元 智 大 學

資訊傳播學系

碩士論文

視覺化巢狀QR Code  
  
Visual Nested QR Code

研 究 生 ：蕭健治

指導教授：鄧進宏

王任瓚

中 華 民 國一一一 年 七 月

**視覺化巢狀QR Code**

**Visual Nested QR Code**

研 究 生 ： 蕭健治 Student： Jian-Jhin Siao

指 導 教 授 ： 鄧進宏 Advisor： Chin-Hung Teng

指 導 教 授 ： 王任瓚 Advisor： Ran-Zan Wang

元 智 大 學

資 訊 工 程 學 系(所)

碩 士 論 文

A Thesis

Submitted to Department of Information Communication

Yuan Ze University

In Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Science

in

Information Communication

July 2022

Chung-Li, Taoyuan, Taiwan, Republic of China.

中華民國 一一一 年 七 月

**視覺巢狀QR Code**

**Visual Nested QR Code**

研究生： 蕭健治 指導教授： 鄧進宏

王任瓚

元智大學資訊傳播學系(所)

# 摘要

本論文提出一個具彩色圖案背景的巢狀QR code，稱之為視覺化巢狀QR code。一個巢狀QR code將兩個QR codes共同編碼在一個正方形區域中，分別為外層QR code及內層QR Code，可分別承載獨立的QR code字串訊息，提高在一個正方形QR code區域的資訊承載量，及用QR code來開發具創意應用的潛力。然而外層QR code及內層QR Code都是由黑色與白色模組區塊所組成，無法直接提供觀看者QR code有用的訊息。本論文研究視覺化巢狀 QR code技術，將主題圖像融入巢狀QR code中，提高巢狀QR Code的介面友善性，讓觀看者可以從QR code表面直接看出其主題。

所提方法設計(1)內層QR code與外層Code都具彩色背景圖之視覺化巢狀QR code。(2)僅外層具彩色圖案背景QR Code之視覺化巢狀QR code，及(3)僅內層QR Code具彩色圖案背景的視覺化巢狀QR code實驗過程對QR code讀取穩定度與背景圖清晰度做測試，使一般QR code應用程式都能夠成功解碼外層QR code與內層QR code訊息的條件下，背景圖中的圖案可以讓人眼識別出。使用者的回饋顯示，所提視覺化巢狀QR code可以提供比黑白模組的巢狀QR code更具吸引力的非接觸式資訊傳遞介面。

關鍵字： QR code、巢狀QR code、視覺化QR code、雙層QR code。

# Abstract

This paper proposes a nested QR code with an image background, which is called the visual nested QR code. A nested QR code encodes two QR codes, namely the outer QR code and the inner QR Code, in a square area to carry two independent QR code strings. It increases the quantity of information carrying in a square QR code area as well as the potential of using QR codes to develop creative applications. However, both the outer QR code and the inner QR code are composed of black and white modules, which cannot provide the viewer directly with useful information about the QR code. This thesis studies the visual nested QR code technology, it integrates the theme image into the nested QR code that can be seen by the viewers, and improves the friendliness of the nested QR code.

The proposed method designs (1) a visual nested QR code with image background for the outer code and the inner QR code,(2) a visual nested QR code of an inner QR code with an image background, , and (3) a visual nested QR code of an outer QR code with an image background. Experiments for the reading stability of the QR code were tested and the visual quality of the background image. The background image is designed under the condition that the messages of the outer QR code and the inner QR code can be decoded by typical QR code readers. The users‘ feedback shows that the proposed visual nested QR code can provide a more attractive contactless information transfer interface than the nested QR code with black-and-white modules.

Keyword: QR code, nested QR code, visual QR code, two-layer QR code.

# 目錄

[摘要 i](#_Toc108611719)

[Abstract ii](#_Toc108611720)

[目錄 iii](#_Toc108611721)

[圖目錄 v](#_Toc108611722)

[表目錄 vii](#_Toc108611723)

[第一章 序論 1](#_Toc108611724)

[1.1 研究背景 1](#_Toc108611725)

[1.2 論文目標 2](#_Toc108611726)

[1.3 論文架構 2](#_Toc108611727)

[第二章 相關技術介紹 3](#_Toc108611728)

[2.1 QR Code技術 3](#_Toc108611729)

[2.2 QR Code的容錯能力 4](#_Toc108611730)

[2.3 QR Code外觀 4](#_Toc108611731)

[2.4 QR Code的解碼方式 6](#_Toc108611732)

[2.5 QR Code二值化 7](#_Toc108611733)

[2.6 視覺化QR Code的相關研究 8](#_Toc108611734)

[2.7 多訊息QR Code的相關研究 10](#_Toc108611735)

[第三章 研究方法 11](#_Toc108611736)

[3.1 The Nested QR Code介紹 12](#_Toc108611737)

[3.2 所提方法流程 13](#_Toc108611738)

[3.3 The Nested QR Code圖像化模組繪製程序 14](#_Toc108611739)

[3.3.1 調整輸入圖像大小 14](#_Toc108611740)

[3.2.2 QRout功能模組半透明化 16](#_Toc108611741)

[3.2.3資料模組的中央位置顏色進行合成運算 17](#_Toc108611742)

[3.2.5 BGin的資料模組與BGin的功能模組處理 19](#_Toc108611743)

[3.3 演算法 20](#_Toc108611744)

[第四章 實驗結果 21](#_Toc108611745)

[4.1實驗環境 21](#_Toc108611746)

[4.2 視覺化巢狀QR Code的實作流程 22](#_Toc108611747)

[4.3 QRouto與QRino參數選擇 22](#_Toc108611748)

[4.4實驗結果 27](#_Toc108611749)

[4.4.1 雙層QR Code都具彩色背景圖之視覺化巢狀QR code實驗結果 27](#_Toc108611750)

[4.4.2 具彩色圖案背景的外層QR code視覺化巢狀QR code實驗結果 31](#_Toc108611751)

[4.4.3 具彩色圖案背景內層QR Code視覺化巢狀QR Code實驗結果 34](#_Toc108611752)

[4.4.4 視覺化巢狀QR Code背景圖清晰度 35](#_Toc108611753)

[第五章 結論與展望 44](#_Toc108611754)

[參考文獻 45](#_Toc108611755)

# 圖目錄

[圖 1 條碼與QR Code範例 1](#_Toc109633285)

[圖 2 QR Code版本1與版本40的外觀比較 4](#_Toc109633286)

[圖 3 標準QR Code結構圖 6](#_Toc109633287)

[圖4 判斷QR Code模組值的中心區域 7](#_Toc109633288)

[圖 5 改變QR Code資料模組範例 9](#_Toc109633289)

[圖 6 利用更改資料模組的視覺化QR Code範例 9](#_Toc109633290)

[圖 7 The Nested QR Code的範例 12](#_Toc109633291)

[圖 8 本論文所提方法流程 14](#_Toc109633292)

[圖 9 調整QRout的輸入圖像大小 15](#_Toc109633293)

[圖 10 調整QRin的輸入圖像大小 15](#_Toc109633294)

[圖 11 調整QRin的功能模組的*α*值 16](#_Toc109633295)

[圖 12 調整QRin的功能模組的α值 18](#_Toc109633296)

[圖 13 *QRino*或*QRino*比例漸層 18](#_Toc109633297)

[圖 14 BGin圖例 20](#_Toc109633298)

[圖 15 本論文實驗結果 M=18,C=Q, *QRouto*=100%,*QRino*=80% 23](#_Toc109633299)

[圖 16 本論文實驗結果 M=18,C=Q 24](#_Toc109633300)

[圖 17 本論文實驗結果 M=18,C=Q 25](#_Toc109633301)

[圖 18 成功掃描畫面 26](#_Toc109633302)

[圖 19 掃描失敗畫面 26](#_Toc109633303)

[圖 20 第一組內外雙層都具有彩色QR Code的視覺化巢狀QR Code實驗結果*QRouto* = 60,*M*=18,*C*=H, 進行*QRouto*參數變更 29](#_Toc109633304)

[圖 21 第一組內外雙層都具有彩色QR Code的視覺化巢狀QR Code實驗結果*QRouto* = 80,*M*=18,*C*=H, 進行*QRouto*參數變更 29](#_Toc109633305)

