至右，浮水印是由深到淺變化；光柵解碼呼應數位解碼結果。



圖 4-5 私章之光柵解碼「調亮」、「原圖」、「調暗」之效果
(資料來源：研究者自行整理)

從整體來看「私章」如圖 4-5，依據 75 LPI、100 LPI 及 150 LPI 過網的浮水印觀察 NTNU 的濃淡度，從「調亮」(a) 75 LPI 至(c) 150 LPI、「原圖」(d) 75 LPI 至(f) 150 LPI 到「調暗」(g) 75 LPI 至(i) 150 LPI，解出的浮水印顏色是以印章邊緣較深且清楚。然而印面中的文字，因為顏色是由紅白兩色組成，又以白色居多，

光柵解碼只能解出疊印於筆畫上的加密浮水印痕跡，如(e) 100 LPI-原圖紅框中的「菲」字，而淺色區則是無法解出。以私章「原圖」(d) 75 LPI 至(f) 150 LPI 影像為例，浮水印的顏色也是由深到淺變化。由於印章 QR Code 是本研究的主物件，雖然光柵解碼和數位解碼結果一致，但實際解碼區卻太窄了。



圖 4-6 楓葉林之光柵解碼「調亮」、「原圖」、「調暗」之效果
(資料來源：研究者自行整理)

從整體來看「楓葉林」如圖 4-6，依據 75 LPI、100 LPI 及 150 LPI 過網的浮水印，並觀察 NTNU 的濃淡度，從「調亮」(a) 75 LPI 至(c) 150 LPI、「原圖」(d) 75 LPI 至(f) 150 LPI 到「調暗」(g) 75 LPI 至(i) 150 LPI，NTNU 是由深到淺變化。在楓葉較茂密的部分，顏色為深橘紅色，無法觀察到 NTNU 的解密效果，但在圖 4-3 (a) 75 LPI、(b) 100 LPI 及(c) 150 LPI 的任一網線數的數位解碼圖中均有解出加密浮水印，推測是背景色(橘紅色)與浮水印(紅色)的顏色相近所致。另外在 150 LPI (c) 調亮，(f) 原圖，(i) 調暗的加密浮水印中，只有(f) 原圖(橘框)位於淺色區的浮水印較清楚，分布在「調亮」和「調暗」影像中的文字都受到背景色影

響而顯的比較淡。

綜合上述結果，孔子像無論是以 75 LPI、100 LPI 及 150 LPI 過網，影像顏色無論是經過調亮或調暗還是原稿，光柵解碼都可解出浮水印，並可從中觀察浮水印顏色變化。在楓葉林的部分，由於背景色較濃，加密浮水印雖然都可解出，但網線數越高或影像變暗時，浮水印的解碼效果就會受到影響。最重要的是，用於模擬關防章的私章，雖然光柵可解出浮水印，但卻是沿著印章邊緣分布，解碼範圍實在太小，無法達到印章 QR Code 整合浮水印用於加強防偽的目的。

第三節 高解析度掃描影像之 M 版數位解碼

圖像化 QR Code 以 1200x1200 px、解析度 600 DPI 研究浮水印的加解密效果，為了確認浮水印加密後的穩定度，使用解碼最好的「孔子像」調亮輸出再複印，分別進行 1200 DPI 高解析度掃描影像，最後利用 Matlab 程式設計數位解碼、間隔取樣 M 版，觀察浮水印的效果。

1. 輸出影像掃描後解碼

「孔子像」原稿經 1200 DPI 高解析度掃描後，尺寸為 2400x2400 px，此時的檔案為 CMYK 檔，依據各網線數，首先利用 Photoshop 取出 75 LPI、100 LPI 及 150 LPI 的數位檔，再透過 Matlab 解碼 M 版觀察浮水印的加密穩定度。因此，以 75 LPI 製作的浮水印以 x 軸、間隔 16 px、取樣 16 張影像、尺寸大小為 150x150 px，根據圖 4-7 解碼結果顯示，(a)至(p)影像中的 NTNU 分布情況均很清楚。

以 100 LPI 製作的浮水印會間隔 12 px、取樣 12 張影像、尺寸為 200x200 px，根據圖 4-8 的 100 LPI (a)至(l)影像，浮水印的字跡清楚，如果和圖 4-7 的 75 LPI (a)至(p)相比，NTNU 的顏色變淡了。

以 150 LPI 製作的浮水印會間隔 8 px、取樣 8 張影像、尺寸為 300x300 px，根據圖 4-9 解出的(a)至(h)影像，浮水印的分布情況和 75 LPI 與 100 LPI 一樣，但文字的颜色更淡了。綜合上述的結果，經掃描輸出影像，網線數由低到高，浮水印顏色會由深到淺變化，且不受高解析度掃描的影響。

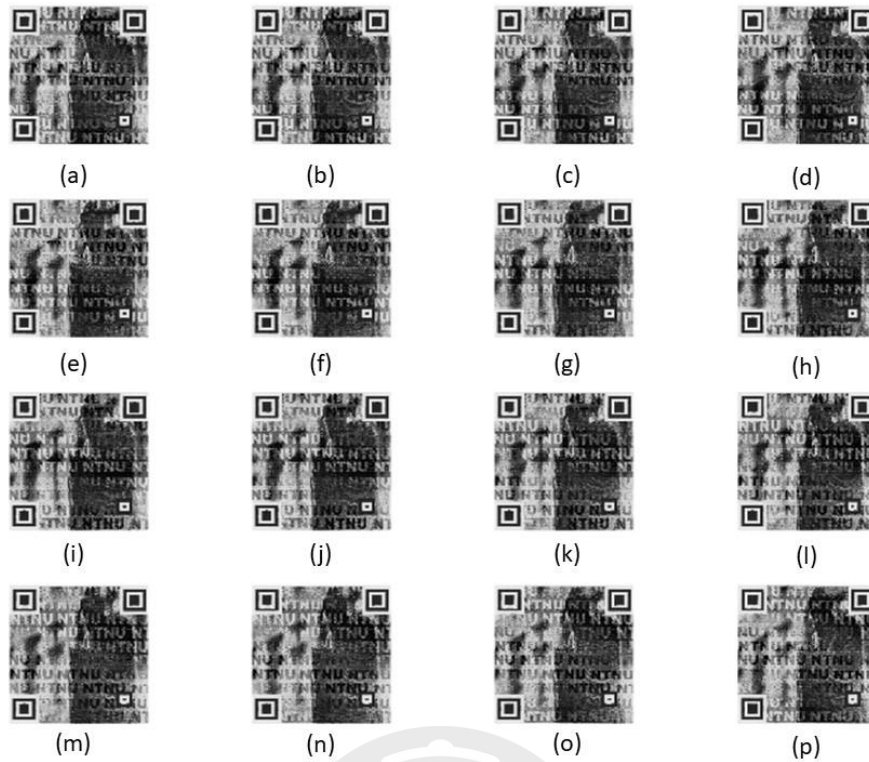


圖 4-7 1200 DPI 掃描輸出 75 LPI 孔子像及解碼 M 版之效果圖

(資料來源：研究者自行整理)