[圖 22 第一組內外雙層都具有彩色QR Code的視覺化巢狀QR Code實驗結果*QRouto* = 100,*M*=18,*C*=H, 進行*QRouto*參數變更 29](#_Toc109633306)

[圖 23 第二組內外雙層都具有彩色QR Code的視覺化巢狀QR Code實驗結果*QRouto* = 60,*M*=18,*C*=H, 進行*QRouto*參數變更 30](#_Toc109633307)

[圖 24 第二組內外雙層都具有彩色QR Code的視覺化巢狀QR Code實驗結果*QRouto* = 80,*M*=18,*C*=H, 進行*QRouto*參數變更 30](#_Toc109633308)

[圖 25 第二組內外雙層都具有彩色QR Code的視覺化巢狀QR Code實驗結果*QRouto* = 100,*M*=18,*C*=H, 進行*QRouto*參數變更 30](#_Toc109633309)

[圖 26 第二組內外雙層都具有彩色QR Code的視覺化巢狀QR Code實驗結果*QRouto* = 60,*M*=18,*C*=H, 進行*QRouto*參數變更 31](#_Toc109633310)

[圖 27 第二組內外雙層都具有彩色QR Code的視覺化巢狀QR Code實驗結果*QRouto* = 80,*M*=18,*C*=H, 進行*QRouto*參數變更 31](#_Toc109633311)

[圖 28 第二組內外雙層都具有彩色QR Code的視覺化巢狀QR Code實驗結果*QRouto* = 100,*M*=18,*C*=H, 進行*QRouto*參數變更 31](#_Toc109633312)

[圖 29 第一組僅外層具彩色圖案背景的視覺化巢狀QR code，QRouto參數變更 33](#_Toc109633313)

[圖 30 第二組僅外層具彩色圖案背景的視覺化巢狀QR code，QRouto參數變更 33](#_Toc109633314)

[圖 31 第三組僅外層具彩色圖案背景的視覺化巢狀QR code，QRouto參數變更 33](#_Toc109633315)

[圖 32 僅內層具彩色圖案背景的視覺化巢狀QR code，*QRouto*參數變更 34](#_Toc109633316)

[圖 33 僅內層具彩色圖案背景的視覺化巢狀QR code，*QRouto*參數變更 35](#_Toc109633317)

[圖 34 僅內層具彩色圖案背景的視覺化巢狀QR code，*QRouto*參數變更 35](#_Toc109633318)

[圖 29 高強韌性雙層QR Code都具彩色背景的視覺化巢狀範例1 37](#_Toc109633319)

[圖 30 高強韌性雙層QR Code都具彩色背景的視覺化巢狀範例2 38](#_Toc109633320)

[圖 31 高強韌性雙層QR Code都具彩色背景的視覺化巢狀範例3 39](#_Toc109633321)

# 表目錄

[表 1 QR Code最大資料容量(40-L) 3](#_Toc109633394)

[4表 2 本論文所使用符號 11](#_Toc109633395)

[表 3 QRnested的模組設計 13](#_Toc109633396)

[表 4 模組顏色在漸層中保留比例圖形比對 19](#_Toc109633397)

[表 5 解碼設備資訊 22](#_Toc109633398)

[表 6 QRnested編碼的資訊 23](#_Toc109633399)

[表 7 雙背景視覺化巢狀QR Code的資料模組中心保留值解碼成功率 28](#_Toc109633400)

[表 8 外部單背景視覺化巢狀QR Code的各組資料模組中心保留值解碼成功率 32](#_Toc109633401)

[表 9 內部單背景視覺化巢狀QR Code的各組資料模組中心保留值解碼成功率 34](#_Toc109633402)

[表 10 第一組雙層QR Code都具彩色背景視覺化巢狀QR Code背景圖清晰感受 36](#_Toc109633403)

[表 11 第二組雙層QR Code都具彩色背景視覺化巢狀QR Code背景圖清晰感受 37](#_Toc109633404)

[表 12 第二組雙層QR Code都具彩色背景視覺化巢狀QR Code背景圖清晰感受 38](#_Toc109633405)

[表 13第一組外層QR Code具彩色背景視覺化巢狀QR Code背景圖清晰感受 40](#_Toc109633406)

[表 14第二組外層QR Code具彩色背景視覺化巢狀QR Code背景圖清晰感受 40](#_Toc109633407)

[表 15第三組外層QR Code具彩色背景視覺化巢狀QR Code背景圖清晰感受 41](#_Toc109633408)

[表 16第一組內層QR Code具彩色背景視覺化巢狀QR Code背景圖清晰感受 42](#_Toc109633409)

[表 17第二組內層QR Code具彩色背景視覺化巢狀QR Code背景圖清晰感受 42](#_Toc109633410)

[表 18第三組內層QR Code具彩色背景視覺化巢狀QR Code背景圖清晰感受 43](#_Toc109633411)

# 第一章 序論

## 1.1 研究背景

自1980年起，條碼(Barcode)[1]廣泛地運用在各種領域中，外觀是將寬度不同的多個黑條和空條，按照[編碼](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%BC%96%E7%A0%81" \o "編碼)排列規則的圖形識別碼，如圖 1(a)。條碼可以儲存關於物品的製造廠家、品名、出產日期等資訊，因而在商品上、[圖書](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%9B%BE%E4%B9%A6" \o "圖書)管理、郵寄管理等許多領域都有條形碼的蹤影存在。不過每個條碼的所能儲存的資料量僅為20個位元資料，限制了條碼可以儲存的內容，而無法更方便的被使用。

|  |  |
| --- | --- |
| 條碼- 維基百科，自由的百科全書 |  |
| (a) | (b) |

圖 1 條碼與QR Code範例

直至1994年，日本Denso Wave公司[2]為了拓展業務，同時管理倉儲的需求下，發明了QR Code[3](全名稱：Quick Response Code，快速反應條碼)，是一種非接觸式的，且由黑白方塊所組成的正方形二維碼，如圖1(b)，用作於公司內部貨物追蹤的識別圖形。正方形外觀的二維碼，擁有兩個象限的空間進行編碼，儲存的資料相較於條碼，能夠儲存更多的資料在QR Code中。同時，QR Code擁有以下幾種特性：大儲存空間、高容錯能力以及快速解碼等特性，而能夠應用在許多不同的場景下。例如：食物產銷履歷、隨處可見的廣告、行動支付以及在疫情下每日不可或缺的實名制簡訊QR Code。

QR Code具有糾錯失真的容錯能力，失真包括了QR Code遇上彎曲、圖片的髒污、破損以及任何造成QR Code外型的損傷，能根據設定不同的容錯等級，具有恢復7%~30%失真資料的能力。同時在擁有鏡頭及高算力的智慧型手機越來越普遍，伴隨著行動掃描應用程式隨處即是的背景下，更加的讓QR Code廣泛的被使用著。同時在2020年的疫情籠罩下，為了使各個場域能夠紀錄人的足跡，政府便因此大力推廣1922實聯制的方法。透過使用手機的QR Code閱讀器應用程式，讀取指定場域QR Code後，自動將儲存在內的文字發送至1922簡訊做為個人進出場域足跡的紀錄。如此一來，又更加速了QR Code在這個社會的應用度。

## 1.2 論文目標

本論文的QR Code目標是延伸The Nested QR Code[4]的設計，The Nested QR Code是為了在一個正方形區域圖形中，不僅包含兩個二維碼，同時確保兩者都易於閱讀。而視覺化巢狀 QR Code的目的則是在兩個QR Code都能被QR code閱讀器所讀取下，添加視覺圖案，使該圖案能夠乘載兩個標準字串，同時達成QR Code圖形的美化。

## 1.3 論文架構

本論文架構安排如下。第一章為研究背景與動機、相關研究和論文目標。第二章為相關技術介紹。第三章為研究方法與所提方法流程說明。第四章為實驗結果說明與討論。最後，第五章為結論與未來研究方向。

# 第二章 相關技術介紹

本章將介紹本研究相關的技術，分成七節。2.1節介紹QR Code技術，2.2節介紹QR Code的容錯能力，2.3節介紹QR Code的外觀，2.4節介紹QR Code的解碼方式，2.5介紹QR Code二值化，2.6介紹視覺化的相關研究，最後一節則是介紹多訊息QR Code的相關研究。

## 2.1 QR Code技術

在1994年，由日本Denso Wave公司所發明的QR Code，隨著所需的資料大小，共有四十個版本，版本越大則存儲資料量越大。編碼方式是分析所輸入的訊息來選擇最適當的編碼模式(Numeric、Alphanumeric、Byte、Kanji)，訊息會盡可能地以最少的位元字串編碼，該位元字串會被切分成長度為8位元的資料碼字，再利用Reed-Solomon[5]的演算方法生成糾錯碼，再將糾錯碼與資料編碼成二進制格式，依照順序編碼在QR Code上每個正方形的黑或白色模組(Module)中，並且每個模組都表示成一個位元(bit)的資料，黑色代表1，白色則代表0。為了能夠有效率的將資料編碼進QR Code中，QR Code標準[2]定義出四種標準編碼模式：(1)數字(numeric)(2)字母(alphanumeric)(3)二進位數(binary)及(4)漢字(Kanji)。在最大版本的QR Code中能夠承載的資料量如表 1所示。

表 1 QR Code最大資料容量(40-L)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 編碼模式 | 數字 | 字母 | 二進位數(8 bit) | 日語漢字或片假名 | 中文漢字 |
| 最大存儲資料量 | 7089 | 4296 | 2958 | 1817(Shift\_JIS) | 984(UTF-8)  1800(BIG5) |

QR Code總共有40個不同大小的版本，版本1與版本40的QR Code外觀如圖 2所示。QR Code模組量根據每個版本(v)，有不同的數量，意則版本越大則模組越多。則正方形QR Code大小為(17+4v)×(17+4v)個模組。因此，版本最小的版本1，模組數量為21×21，而最大的版本40則是177×177。儲存資料的數量也可以因版本增加數量而有增長。此外QR Code使用了Reed-Solomon Code進行糾錯碼編碼而擁有良好的容錯能力，在下一節中能夠得知，容錯力越高則所需要的資料容量則越多，而同時在一樣版本的QR Code中，儲存資料的資料模組則會越少。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| (a) | (b) |

圖 2 QR Code版本1與版本40的外觀比較

## 2.2 QR Code的容錯能力

利用Reed-Solomon方法進行編碼，使得QR Code擁有在遭受到可接受範圍的破壞面積時，仍可以重新將正確的資料放回毀損區域，還原原始資料，使正確解碼成功的機率上升。QR Code的容錯能力共有四個不同的容錯等級：L、Ｍ、Ｑ與Ｈ。各分別能夠擁有7%、15%、25%以及30%的容錯能力。容錯能力最高的為Ｈ，最多能還原30%的資料，但容錯能力越高則所需要的存儲的資料則越多，所需要的QR Code版本則越高。

## 2.3 QR Code外觀

QR code 的每個黑色或白色方格為一個模組(Module)，是QR code中的基本單位，同時也代表著一個位元，分別表示 1 與 0。隨著版本越大，所包含的模組越多，使QR code能夠存儲更多的資料。QR Code結構如圖 3所示，其模組整體可分為兩種類型，劃分為(1)功能模組（Function Pattern）以及(2)資料模組（Data Module），包含儲存的資料以及糾錯碼（Error Correction Code）兩種。

功能模組的功能，是為了讓QR Code閱讀器能夠校正傾斜、歪斜或是彎曲的QR Code恢復成正方形的圖形，並且快速且準確的識別QR code的外型與版本等等的資訊。QR Code的結構分別由定位標記(Finder Pattern)、校正標記(Alignment Pattern)、版本資訊(Version Pattern)、定時資訊(Timing Pattern)與靜態區域(Quiet Zone)以及格式資訊(Format Pattern)所組成。

(1) 定位標記（Finder Pattern）：最大的圖形特徵放在QR code圖形的左上、右上與左下三個角落的「回」字同心的正方體。功能用於協助QR code閱讀器能夠在360度的任一角度辨識QR code，其重要程度讓它在每個版本都一定會出現，若減少任何一個標記，便會使得QR code無法被正常的識別。

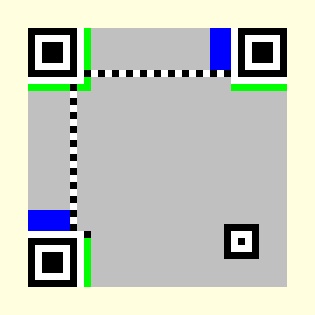
(2) 分隔標記（Separator）：每個定位標記旁各有一條由一個模組寬度所組成的。

(3)校正標記(Alignment Pattern)：除了版本1的QR code沒有校正標記，其餘版本皆有出現。呈棋盤般分布且比定位標記略小的「回」字同心的正方體則為其校正標記，外觀是由1個5×5黑色矩形，1個3×3白色矩形以及1×1黑色矩形組成，其功能於校正辨識。

(3)定時資訊（Timing Pattern）：作為單位刻度，在QR code上方兩個定位標記之間，與左邊兩個定位標記之間，各連接一條黑白相間的長條圖塊，用途在掃描變形的QR code時，協助校正回正確的QR code標準外型。

(4)靜態區域（Quiet Zone）：環繞整個QR code圖片外圍的白色區域，距離QR Code圖形四個或四個以上的模組以包圍著QR Code圖形，幫助功能模組快速被識別。

(5) 格式資訊(Format pattern)：記錄了為了解決連續大面積的黑或白色模組，導致干擾QR Code掃描效果的掩碼，與修復受到髒污以及磨損資料的糾錯碼的類型兩種數據。



Finder Pattern

Quite Zone

Separator

Timing Pattern

Alignment Pattern

Dark Module

Format Information

Version Information

Data and Error Correction Area

圖 3 標準QR Code結構圖

## 2.4 QR Code的解碼方式

解碼QR Code為編碼的逆向過程，是辨識一個QR Code符號，並且輸出QR Code內部儲存的資料過程。

目前大部分的QR Code閱讀器中，在解碼的過程首先對圖像內的QR Code預先做處理，例如進行圖像灰階化、灰度圖像進行二值化等處理。藉由預先的處理，可以使閱讀器能夠首先解決QR Code符號圖形表面上的失真，例如髒污、破損或陰影等問題。同時清楚的辨識出QR Code中，能夠校正傾斜或是角度問題的功能模組，進行定位與回正，以此增加QR Code解碼的強韌性。辨識QR Code符號後，根據QR Code的結構特徵確定位置，並且校正圖形與定位圖形建立採樣網格，每個網格的焦點都就是每個模組的中心點，根據設定的閾值確定該模組為黑色或白色，個別代表著1與0的資料，隨後解碼的位元組就是最後的結果。根據編碼規則對位元組進行操作得到原始的資料與糾錯碼，運用相對應的糾錯碼對於有失真錯誤的資料進行糾錯，重新組合資料組，便得到原始且正確的資訊。

判斷模組的黑與白屬性時，是通過定位到每個模組的中心，然後在其中為進行採樣檢測，計算採樣區的灰度值，判斷模組的屬性。雖然有許多外力因素會影響到該數值的計算，例如解析度、燈光覆蓋度而造成誤差。如圖4中，對於一個模組來說，中間的區域對於辨識的影響度，相對於其他周圍區域的影響來得更大。因此，判斷模組屬性至關重要的位置，就是每個模組的中心區域。

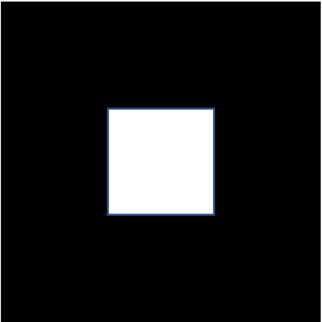


圖4判斷QR Code模組值的中心區域

## 2.5 QR Code二值化

進行二值化處理，是對於機器視覺非常重要的相關影像知識，常見的二值化的應用包含輪廓分析、輪廓特徵提取及物體測量等。而QR Code解碼的過程中，必須先行將圖像二值化處理，再進行模組中心與周圍的檢測取樣，辨識該模組的屬性，提高解碼的正確率。

在灰階圖片進行全域二值化(Global Binarization)，將會設定一個閾值(*T*)，將圖中的像素*G*以*T*值分類成黑與白，兩個顏色。像素點*G*(*i*, *j*)的值小於等於T值時，則二值化後的值B(*i*, *j*)為黑色0；像素點*G*(*i*, *j*)的值大於T值時，則二值化後的值B(*i*, *j*)為白色255。便能成功將顏色轉換成只有黑色與白色，兩個顏色而已。