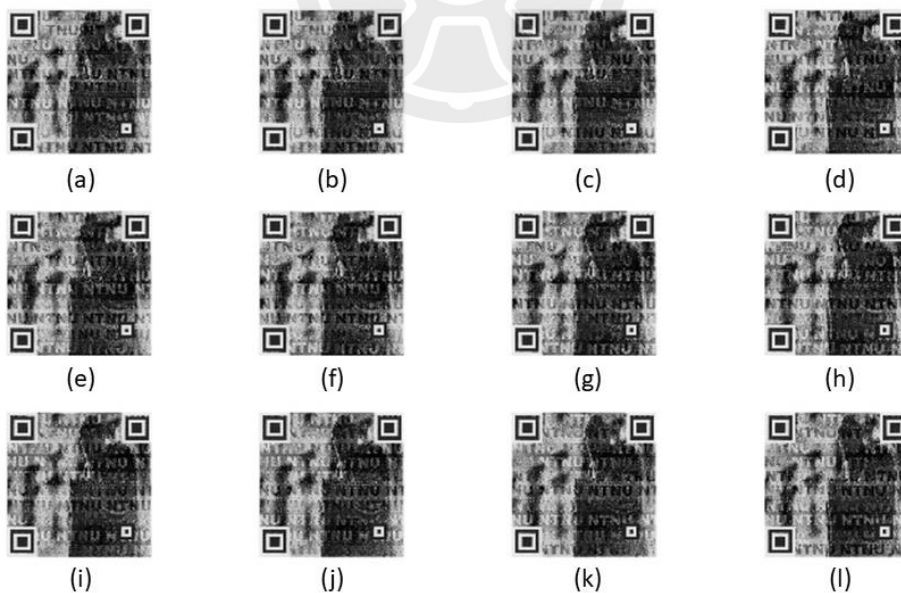


圖 4-8 1200 DPI 掃描輸出 100 LPI 孔子像及解碼 M 版之效果圖

(資料來源：研究者自行整理)

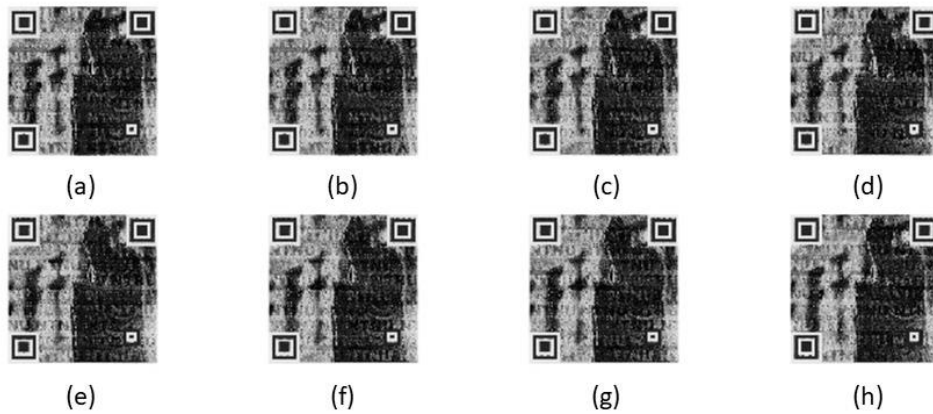


圖 4-9 1200 DPI 掃描輸出 150 LPI 孔子像及解碼 M 版之效果圖

(資料來源：研究者自行整理)

2. 複印原稿後再掃描解碼

本研究期望圖像化 QR Code 具備防偽功能，因此設定輸出影像所擁有的加密浮水印，經複印後是無法複製加密訊息，而這個概念源自鈔票的迎光透視水印，亦就是假鈔。因此，本研究的原稿經複印後會用 1200 DPI 高解析度掃描並解碼，預覽結果。

為了確認複製品中的浮水印狀況，高解析度掃描複印檔仍會以印刷四色 CMYK 存檔，再透過 Photoshop 個別取出 75 LPI、100 LPI 及 150 LPI 的影像，最後用 Matlab 針對 M 版進行解碼。如同輸出檔，取樣間隔和影像大小都會依據三種網線數設定，以便比對。

以 75 LPI 製作的浮水印以 x 軸、間隔 16 px、取樣 16 張影像、尺寸為 150x150 px，根據圖 4-10 (a)至(p)的解碼結果顯示，影像中仍有殘留浮水印 NTNU 的字跡。

以 100 LPI 製作的浮水印則間隔 12 px、取樣 12 張影像、尺寸為 200x200 px，據圖 4-11 (a)至(l)的解碼結果顯示，影像仍可觀察到顏色較淡的加密浮水印字跡，其中(e)、(f)、(g)影像，位於孔子的衣袖有浮凸 NTNU 字樣；以 150 LPI 製作的浮水印則間隔 8 px、取樣 8 張影像、尺寸為 300x300 px，根據圖 4-12 (a)到(h)的解碼結果顯示，未解出加密浮水印 NTNU，影像如一般圖。

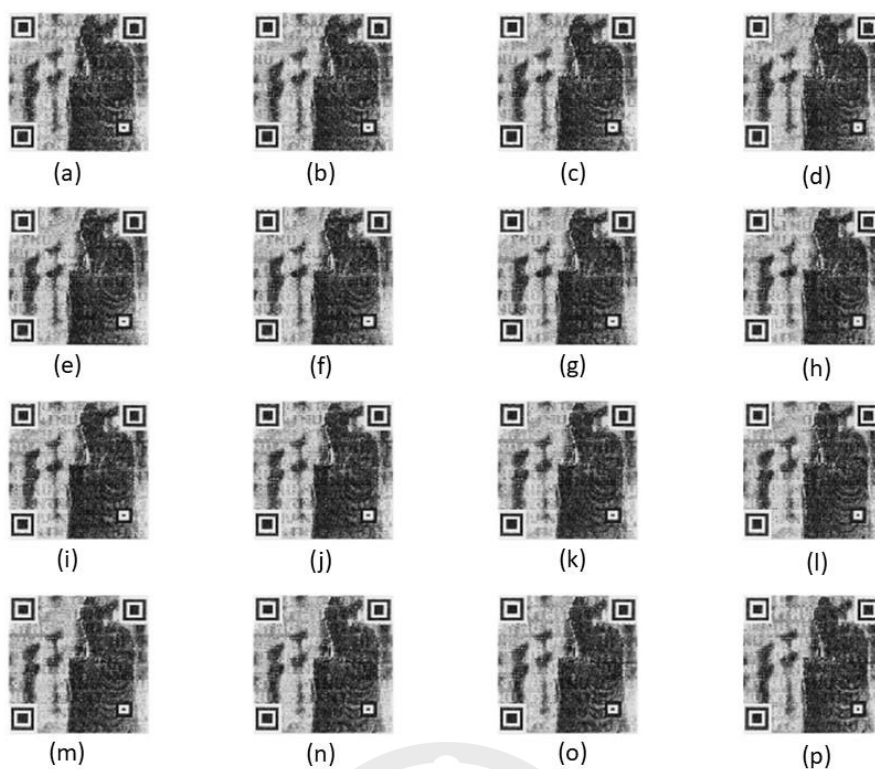


圖 4-10 1200 DPI 掃描複印 75 LPI 孔子像及解碼 M 版之效果圖

(資料來源：研究者自行整理)