(1)

最簡易的方式，就是將*Ｔ*值設定在0~255的中間值127，不用特別計算的缺點便是，因為沒有所輸入的整張圖灰階分佈狀況，使得Ｔ值設定得不精準，導致最後得出的二值化圖片效果較差。為了解決這樣的問題，有使用計算整張圖像灰階值的平均值作為Ｔ的方法，或是使用灰階值的分佈來繪製成將灰階值為Ｘ軸，並把灰階值的像素個數為Ｙ軸的直方圖，依據最多個數的灰階值來設定Ｔ。相關的演算法，例如有雙峰法(2-Mode method)與大津二值化法(Otsu's Threshold)進行顏色分割。雙峰法：在直方圖中尋找兩個最高的波鋒，在兩峰之間的坡谷便設定為T，以此達成二值化。大津二值化法則式通過遞迴演算法找出最佳的值，設為T。區域性二值化將圖像分割成數個小區塊，各個子區塊使用T來完成二值化處理。

## 2.6 視覺化QR Code的相關研究

視覺編碼QR Code時，往往受限於QR Code的編碼方式，而無法隨心所欲地使其呈現各種效果，但陸續有藝術家與學者們進行嘗試[6-8]，挑戰各種視覺編碼QR Code的方法，使QR Code的方法有很好的視覺效果與強韌性，取決於是否要更改QR Code資料模組的編碼方式，可分成兩種類型。

第一類方法，改變QR Code的資料模組。論文[9]提出的方法，在QR Code中尋找沒有用到，或是可以失真的部分，作為最佳位置，替換成圖像或標誌。因為若將圖像重疊在定位標誌或是校正標誌等功能性標誌上，會嚴重降低QR Code的辨識和解碼成功率。因此常見的圖案都會嵌入QR Code的中間區域，如圖5(a)。論文[10-12]所提出的方法，是變更Reed-Solomon的編碼，可以大程度的修改QR Code模組的編碼，因此在不降低容錯能力的狀態下，獲得更大的可修改模組區域面積。在QArt[11]方法，利用高斯消去法保證QR Code資料的正確性，在可美化的效果下，仍能達到QR Code的強韌性，如圖 5(b)所示。由於使用的方法是利用網址自動導正的功能，讓要造訪的網頁自動忽”#”字號後的無效數字。在論文[12]中，作者將沒有儲存資料的RS Code進行修改，再輸入的圖像嵌入QR Code中，且遵守RS Code的編碼規範。並使用模擬退火演算法作為衡量圖像特徵像素對於視覺的重要性，使得最後得出的視覺化效果更好。如圖5(c)，QR Code的版本需要更大來顯示完整的圖像。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| (a) | (b) | (c) |

圖 5 改變QR Code資料模組範例

第二類方法是不改變QR Code資料模組編碼，根據模組顏色修改對應像素的圖像亮度或顏色。例如調整QR Code的顏色如[6]的效果如圖6(a)達成美化的藝術效果。在論文[13]中，將圖像與QR Code的簡單融合，是根據像素的平均亮度與定義的閾值選擇要修改的像素，如圖 6(b)。而在論文[14]中，作者使用了半色調技術(Halftone Techniques)處理原始圖片後，選擇是否要修改或保留的像素後，並在模組中心的亮度值進行改良，讓圖片上更貼近人眼所見的圖片，結果如圖6(c)。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 桜の花びら |  |  |
| (a) | (b) | (c) |

圖 6 利用更改資料模組的視覺化QR Code範例

以上述的研究例子中，在QR Code的視覺化方法的研究，最主要的功能仍必須保持能夠被標準的QR Code閱讀器所解碼。當輸入圖像進QR Code時，有可能會造成模組被遮蔽或亮度改變，而造成閱讀器無法正確解碼。而第二個需要達到的功能則是，在QR Code的符號圖像內，美化QR Code的視覺，一方面不能簡單的替換QR Code的模組，而造成糾錯能力的功能喪失。一方面也要達成使用最少的失真效果，達成圖片佔有QR Code的最大面積，使圖片仍能保持原始的保真。

## 2.7 多訊息QR Code的相關研究

論文[15] 的Two-Level QR Code，提出一個結合多訊息以及加密技術QR Code的技術，用於私人訊息共享及文件認證應用上，所產出的QR Code擁有2種級別的訊息，分別為公開級別(public level)和私人級別(private level)。公開級別的訊息，可以使用任何一般市面上的QR Code閱讀器所掃描解碼，得到相對應的資料。私人級別的訊息則需要由指定的QR Code閱讀器才能解碼其中的資料內容。指定QR Code閱讀器能夠解碼私人級別的訊息，是因為該論文使用特定的紋理圖案來替換QR Code原有的黑色模組，藉由不同的黑色模組外型而可以產生私人級別的訊息資料。而一般的QR Code閱讀器，僅會將其視為黑色模組，所以只會得到公開級別的訊息資料。與論文[15]相同，將QR Code的白色則維持原樣，只改變黑色模組的外型，論文[16]提出了一種Dual Modulated QR Codes (DMQR Codes)的技術，目的讓使用者可以在公共場合安全地傳輸私人信息，而不會被外人所讀取。該論文會根據原始QR Code的數據來做調整。黑色模組調整成黑色橢圓點，使用不同的離心率影響橢圓點的形狀與大小，私人訊息是透過調整黑色橢圓點的方向來達成。首先要調整模組橢圓點應該朝哪些方向，不一樣的方向分別代表不同的資料M-ary。私人訊息只能在近距離被掃描成功，若超過指定的距離，QR Code閱讀器就會無法辨別出橢圓點的方向與大小，從該論文的實驗結果得知，相機拍攝該論文所提的DMQR Codes的距離，只要在15公分內，便可以成功掃描解碼，拍攝距離只要超過30公分就無法掃描解碼。

# 第三章 研究方法

本章節分為四個部分，詳細介紹所提方法的流程、架構和內容。3.1節介紹The Nested QR Code的製作流程，3.2節介紹所提方法流程，3.3節介紹所提的The Nested QR Code圖像化模組繪製程序。3.4節為敘述所提方法的演算法。

表 2 本論文所使用符號

|  |  |
| --- | --- |
| 符號 | 說明 |
| QRin | The Nested QR Code中內部較小的QR Code |
| QRout | The Nested QR Code中內部較大的QR Code |
| QRnested | 由QRin與QRout組成的The Nested QR Code |
| VQRnested | 合成後的視覺化的巢狀QR Code |
| MSGin | 編碼在QRin中的訊息 |
| MSGout | 編碼在QRout中的訊息 |
| BGin | 呈現在QRin上的背景圖片 |
| BGout | 呈現在QRout上的背景圖片 |
| C(x,y) | VQRnested中的像素索引 |
| QRino | QRin 資料模組設定為正確模組值的中心區域比例 |
| QRouto | QRout資料模組設定為正確模組值的中心區域比例 |
| QRsize | QRnested的模組尺寸 |

## 3.1 The Nested QR Code介紹

為了增加一個QR code能乘載的獨立字串，在論文[4]中，作者所提出的The Nested QR Code，是讓一張具有一個標準字串的QR code中，再嵌入另一個具有標準字串的QR code。其具有以下屬性：(1)通過稍微調整距離和角度來獲取兩個QR code圖像的標準字串，可以在相似的觀看距離下分別讀取兩個QR code ; (2) 兩個QR code不需要任何專用的解碼器材，可以被標準QR Code閱讀器讀取，； (3)採用軟體生成The Nested QR code，無需特殊加工製作。圖 7顯示一個The Nested QR Code的範例。



圖 7 The Nested QR Code的範例

The Nested QR Code製作步驟包含三個步驟：

(1) 輸入兩個文字字串，分別為MSGin與MSGout。設定QRin的每個模組Size為M×M像素，將MSGin標準編碼程式獲得QRin。再設定QRout的每個模組Size為3M×3M像素，將MSGout標準編碼程式獲得QRout。

(2) 評估QRin置放在QRout上的最佳位置。從QRout左上角開始，以每3M的移動距離，以掃描順序（由左至右，由上至下），計算QRout功能模組被改變最少的位置，將 QRin置放上去。在這個方法，QRin會旋轉四個角度，分別為0、90、180與270度，去計算損失的值。

(3) 模組調整，在The Nested QR Code論文中所提出的方法，QRnested 模組的大小是相同的，都等同於QRout模組的大小。設定一個 QRout 模組和其中心三分之一區域為QRin 模組，設計了兩種 QR Code模組的構造方法，以顯示 QRin 和 QRout不同的值，如表 3的模組設計所示。若QRout模組值與QRin模組值相同時，則模組不變。若QRout模組值=0，而QRin模組值=1時，則是將QRout中心三分之一處改變成黑色。若QRout模組值=1，而QRin模組值=0時，則是將QRout中心三分之一處改變成白色。

表 3 QRnested的模組設計

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| QRout模組值 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| QRin 模組值 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| QRnested 模組 |  |  |  |  |

## 3.2 所提方法流程

本論文所提之具彩色圖案背景的巢狀QR code分法製作流程如圖 8所示。輸入包括兩個要編碼進QR code的訊息MSGin與MSGout，與要呈現在QR code上的背景圖像BGin與BGout。首先會利用標準的QR code編碼演算法將MSGin編碼得到QRin，並將模組大小為M×M個像素；同時將MSGout編碼得到QRout，並將模組大小為3M×3M個像素。接著會利用The Nested QR Code計算QRin置放在QRout的最佳位置，將QRin置放在QRout內部中。我們設計一個利用圖像化模組繪製程序，將背景圖像BGin和QRin做合成運算，同時BGout與QRout做合成運算，得到具彩色圖案背景的巢狀QR code，VQRnested。VQRnested除保留QRin與QRout可被一般QR code應用程式解碼內容讀取，其表面所呈現的背景圖案可以讓使用者觀看，識別QR code的主題或相關資訊。

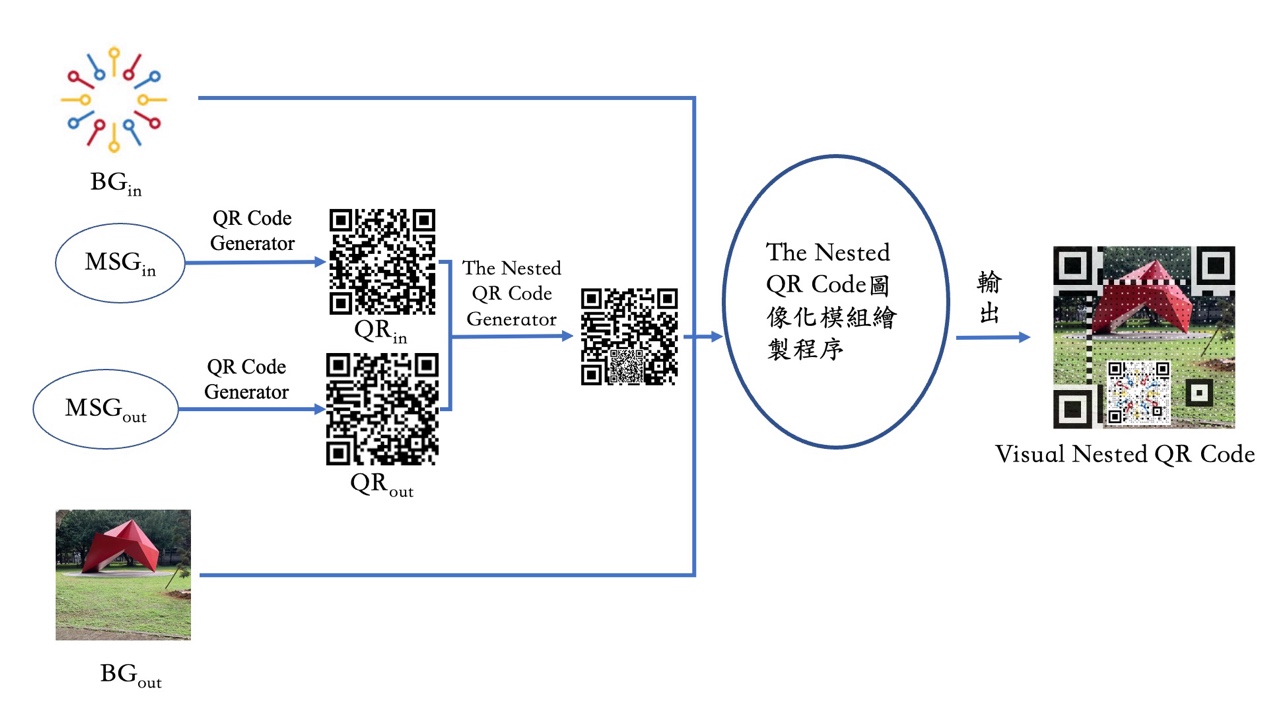


圖 8 本論文所提方法流程

## 3.3 The Nested QR Code圖像化模組繪製程序

為了將圖像與QR Code結合，同時也保證QR Code能夠成功被QR Code閱讀器掃描，首先必須先確保定位標記、校正標記與校正標記等的功能模組清晰，讓QR Code能夠被閱讀器所識別。然後就是資料模組，如同[4]相同概念，為了讓閱讀器能夠閱讀資料模組的資料，模組的正中央就是辨識QR Code模組屬性的重要區域。於是以下方法提出各種不同的模組，對每個模組的辨識屬性的方法做出相應的處理。

### 3.3.1 調整輸入圖像大小

為了將所輸入的兩個圖像能夠與The Nested QR Code中的兩個QR Code做融合，本論文方法是將與QRout融合的BGout以及QRin融合的BGin，將圖像的大小調整為相對應的QR Code大小。首先，從The Nested QR Code方法所得出的QRout，得知整個QR Code符號圖型兩個邊長大小為，而所輸入的如圖9(b)圖像BGout則直接將它變更成與圖9(a)一樣的大小。圖9(a)的QRout編碼內容是元智大學的官方網站(<https://www.yzu.edu.tw/index.php/tw/>)，版本為4，模組像素邊長為18×18 ，則QRout大小為594×594 。其中我們要預計呈現在QRout上代表元智大學的裝置藝術BGout，如圖9(b)，原始大小1786×1719 pixel，變更改整個圖片大小改為與QRout相同大小的612×612 pixel如圖 9(c)。而其中在The Nested QR Code的QRin的符號圖片兩個邊長大小為，則輸入的圖像BGin則直接將它變更成與QRin一樣的大小。圖10(a)的QRin中，編碼內容為元智大學資訊傳播系的官方網站（http://www.infocom.yzu.edu.tw/index.php/zh-tw/），版本為4，模組像素邊長為6×6 pixel，則QRin大小為210×210 pixel。其中我們要預計呈現在QRin上代表元智大學資傳系的Logo，如圖 10(b)的BGin，原始大小1786×1719 pixel，變更改整個圖片大小改為與QRout相同大小的612×612 pixel如圖10(c)。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| (a) QRout : 594×594 pixel | (b)BGout:1786×1719 pixel | (c) BGout:594×594 pixel |

圖 9 調整QRout的輸入圖像大小

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| (a) QRout : 198×198 pixel | (b)BGout:300×300 pixel | (c) BGout:198×198 pixel |

圖 10 調整QRin的輸入圖像大小

### 3.2.2 QRout功能模組半透明化

功能模組是閱讀器辨識QR Code外型的數個重要特徵，為了讓QR Code閱讀器快速且能識別出QR Code的外型，則需要將功能模組的外型特徵盡可能保留下來，為此目的，本論文提出更改QR Code功能模組顏色的透明度Alpha值參數，使用值調整QRout每個模組的每個像素模組的顏色。為了讓功能模組的特徵盡可能保留，於是將QRout(x, y)位置功能模組的白與黑，分別設定為與，製作半透明的效果所得每個像素為。如式子(2)所表示，將每個像素點進行半透明處理。如圖 11所示，當α＝0.5時，則功能模組更接近透明。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
|  |  |  |

圖 11 調整QRin的功能模組的*α*值

(2)

(3)