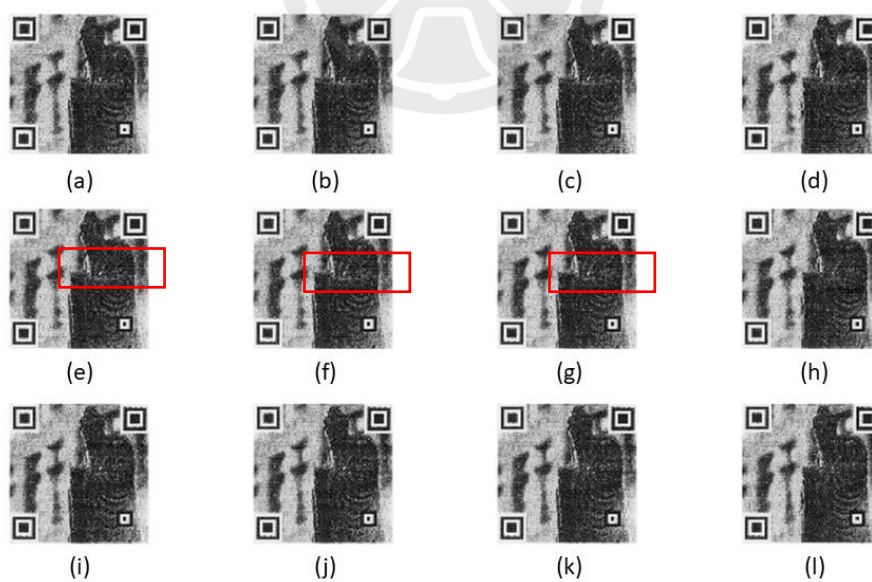


圖 4-11 1200 DPI 掃描複印 100 LPI 孔子像及解碼 M 版之效果圖

(資料來源：研究者自行整理)

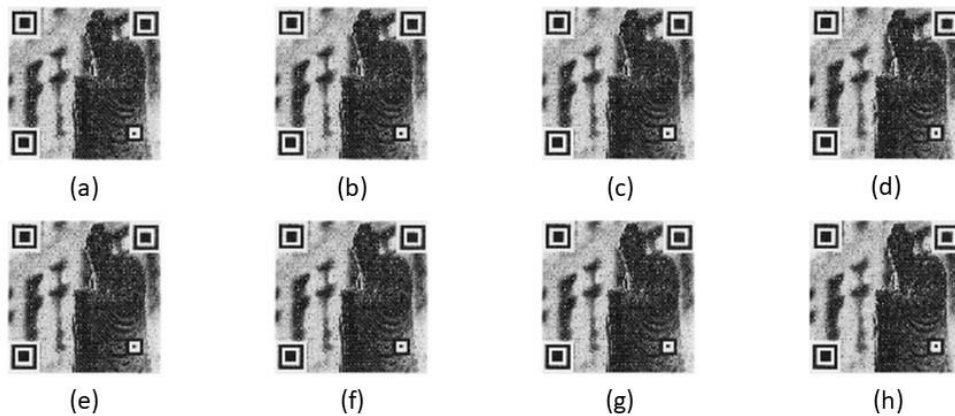


圖 4-12 1200 DPI 掃描複印 150 LPI 孔子像及解碼 M 版之效果圖

(資料來源：研究者自行整理)

印章 QR Code 整合浮水印的目標，是希望原稿經光柵解碼可解出加密浮水印，複印原稿後，因網線數無法被複製，複製品如一般圖案。1200 DPI 高解析度掃描後解碼原稿和複製品，每張影像依據網線數 75 LPI、100 LPI 及 150 LPI 間隔取樣 16 px、12 px 及 8 px，可觀察原稿中的加密浮水印是否在掃描過程中消失。另外則是探討原稿和複製品的網線數的變化，查看和實際輸出的原稿和複製品，光柵解碼結果是否可相呼應；目前只有 150 LPI 可用於加強防偽。

第四節 圖像化 QR Code 的防偽解碼小結

經整合印章、QR Code 和浮水印後，研究結果顯示：

1. QR Code 掃描：每一張影像可預設不同官網。
2. 光柵解碼：印章邊緣的顏色將影響浮水印的解碼。
3. 用 1200 DPI 掃描輸出成品並複印，可用數位解碼再次查看隱藏密碼。
4. 複印後能否使浮水印消失：75 LPI 和 100 LPI 的圖像化 QR Code 複印後，使用同線數的光柵板均可解出 NTNU 的輪廓，唯有 150 LPI 的圖像化 QR Code 未解出。

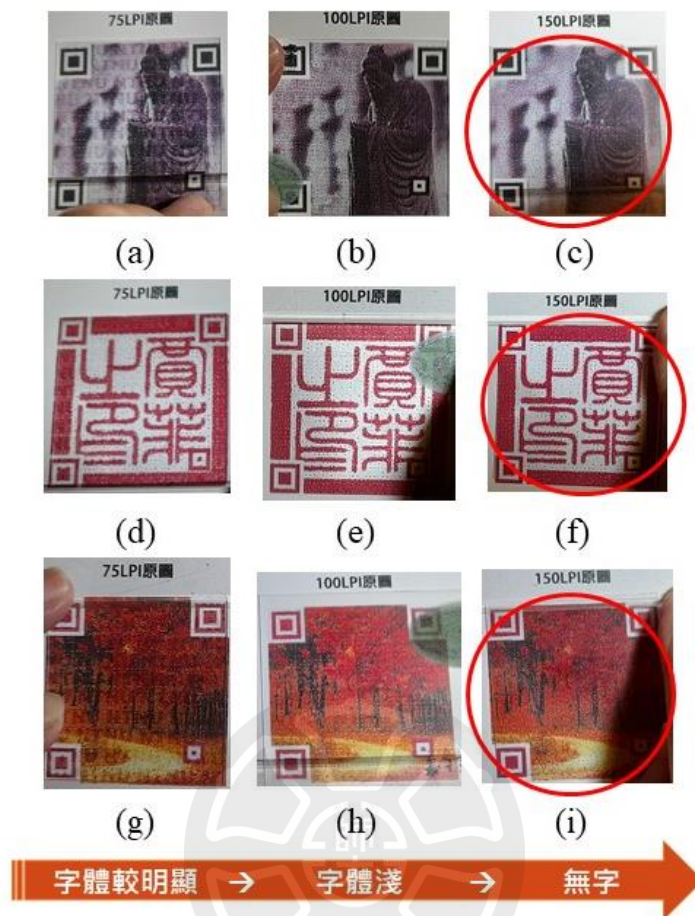


圖 4-13 複印後文件之光柵解碼影像

(資料來源：研究者自行整理)