### 3.2.3資料模組的中央位置顏色進行合成運算

資料模組主要是乘載版本資訊、糾錯碼與資料等資訊。為了達到使BGout能夠更清楚的讓人眼識別，同時能讓QR Code閱讀器讀取，依照The Neste QR Code的結果所示，閱讀器會讀取每個模組的中央1/3處的平均顏色，判斷其資料模組資訊為黑或白，因此本論文方法便會更動QRout的資料模組中央1/3位置的顏色與QRin的資料模組，同時為了減少人眼對於圖像的失真影響，於是在1/3的模組中，將QRin的資料模組與BGout對應的像素顏色值進行合成運算，同時變更值，合成一個透明漸層的模組，漸層的數量L，是根據每個模組的大小而有不同，如式(2)所示，Ｌ數量會是QRnested的模組大小，即為QRsize的一半。例如圖12，若QRnested的模組大小為1818 pixel時，三分之一處的位置的大小則是66 pixel，根據式(4)得出，漸層的數量L則為3層。

QRin與QRout的資料模組設定為正確模組值的中心區域比例，也就是保留黑或白資訊的面積比例分別稱為*QRino*與*QRouto*，其與漸層會使用到的面積互為反比。如圖13所示，1/3模組長寬為66，*QRino*為80%時，並且α=0%的白色時，原始顏色的白色所佔的面積為4.84.8，其餘的1.21.2面積將平均分配依照式(2)所得的3層面積，作為漸層合成顏色處理空間。

在顏色漸層運算上，是依照式子(5)，表示每個Ｌ的對應背景圖的透明度進行計算。與上個例子所示，該模組共會有3層漸層。再減去*QRino*周邊漸層的距離是從外層到中央的距離，便更改為4層。而外層到中央需要從α=100%減至α=0%，我們預設最內層α＝0%，每一層階的α會減少約33.3%，分別為100%、66.6%與33.3%。公式可套用到各種不同的*QRsize*，最終結果如表 4所示。

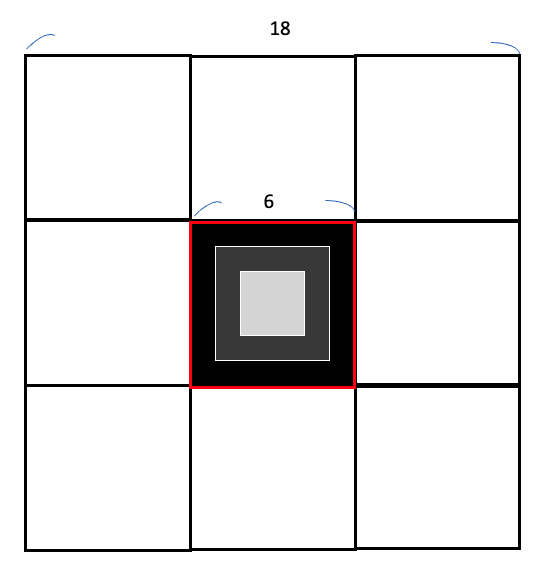


圖 12 調整QRin的功能模組的α值

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 1. *QRouto*或*QRino*＝80% | 1. *QRouto*或*QRino*＝60% |

圖 13 *QRino*或*QRino*比例漸層

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (4) |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (5) |
|  |  |  |

表 4 模組顏色在漸層中保留比例圖形比對

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 20% | 40% | 60% | 80% |
| 白色模組 |  |  |  |  |
| 黑色模組 |  |  |  |  |

### 3.2.4 BGin的資料模組與BGin的功能模組處理

QRin資料模組主要目的，是為了讓閱讀器不只讓QRin所編碼的MSGin被讀取，更重要的目的是為了讓QRout所編碼的MSGout也能夠順利解碼。我們主要的處理，是將功能模組不做任何的改變，目的是為了讓QRin更容易受到閱讀器辨識。倘若QRin與QRout的資料模組若不同時，將會與如表 3的方式一樣進行模組調整，且不進行任何顏色合成運算，讓閱讀器能夠更順利掃描到兩個所輸入的字串內容。

由於QRnested的模組1/3處大小等於QRin的模組大小，所以我們的QRin可以直接在QRin的模組使用顏色合成運算方法，讓除了功能模組以及QRin與QRout共用的資料模組外，進行漸層合成顏色處理。同樣使用式子(2)的方式得到每個模組的分層數Ｌ後，再使用式子(3)的方式進行顏色漸層運算，將指定的資料模組進行改動顏色。如圖 14所示，MSGin字串內容為元智大學資傳系官方網站(http://www.infocom.yzu.edu.tw/index.php/zh-tw/)，*QRino*為80%，QR Code版本為4，模組像素邊長為6×6 pixel的設定下，可以明顯地看到功能模組以及QRin與QRout不同的資料模組都非常清晰，且無任何變動，而其餘的資料模組則是保留了80%的正確模組值的中心區域比例，進行了漸層合成顏色處理。

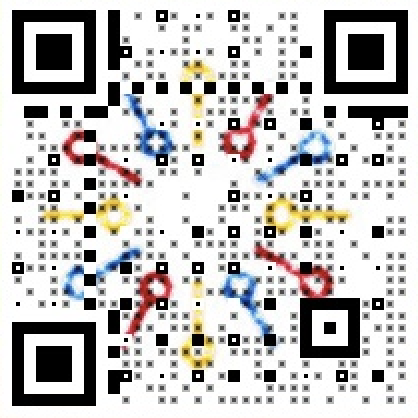


圖 14 BGin圖例

## 3.4 演算法

綜合上述小節所提到的方法步驟，本論文將視覺化巢狀 QR Code的演算法描述如下。

輸入： 兩張彩色有意義的圖像及兩個字串內容。

輸出： 一張視覺化的The Nested QR Code。

執行步驟：

步驟1： 產生兩個含有不同字串內容的QR Code。

步驟2： 產生一個The Nested QR Code。

步驟3 : 調整輸入的兩個圖像，根據所要融合的QR Code大小，變更其為相對的QR Code大小。

步驟4 將QRout的功能模組與對應的BGout 進行半透明化。

步驟5： 將QRout的功能模組，與BGout圖像做資料模組的1/3中央位置顏色進行合成運算

步驟6： 將BGin中間三分之一有不同的地方原封不動的留存。

步驟7： 保留BGin的功能模組顏色，增加辨識度。

步驟8： QRin的功能模組，與BGin圖像做資料模組的顏色進行合成運算

# 第四章 實驗結果

本章將描述本篇論文所提的視覺化巢狀QR Code的實驗與結果，首先會在4.1節中介紹本次實驗中所使用的設備與開發環境，接著在4.2節中介紹視覺化巢狀QR Code的實作流程， 4.3節中討論*QRouto*與*QRino*參數選擇，最後針對實驗獲得的結果進行討論。

## 4.1實驗環境

本實驗實作了編碼端程式，使用OpenCV函式庫、Nayuki QR Code Ｇ、Generator Project 以及C++程式語言所撰寫出產生可製作視覺化巢狀QR Code。解碼上，我們使用了三台不同規格的手機來擷取圖像，如表5。並且每支手機，進行10次掃描QR Code，得出能夠正確獲得QR Code內部資訊的正確率。本論文在實驗時設置容錯等級為 M，QRout模組大小為 18×18 pixel，在圖11中所展示的視覺化巢狀 QR Code的QRouto大小為 18×18 pixel，*QRouto*與*QRino*分別為 100% 和 80%。從實驗結果可以讓三台不同規格的手機，準確的獲取視覺化巢狀QR Code內的兩個資訊，本論文是主要有三種樣式可以讓使用者選擇，(1)內層QR code與外層Code都具彩色背景圖之視覺化巢狀QR code，(2)具彩色圖案背景的外層QR code之視覺化巢狀QR code，及(3)具彩色圖案背景的內層QR code視覺化巢狀QR code。只要輸入一或兩張 QR Code 和兩張主題圖像，利用設定的參數便可將其結合成具有視覺資訊的視覺化巢狀QR Code。本論文考量主題圖像與 QR Code 模組對應的像素區塊的模組保留比例，能將 QR Code 模組原本的顏色保留，盡可能讓原始圖像能夠最大化的呈現出來，讓兩個QR Code的視覺化效果更好。另外本論文實作程式，可以根據使用者的喜好來設置QRouto與QRino參數，達到讓QR Code更容易閱讀或是增加背景圖的清晰度。

表 5 解碼設備資訊

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| QR Code影像擷取設備 | 作業系統 | 相機解析度 |
| iPhone 11 | iOS15 | 1200萬 |
| iPhone SE2 | iOS 15 | 1200萬 |
| Galaxy A53 5G | Android 12 | 3200萬 |

## 4.2 視覺化巢狀QR Code的實作流程

使用者可以透過我們製作的程式製作視覺化巢狀QR Code，可客製化的讓使用者輕鬆製作出不同訊息的本論文所提的視覺化巢狀QR Code。第一步，輸入兩個文字訊息，以及調整QR Code的模組大小與糾錯模式，程式會自動識別文字訊息，進而尋找最適合的編碼模式與版本大小。第二步，輸入一至兩個有意義的圖像，並將圖片與指定的QR Code進行編碼。第三步，調整QR Code的*QRouto*與*QRino*的百分比，進而讓資料模組設定為正確模組值的中心區域成為所選擇的比例。第五步，輸入導出的文件名稱。

## 4.3 QRouto與QRino參數選擇

圖15中3個QR Code，包含了兩個不同意義的圖像，其模組大小均為18×18 pixels、容錯等級為Q、訊息內容分別為表6當中所編碼的文字資訊。此外，圖 15中3個QR Code，只有QRout包含了一個圖像，模組大小均為18×18 pixels、容錯等級為Q、訊息內容分別為表 6在圖 15中當中所編碼的文字資訊。最後是圖 16中3個QR Code，只有QRin包含了一個圖像，模組大小均為18×18 pixels、容錯等級為Q、訊息內容分別為圖，表6為圖 16中當中所編碼的文字資訊。

表 6 QRnested編碼的資訊

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | MSGout | MSGin |
| (a) | https://www.redbullracing.com/int-en | https://www.formula1.com |
| (b) | https://tour.tycg.gov.tw/zh-tw | https://www.tycg.gov.tw/ch/index.jsp?popflag=Y |
| (c) | https://www.yzu.edu.tw/index.php/tw/ | http://www.infocom.yzu.edu.tw/index.php/zh-tw/" |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| (a) | (b) |
|  |  |
| (c) |  |

圖 15 本論文實驗結果 M=18,C=Q, *QRouto*=100%,*QRino*=80%

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| (a) | (b) |
|  |  |
| (c) |  |

圖 16 本論文實驗結果 M=18,C=Q

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| (a) | (b) |
|  |  |
| (c) |  |

圖 17 本論文實驗結果 M=18,C=Q

使用者可以透過一般的QR Code閱讀器識別視覺化巢狀QR Code中的兩個文字內容，以iPhone為例，原始相機中包含了QR Code閱讀器，該應用程式可以準確且快速的掃描辨識QR Code的內容。首先，將相機對準QR Code等待應用程式解碼，如果識別成功，則會黃色四角方框，匡選著目前所關注的QR Code上，屏顯示其訊息內容，如圖 18(a)與圖 18(b)與所示。如果識別失敗或無法識別，則會顯示出黃色匡格，或不做反應，如圖 19(a)與圖 19 (b)所示。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| (a) | (b) |

圖 18 成功掃描畫面

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| (a) | (b) |

圖 19 掃描失敗畫面

## 4.4實驗結果

本章節將探討可識別QR Code的實驗結果，4.4.1節針對雙層QR Code都具彩色背景圖之視覺化巢狀QR code實驗結果進行探討。4.4.2節探討具彩色圖案背景的內層QR code視覺化巢狀QR code實驗結果。4.4.3節為具彩色圖案背景外層QR code視覺化巢狀QR code實驗結果，4.4.4節為探討本論文所提的視覺化巢狀QR Code對人眼偏好。

### **4.4.1 雙層QR Code都具彩色背景圖之視覺化巢狀QR code實驗結果**

由於*QRin*及*QRout*兩個QR Code個別乘載不同的資料，所以內外該顯示的資料也不相同。首先我們將先探討內層QR code與外層Code都具彩色背景圖之視覺化巢狀QR code，便是圖20到圖28三組視覺化巢狀QR Code，QRnested中的兩個文字編碼內容放置表6，*M*=18且*C*=H的QRino與QRouto進行60%、80%與100%，三個值作為變數參數，反覆掃描測試10次並記錄正確解碼情形，表 7代表圖 20至圖 28，共三組圖當中，*QRouto*與*QRino*分別使用60%、80%與100%的搭配，每組圖共有三種9種不同的視覺化巢狀QR Code圖形，資料模組正確模組值的中心區域比例解碼正確率。當*QRout*在資料模組中心保留值為80%以上時，可以增加兩個QR Code被讀取的機率，若*QRin*模組的中心保留值很大時，很容易造成閱讀器為了掃描兩個QR Code而導致跳動。直到*QRout*在資料模組中心保留值為100%，才會解決跳動的問題，能夠更準確的對準使用者想要掃描的QR Code。

由表 7中可得知，解碼器會因為模組的中心點顏色過淡而無法被準確的被解碼或辨識，也會因為模組中心點的顏色被大幅度的修改，而導致無法解碼出一般文字訊息。當*QRino*在高於80%時，就會有很高的解碼成功率，也隨之能夠增加*QRout*被正確辨識的機率。而在*QRouto*高於80%時，整個QRnested便能夠增加其中的辨識機率。由實際實驗也能獲得，在*QRino*與*QRouto*超過80%時，可以讓使用者更能夠專注於他們想要掃描QR Code內容的情形，同時也能增加使用者對於兩個QR Code的掃描成功的信心。

表 7 雙背景視覺化巢狀QR Code的資料模組中心保留值解碼成功率

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **資料模組中心保留值** | | **資料模組正確模組值的中心區域比例解碼正確率** | | | | | |
| **圖11** | | **圖13** | | **圖14** | |
| **QRouto** | **QRino** | **QRout** | **QRin** | **QRout** | **QRin** | **QRout** | **QRin** |
| **60%** | **60%** | 0% | 100% | 0% | 0% | 0% | 10% |
| **60%** | **80%** | 0% | 100% | 0% | 100% | 0% | 100% |
| **60%** | **100%** | 0% | 100% | 25% | 0% | 0% | 100% |
| **80%** | **60%** | 0% | 100% | 50% | 0% | 100% | 100% |
| **80%** | **80%** | 0% | 100% | 20% | 100% | 100% | 20% |
| **80%** | **100%** | 0% | 100% | 20% | 100% | 100% | 100% |
| **100%** | **60%** | 100% | 50% | 100% | 0% | 100% | 100% |
| **100%** | **80%** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| **100%** | **100%** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| (a)*QRino* = 60 | (b)*QRino* = 80 | (c)*QRino* = 100 |
| 圖 20 第一組內外雙層都具有彩色QR Code的視覺化巢狀QR Code實驗結果*QRouto* = 60,*M*=18,*C*=H, 進行*QRouto*參數變更 | | |
|  |  |  |
| (a)*QRino* = 60 | (b)*QRino* = 80 | (c)*QRino* = 100 |
| 圖 21 第一組內外雙層都具有彩色QR Code的視覺化巢狀QR Code實驗結果*QRouto* = 80,*M*=18,*C*=H, 進行*QRouto*參數變更 | | |
|  |  |  |
| (a)*QRino* = 60 | (b)*QRino* = 80 | (c)*QRino* = 100 |
| 圖 22 第一組內外雙層都具有彩色QR Code的視覺化巢狀QR Code實驗結果*QRouto* = 100,*M*=18,*C*=H, 進行*QRouto*參數變更 | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| (a)*QRouto* = 60 | (b)*QRouto* = 80 | (c) *QRouto* = 100 |
| 圖 23 第二組內外雙層都具有彩色QR Code的視覺化巢狀QR Code實驗結果*QRouto* = 60,*M*=18,*C*=H, 進行*QRouto*參數變更 | | |
|  |  |  |
| (a)*QRouto* = 60 | (b)*QRouto* = 80 | (c) *QRouto* = 100 |
| 圖 24 第二組內外雙層都具有彩色QR Code的視覺化巢狀QR Code實驗結果*QRouto* = 80,*M*=18,*C*=H, 進行*QRouto*參數變更 | | |
|  |  |  |
| (a)*QRouto* = 60 | (b)*QRouto* = 80 | (c) *QRouto* = 100 |
| 圖 25 第二組內外雙層都具有彩色QR Code的視覺化巢狀QR Code實驗結果*QRouto* = 100,*M*=18,*C*=H, 進行*QRouto*參數變更 | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| (a)*QRouto* = 60 | (b)*QRouto* = 80 | (c) *QRouto* = 100 |
| 圖 26 第二組內外雙層都具有彩色QR Code的視覺化巢狀QR Code實驗結果*QRouto* = 60,*M*=18,*C*=H, 進行*QRouto*參數變更 | | |
|  |  |  |
| (a)*QRouto* = 60 | (b)*QRouto* = 80 | (c) *QRouto* = 100 |
| 圖 27 第二組內外雙層都具有彩色QR Code的視覺化巢狀QR Code實驗結果*QRouto* = 80,*M*=18,*C*=H, 進行*QRouto*參數變更 | | |
|  |  |  |
| (a)*QRouto* = 60 | (b)*QRouto* = 80 | (c) *QRouto* = 100 |
| 圖 28 第二組內外雙層都具有彩色QR Code的視覺化巢狀QR Code實驗結果*QRouto* = 100,*M*=18,*C*=H, 進行*QRouto*參數變更 | | |