印章 QR Code 整合加密浮水印是從三種網線數中找出最佳參數，根據圖 4-13 (a)到(i)，光柵解碼複製品孔子像、私章和楓葉林，75 LPI (a),(d),(g)解出的浮水印最明顯，100 LPI (b),(e),(h)的加密浮水印仍看的到文字，輪廓較淡，但細看後仍可辨識隱藏密碼。150 LPI 加密的浮水印，光柵無法解出藏密訊息，此結果和高解析度掃描複製品再解碼的結果一致；150 LPI 加密浮水印的存在可用於區別原稿和複製品，還可用於加強防偽、宣告版權。

另外，實驗過程中發現，三張影像以孔子像的加解密效果優於其他二張影像，由於研究用的私章於輸出後，光柵只能解出印章邊緣的浮水印，解碼範圍太窄，因此將辨析解碼最好的孔子像以改善隱藏密碼的偵測效果。

第五節 擴充圖像化 QR Code 之解碼區域

為了解決私章加入浮水印後，光柵只能沿著印章邊緣解碼，借用解碼最好的 100 LPI 的影像「孔子像」調亮分析其背景的 CMYK 數值，再根據所得參數產生新的圖像化 QR Code，觀察浮水印的加解密效果，流程圖如 4-14 所示：



圖 4-14 調整背景之流程圖

(資料來源：研究者自行整理)

1. 辨析圖像化 QR Code 背景色與製作

為了找出最適合的參數，首先用原稿孔子像用 Photoshop 內建的「曲線」工具將影像(1200x1200 px)調亮，影像色彩會從 RGB 轉為 CMYK，並以每 200 px 設定 x,y 軸找出 25 個交叉點，如圖 4-15，再用內建的「資訊」工具查出 CMYK 數值，總表整理如表 4-1：



圖 4-15 調整背景之分析圖
(資料來源：研究者自行整理)

原圖

印章QR Code

編號2

726 像素 x 765 像素 (264 ppi)

R : 255 C : 0%
G : 255 M : 0%
B : 255 Y : 0%
8 位元 K : 0%
X : 350 W :
Y : 350 H :

C=0 ; M=0
Y=0 ; K=0

1200 像素 x 1200 像素 (600 ppi)

C : 4%	C : 4%
M : 11%	M : 11%
Y : 6%	Y : 6%
K : 0%	K : 0%

8 位元 8 位元

X : 200 W :
Y : 600 H :

No.1
C=4 ; M=11
Y=6 ; K=0

1200 像素 x 1200 像素 (600 ppi)

C : 13%	C : 13%
M : 69%	M : 69%
Y : 35%	Y : 35%
K : 3%	K : 3%

8 位元 8 位元

X : 100 W :
Y : 400 H :

No.2
C=13 ; M=69
Y=35 ; K=3

C=21 ; M=22 ;
Y=16 ; K=0

圖 4-16 探討原圖、印章 QR Code 與編號 2 數位檔之間的 CMYK 值
(資料來源：研究者自行整理)














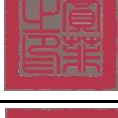


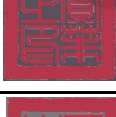

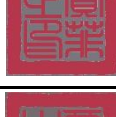
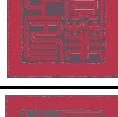






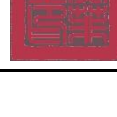
圖 4-17 編號 2：C=21；M=22；Y=16；K=0

(資料來源：研究者自行整理)

表 4-1 CMYK 數值總表

編號	C	M	Y	K	x	y	編號	C	M	Y	K	x	y
1	61	59	47	1	200	200	14	82	80	70	52	600	800
2	28	29	20	0	200	400	15	77	82	83	67	600	1000
3	66	64	52	5	200	600	16	83	77	80	62	800	200
4	68	65	57	10	200	800	17	71	69	57	15	800	400
5	73	68	58	16	200	1000	18	57	67	49	2	800	600
6	28	27	19	0	400	200	19	58	57	53	1	800	800
7	68	65	56	10	400	400	20	57	55	50	1	800	1000
8	72	69	55	12	400	600	21	28	30	20	0	1000	200
9	61	52	45	0	400	800	22	67	71	55	12	1000	400
10	62	58	52	2	400	1000	23	64	68	51	6	1000	600
11	89	87	86	77	600	200	24	66	64	52	5	1000	800
12	55	59	46	0	600	400	25	66	64	53	6	1000	1000
13	65	71	56	11	600	600							

表 4-2 依據 CMYK 數值製作新影像

編號	C	M	Y	K	圖	編號	C	M	Y	K	圖
1	61	59	47	1		14	82	80	70	52	
2	28	29	20	0		15	77	82	83	67	
3	66	64	52	5		16	83	77	80	62	
4	68	65	57	10		17	71	69	57	15	
5	73	68	58	16		18	57	67	49	2	
6	28	27	19	0		19	58	57	53	1	
7	68	65	56	10		20	57	55	50	1	
8	72	69	55	12		21	28	30	20	0	
9	61	52	45	0		22	67	71	55	12	
10	62	58	52	2		23	64	68	51	6	
11	89	87	86	77		24	66	64	52	5	
12	55	59	46	0		25	66	64	53	6	
13	65	71	56	11							

原印章 QR Code 無法解出印面中的加密訊息，經研判是受印面背景亮度的干擾，限制了光柵解碼的偵測範圍。經分析孔子像背景顏色，找出 25 個 CMYK 參數再依序製作 25 張新圖像化 QR Code 影像，如表 4-2，其中有三張影像的背景色較亮且適合用於加密，分別是編號 2 (C=28；M=29；Y=20；K=0)、編號 6 (C=28；M=27；Y=19；K=0)及編號 21 (C=28；M=30；Y=20；K=0)。

在融合 QR Code 之前，探討原印章(CMYK)的印面顏色，如圖 4-16「原圖」，其背景色為白色故數值為 0，改探討印章 QR Code (圖 4-16 截圖) 的印面顏色 (No.1)與印章邊緣(No.2)，再比對上述三張影像的 CMYK 數值，以浮水印加密於 M 版為依據並發現，No.1 的 M 值為 11、編號 2 的 M 值為 29，故選擇編號 2 (C=28；M=29；Y=20；K=0)接續研究，如圖 4-17，藉此增強加密浮水印與背景亮度的差異感，提升加密訊息的特徵效果，擴大私章的解碼範圍，而此概念則是應用清晰效果(Crispening Effect)。

為了區別原融合私章影像的 QR Code 連結至臺師大英文網站，新圖像化 QR Code 將連結至臺師大臉書(NTNU-FB)。因此，首先把尚未融合 QR Code 的私章的白背景去背，再套用編號 2 的 CMYK 數值(C=21；M=22；Y=16；K=0)在合併兩張影像，接著利用 Matlab 將新影像和新二維碼(目標網址為臺師大臉書)融合成新印章 QR Code 繼續原本研究，最後針對 M 版依序以 75 LPI、100 LPI 及 150 LPI 過網，加密浮水印 NTNU。

印章 QR Code 整合浮水印是於輸出後可利用光柵解碼。因此，在繪圖軟體製作時，藉由 Matlab 以程式設計進行輸出前的數位解碼、取樣六張圖，尺寸為 200x200 px，確認加密浮水印的分布情況，預先觀察光柵解碼的結果。

輸出後，手機直接讀取 QR Code 看是否可連網，接著以 1200 DPI 高解析度掃描輸出影像，尺寸會從 1200x1200 px 改為 2400x2400 px，再依據三種網線數進行數位解碼，間隔取樣 M 版中的浮水印，再檢視加解密效果，最後通過光柵解碼觀察上述過程中所得結果是否相呼應。之於複製品經高解析度掃描再解碼，實驗結果會在另外說明。

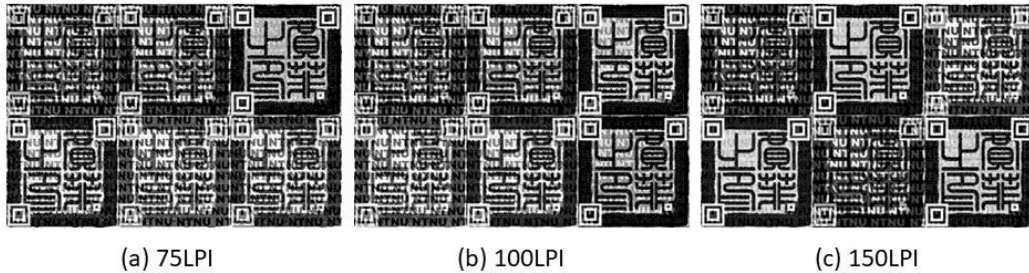


圖 4-18 輸出前數位解碼間隔取樣三種網線數之效果

(資料來源：研究者自行整理)

新印章 QR Code 於輸出後的影像經高解析度掃描後，通過程式設計針對(a) 75 LPI、(b) 100 LPI 及(c) 150 LPI 的加密浮水印，間隔取樣六張圖預覽隱藏密碼的分布情況，如圖 4-18，每一張圖中的 NTNU 都灰黑白分明，顯示加密浮水印未受到高解析度掃描的干擾，印面中的浮水印也很清晰。

2.輸出影像掃描後解碼

原稿經 1200 DPI 高解析度掃描再解碼，75 LPI 會間隔 16 px、取樣 16 張影像、尺寸為 150x150 px，加密浮水印 NTNU 都很清晰，如圖 4-19 (a)到(p)所示。100 LPI 間隔 12 px、取樣 12 張圖，尺寸為 200x200 px，浮水印還是很清楚，但顏色已轉淡了，如圖 4-20 (a)到(l)。而 150 LPI 則會間隔 8 px、取樣 8 張圖，尺寸為 300x300 px，浮水印更淡，如圖 4-21 (a)到(h)。

根據預覽結果顯示，無論是間隔取樣多少像素，每一張影像均可整版解出原稿中的浮水印 NTNU，以(c)影像為例，紅方框中的文字顏色從 75 LPI、100 LPI 到 150 LPI，字體是從深到淺的變化。值得注意的是，被解出的浮水印都分布在印面為居多，這結果有助加密信息的偵測。

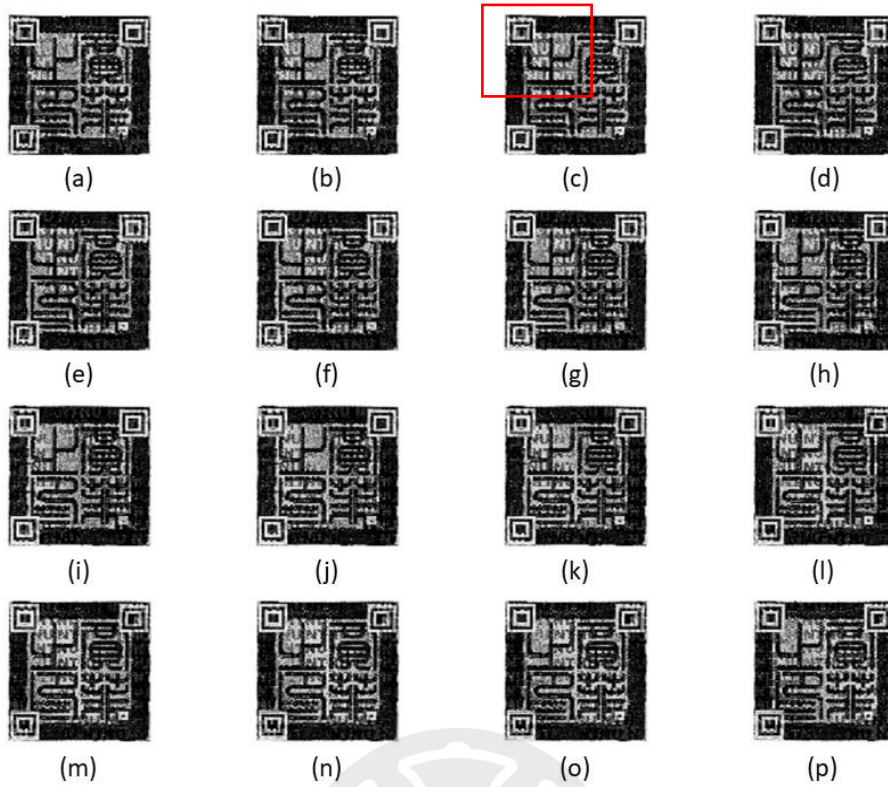


圖 4-19 1200 DPI 高解析度掃描輸出 75 LPI 私章之解碼 M 版效果圖
(資料來源：研究者自行整理)

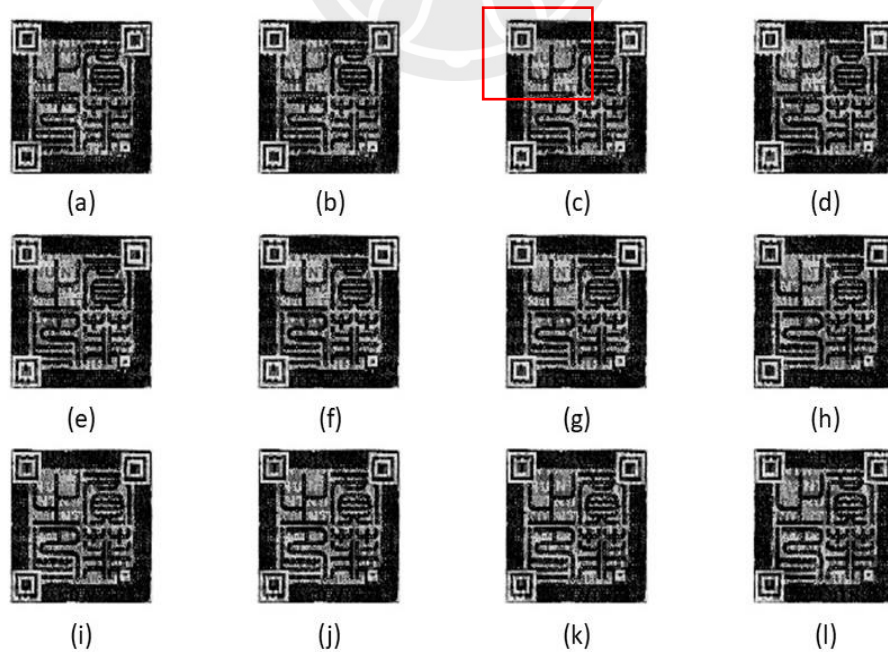


圖 4-20 1200 DPI 高解析度掃描輸出 100 LPI 私章之解碼 M 版效果圖
(資料來源：研究者自行整理)

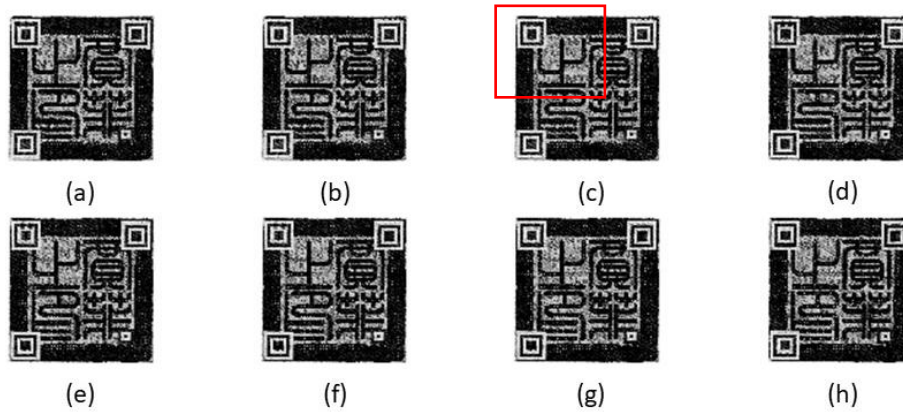


圖 4-21 1200 DPI 高解析度掃描輸出 150 LPI 私章之解碼 M 版效果圖

(資料來源：研究者自行整理)

3. 複印輸出檔後再掃描解碼

圖像化 QR Code 整合加密浮水印主要是為了強化防偽功能，原稿經複印後再以 1200 DPI 高解析度掃描並解碼，影像會利用程式設計重新針對(a) 75 LPI、(b) 100 LPI 及(c) 150 LPI 數位解碼間隔取樣六張圖，如圖 4-22，預覽並評估加密浮水印的效果。浮水印並未全部消失，(a) 75 LPI 和(b) 100 LPI 仍可解出 NTNU(以紅框標示)，150 LPI 觀察不到浮水印，圖案如一般圖。根據此結果，150 LPI 較符合影像具備防偽功能的目標。

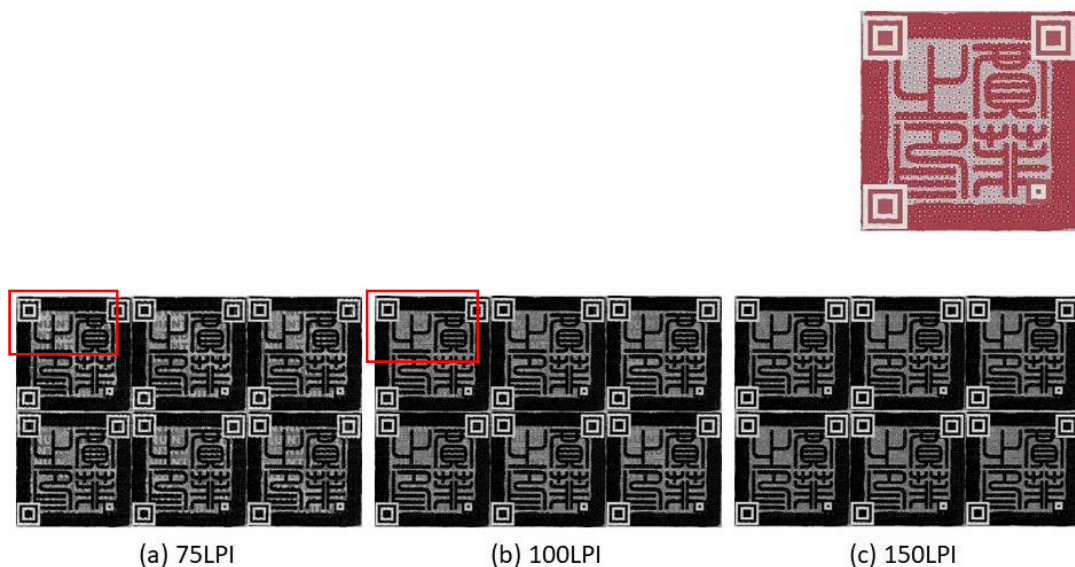


圖 4-22 複印後數位解碼間隔取樣三種網線數之效果

(資料來源：研究者自行整理)

為了確認上述的數位解碼結果，複製品會再依據三種網線數，個別通過程式設計做更細部的取樣觀察，75 LPI 會間隔 16 px、取樣 16 張影像，尺寸為 150x150 px，加密浮水印 NTNU 依然存在於圖 4-23 (a)到(p)的影像中。100 LPI 間隔 12 px、取樣 12 張圖，尺寸為 200x200 px，從(a)到(l)的影像還是觀察到隱藏密碼的輪廓，如圖 4-24 (h)與(i)中用橘色箭頭指出的地方。而 150 LPI 則間隔 8 px、取樣 8 張圖，尺寸為 300 x 300 px，據圖 4-25 (a)到(h)的影像所示，影像中未解出浮水印，達到複印原稿後，影像如一般圖。

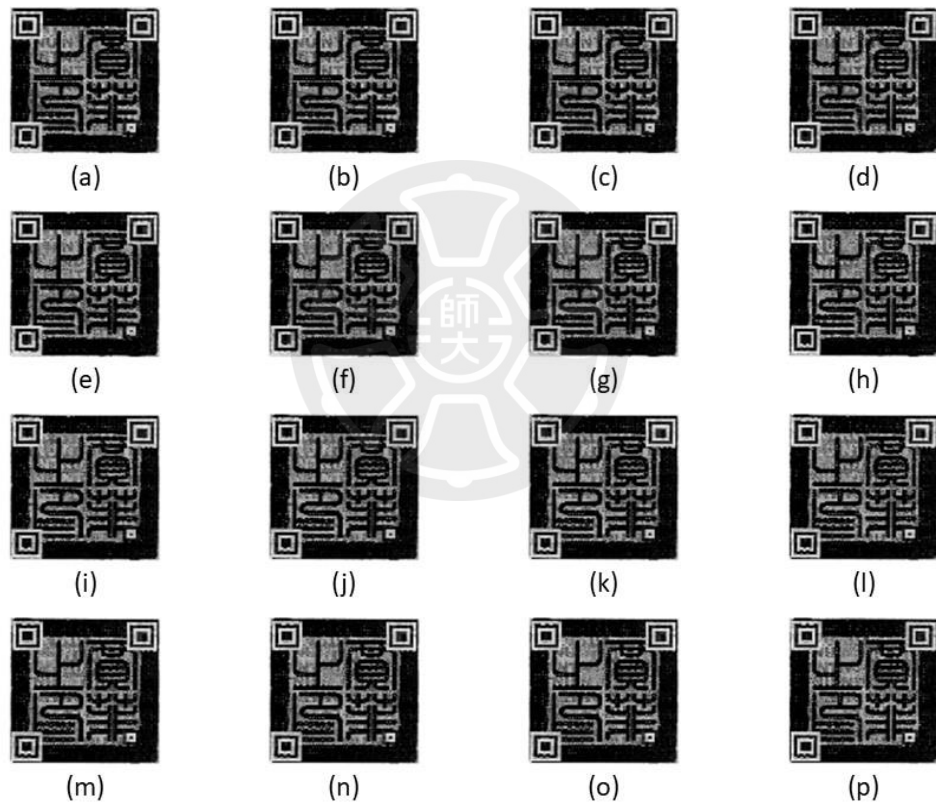


圖 4-23 1200 DPI 高解析度掃描複印 75 LPI 私章之解碼 M 版效果圖

(資料來源：研究者自行整理)

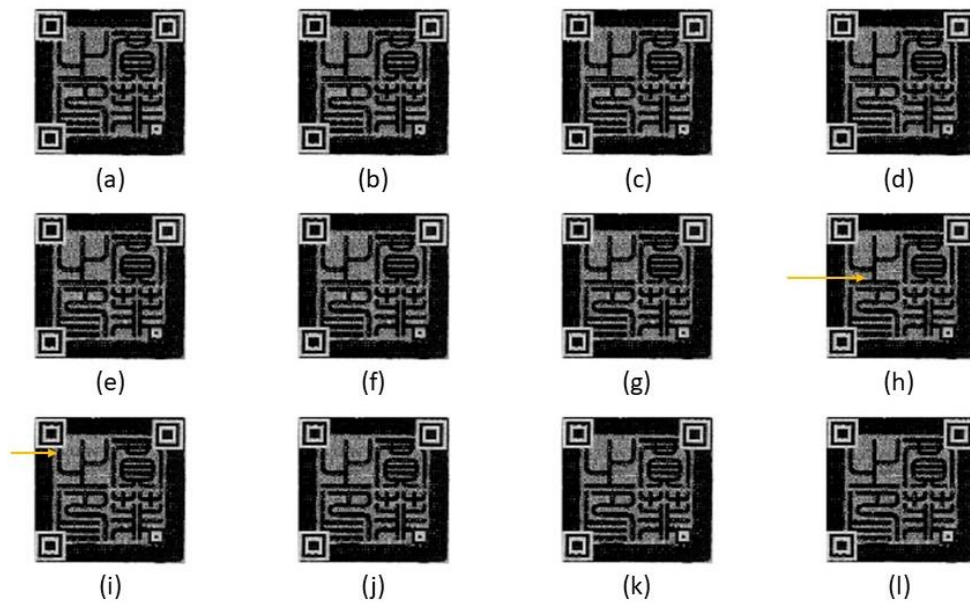


圖 4-24 1200 DPI 高解析度掃描複印 100 LPI 私章之解碼 M 版效果圖

(資料來源：研究者自行整理)

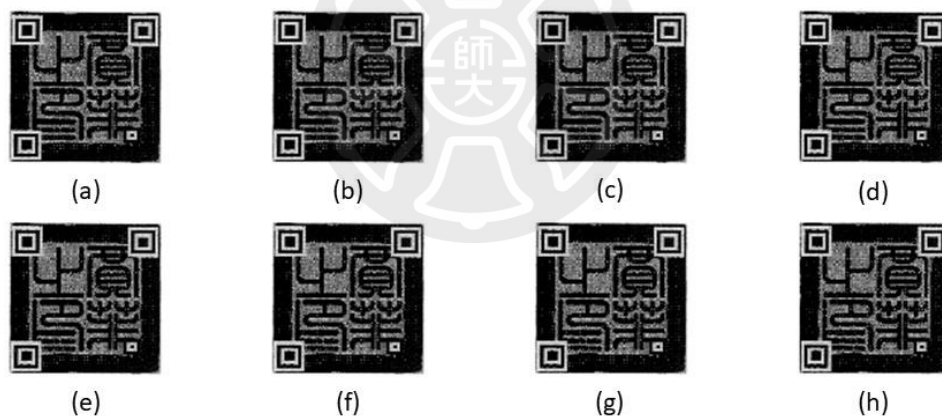


圖 4-25 1200 DPI 高解析度掃描複印 150 LPI 私章之解碼 M 版效果圖

(資料來源：研究者自行整理)

最後是驗證原稿和複製品，首先是確認調整後的印章 QR Code，手機直接讀取 QR Code (輸出/複印) 後都可連預設網站，再用光柵解碼器逐一查驗原稿中的浮水印解碼效果。如同上述的數位解碼和高解析度掃描後解碼的結果，原本印面無法解出浮水印 NTNU，經使用新 CMYK 數值(C=21；M=22；Y=16；K=0)後已可解出，解碼範圍更廣符合防偽機制，然而在光柵解碼中，印章邊緣看似沒解出

浮水印，實際上是受到紅顏色的影響，使得文字和印章邊緣色相疊在一起，但數位解碼，如圖 4-18，三種網線數均解出整版加密訊息。最後是查驗複製品的圖像化 QR Code 是否還有浮水印的加密痕跡，75 LPI 和 100 LPI 都還有殘留字跡，150 LPI 的影像如一般圖，如圖 4-26 的(f)影像；光柵解碼結果都跟輸出前的數位解碼，及輸出後用高解析度掃描並解碼的結果一致。

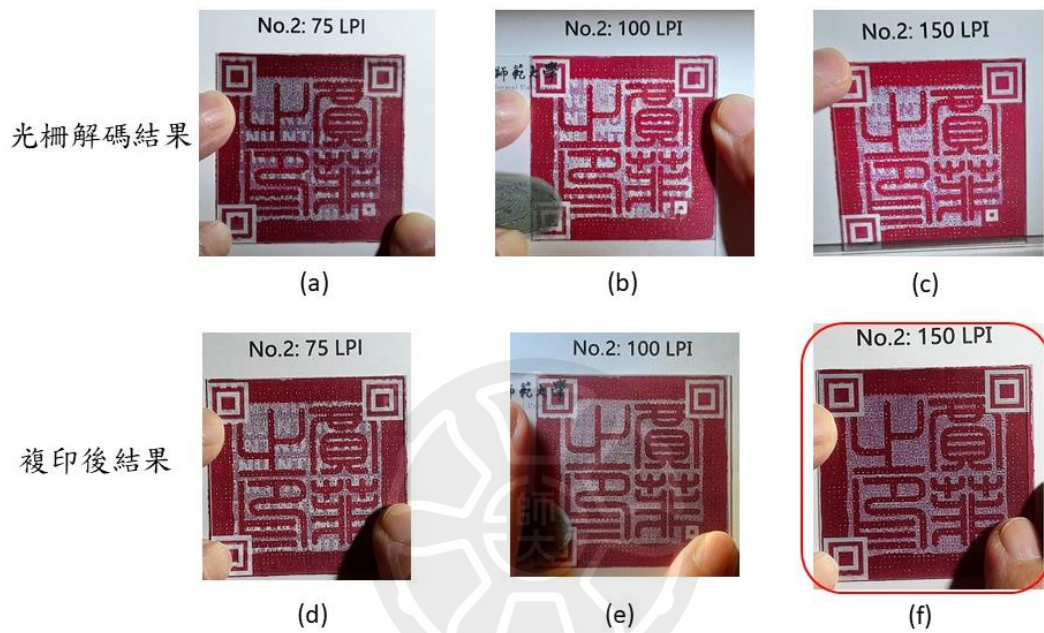


圖 4-26 新影像之輸出(a)至(c)和複印(d)至(f)影像

(資料來源：研究者自行整理)

第五章 研究結論與建議

本研究旨在找出最適合用於輸出影像檔的加密浮水印的參數，因此影像於輸出前後的四個色版的顏色變化不在本研究範圍裡。研究結果證實，印章 QR Code 結合浮水印的加密技術，高網線數成功藏密訊息於影像中，目視原稿無法觀察其中的訊息，惟光柵能查看隱藏密碼；複印原稿破壞原加密結構，使複製品如一般影像。

在實驗過程中，加密浮水印依據光柵的特性設計，藏入三張影像中的 M 版；灰顏色背景與高網線數有助加解密訊息區別原稿和複製品。然而以私章模擬關防章，受背景亮度干擾，光柵無法整版解碼訊息，辨析原解碼最好的影像背景色再重製新印章 QR Code，成功增強隱藏訊息的特徵。原稿和複製品經高解析度掃描並解碼，解碼結果和實際輸出後的光柵解碼一致，成功賦予印章 QR Code 防偽功能。本章將分兩節統整研究結論及研究建議。

第一節 研究結論

- 一、本研究發展之印章 QR Code 結合浮水印之方法，成功在 M 版進行加密訊息，通過光柵解碼器於輸出影像中解出浮水印，其中以 150 LPI 的加、解密效果最適合作為加強防偽功能；原稿以光柵解出浮水印作驗證，複製品無法被光柵解出原隱藏於影像中的訊息。
- 二、在實驗過程中發現，實際應用印章 QR Code 的數位檔，光柵板在輸出原稿上只能解出分布於印章邊緣的浮水印，研判印章圖像的背景色干擾浮水印的特徵；探究加、解密較好的影像背景色找出最適合的四色參數，再重製整合印章 QR Code 與浮水印的數位檔，進而改善加密訊息分布的偵測效果。

第二節 研究建議

本研究結果將提供後續的研究方向：

- 一、由於印章 QR Code 結合浮水印的網線數還有探討的空間，未來可研究高於 150 LPI 的網線數，以提出不同的藏密效果。
- 二、由於本研究只使用一般坊間可找到的影印機輸出圖像化 QR Code，後續可利用不同的輸出設備探討那一種機器最適用於提升影像品質。



參考文獻

一、外文文獻

- Dikanev, P., & Vybornova, Y. (2021). Method for Protection of PDF Documents against Counterfeiting Using Semi-Fragile Watermarking. *2021 International Conference on Information Technology and Nanotechnology (ITNT)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/ITNT52450.2021.9649063>
- Garateguy, et al. (2014). QR Images:Optimized Image Embedding in QR Codes. *IEEE Transactions on Image Processing*, 23(7), 2842-2853.
- Lin, S. S., Hu, M. C., Lee, C. H., & Lee, T. Y. (2015). Efficient QR Code beautification with high quality visual content. *IEEE Transactions on Multimedia*, 17(9), 1515-1524.
- Liu, S. (2019). United State Patent No. 10,347,025. Washington, DC: U.S. *Patent and Trademark Office*.
- Obama, B. (2020). *Une Terre Promise*. France: Librairie Artheme Fayard.

二、中文文獻

- 王北岳.(1986). *篆刻藝術* (四版). 漢光文化事業股份有限公司.
- 何仁竣(2019)。結合圖像化二維條碼與結構藏密之自我驗證(碩士論文)。國立臺灣師範大學圖文傳播學系。
- 林煜庭(1998)。適性指標：多媒體學習中一種基於視覺認知理論的引導方式(碩士論文)。國立交通大學理學院碩士在職專班網路學習學程。
- 連啟明(2005)。運用於個人化郵票之圖像加密研究(碩士論文)。國立臺灣師範大學圖文傳播學系。
- 陳冠妤(2016)。流水號浮水印鑲入個人化郵票自我驗證防偽功能之研究(碩士論文)。國立臺灣師範大學圖文傳播學系。

黃睿騰(2011)。個性化浮水印嵌入個人化郵票之合成技術(碩士論文)。國立臺灣師範大學圖文傳播學系。

賈菲(2021)。圖像化二維條碼結合於印章應用之研究(碩士論文)。國立臺灣師範大學圖文傳播學系。

蕭琇雲(2009)。背景、面積與空間特性對色外貌之影響效應(碩士論文)。國立臺灣藝術大學圖文傳播藝術學系。

戴孟宗.(2019). *現代色彩學：色彩理論、感知與應用* (四版). 全華圖書.

三、網路文獻

Decoded Stamp Images (Click for Larger Image). (n.d.). U.S. Stamps with Hidden Images. <https://sites.google.com/site/stamphiddenimages/Home/stamp-images>

ISO/IEC 18004 (2015, February 1). *Information Technology — Automatic Identification and Data Capture Techniques — QR Code Bar Code Symbology Specification*. ISO copyright Office.

QR Code Generator. (n.d.). QR Code Generator. <https://www.the-qr-code-generator.com/>

QuickMark. (n.d.). QuickMark. <http://www.quickmark.com.tw>

中華郵政. (n.d.). <https://www.post.gov.tw/post/internet/index.jsp>

改變世界的發明！QR Code 的靈感竟然來自……. (2019, May 28). 自由時報. <https://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/2804870>

封泥. (n.d.). 百科知識. <https://www.easyatm.com.tw/wiki/封泥>

財政部電子發票整合服務平台. (n.d.). <https://www.einvoice.nat.gov.tw/>

國璽. (n.d.). 總統府. <https://www.president.gov.tw/Page/99>

臺灣師範大學(2019)。專利編號 I671683。臺北市：經濟部智慧財產局