### **4.4.2外層具彩色圖案背景QR Code視覺化巢狀QR Code實驗結果**

另外，我們將探討具彩色圖案背景的內層QR code視覺化巢狀QR code。便是圖 29到圖 31三組視覺化巢狀QR Code，QRnested中的兩個文字編碼內容放置表6，M=18且C=H，QRout資料模組中心保留值進行60%、80%與100%，三個值作為變數參數，反覆掃描測試10次QRnested的資料並將表 8填入正確解碼情形。因為QRin不需要具有彩色圖案作為背景的原因，而QRin的模組皆為完整的黑與白色，使得閱讀器皆能夠完整的掃描到MSGin內容。於是我們將焦點聚焦在QRout的正確率上。從表中能夠得出，QRouto大於80%開始增加閱讀器能夠掃描得到MSGout的機率。並從實測得知，要掃到80%的QRnested需要比平時掃描的距離還要更遠至少10公分以上，才能勉強成功掃描到內容，並且實驗當下，我們發現掃瞄器時不時會有跳動的現象產生，從產生出的圖形可以得知，當閱讀器掃描到QRnested時，會因為模組的顏色濃淡，而增加或減少QRout的辨識度與解碼成功率。

表 8 外部單背景視覺化巢狀QR Code的各組資料模組中心保留值解碼成功率

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **資料模組中心保留值** | **資料模組正確模組值的中心區域比例解碼正確率** | | |
| **圖11** | **圖13** | **圖14** |
| **QRouto** | **QRout** | **QRout** | **QRout** |
| **60%** | 0% | 0% | 0% |
| **80%** | 50% | 50% | 100% |
| **100%** | 100% | 100% | 100% |

|  |
| --- |
|  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| 1. *QRouto*=60% | 1. *QRouto*=80% | 1. *QRouto*=100% |
| 圖 29 第一組僅外層具彩色圖案背景的視覺化巢狀QR code，QRouto參數變更 | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| 1. *QRouto*=60% | 1. *QRouto*=80% | 1. *QRouto*=100% |
| 圖 30 第二組僅外層具彩色圖案背景的視覺化巢狀QR code，QRouto參數變更 | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| 1. *QRouto*=60% | 1. *QRouto*=80% | 1. *QRouto*=100% |
| 圖 31 第三組僅外層具彩色圖案背景的視覺化巢狀QR code，QRouto參數變更 | | |

|  |
| --- |
|  |

### **4.4.3 具彩色圖案背景內層QR Code視覺化巢狀QR Code實驗結果**

最後，我們探討具彩色圖案背景的外層QR code之視覺化巢狀QR code。便是圖 32到圖 34三組視覺化巢狀QR Code，QRnested中的兩個文字編碼內容放置表 6，*M*=18且*C*=H，QRin資料模組中心保留值進行60%、80%與100%，三個值作為變數參數，反覆掃描測試10次QRout與QRin的資料並將表 11填入正確解碼情形。因為QRout不需要具有彩色圖案作為背景的原因，而QRin的模組皆為完整的黑與白色，並且我們的QRout的部分模組，也有與QRin共用。於是我們將焦點聚焦在MSGin與MSGout的正確率上。從表 9中能夠得出，當QRino在80%以上時，能夠非常順利的讓MSGin所解碼出來。

表 9 內部單背景視覺化巢狀QR Code的各組資料模組中心保留值解碼成功率

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **資料模組中心保留值** | **資料模組正確模組值的中心區域比例解碼正確率** | | | | | |
| **圖32** | | **圖33** | | **圖34** | |
| **QRino** | **QRout** | **QRin** | **QRout** | **QRin** | **QRout** | **QRin** |
| **60%** | 100% | 100% | 0% | 100% | 10% | 100% |
| **80%** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| **100%** | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
|  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| 1. *QRouto*=60% | 1. *QRouto*=80% | 1. *QRouto*=100% |

圖 32 僅內層具彩色圖案背景的視覺化巢狀QR code，*QRouto*參數變更

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| 1. *QRouto*=60% | 1. *QRouto*=80% | 1. *QRouto*=100% |

圖 33 僅內層具彩色圖案背景的視覺化巢狀QR code，*QRouto*參數變更

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| 1. *QRouto*=60% | 1. *QRouto*=80% | 1. *QRouto*=100% |

圖 34 僅內層具彩色圖案背景的視覺化巢狀QR code，*QRouto*參數變更

### **4.4.4 視覺化巢狀QR Code背景圖清晰度**

本小節將參考表 7、表 8與表 9所得的結論，將每組正確率總和平均達到75%以上，認定為可以順利讓QR Code閱讀器閱讀兩個QR Code的參數組，為高強韌性QR Code，並交予3位受測者受試背景圖清晰度。

首先，根據表 7我們能夠從中得到雙層QR Code都具彩色背景的視覺化巢狀QR Code，其於各組QR Code的資料模組設定為正確模組值的中心區域比例解碼成功率，獲得每組圖片*QRino*與*QRouto*的數值變化中，皆為能夠保持QR Code能夠被QR Code閱讀器成功掃描成功，如圖 35所示的第一組三張圖片，記錄三位受測者對於背景圖的清晰度，紀錄於表 10中，由實驗證明該組圖片讓受測者對於*QRouto* = 100，*QRino* = 60的參數，感受清晰度最高。相對於圖 35的背景更複雜的第二組圖片，僅有兩張符合高強韌性的雙層彩色背景的視覺化巢狀QR Code。依照受測者所記錄的表 11所獲得的實驗結果得知，受測者對於*QRouto* = 100, *QRino* = 80的參數，清晰度感受來得更高，也更證明了複雜的圖片對於*QRino*越高的參數，對於使用者來說會減少了清晰度的感受。第三組，為最後一組圖片為QRnested包含複雜的BGout與簡單的BGin的圖片，選出了五張圖片出來讓受測者選擇，並記錄於表 12上，所有受測者仍選擇了*QRouto* = 80, *QRino* = 60的圖片，認為這樣的參數清晰度更足夠。

從受測者實驗的記錄下，三組的雙層QR Code都具彩色背景視覺化巢狀QR Code背景圖清晰感受，所有受測者都一致的認為，*QRouto* 與*QRino*的數值越小，背景圖清晰感受則越強列。

表 10 第一組雙層QR Code都具彩色背景視覺化巢狀QR Code背景圖清晰感受

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 1. *M*=18,*C*=H, *QRouto* = 100,*QRino* = 60 | 1. *M*=18,*C*=H, *QRouto* = 100,*QRino* = 80 |
|  |  |
| 1. *M*=18,*C*=H, *QRouto*= 100, *QRino* = 100 |  |

圖 35 第一組高強韌性的雙層QR Code都具彩色背景的視覺化巢狀範例

表 11 第二組雙層QR Code都具彩色背景視覺化巢狀QR Code背景圖清晰感受

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 1. *M*=18,*C*=H, *QRouto* = 100, *QRino* = 80 | 1. *M*=18,*C*=H, *QRouto*= 100,*QRino* = 100 |

圖 36 高強韌性雙層QR Code都具彩色背景的視覺化巢狀範例2

表 12 第二組雙層QR Code都具彩色背景視覺化巢狀QR Code背景圖清晰感受

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 1. *M*=18,*C*=H, *QRouto* = 80, *QRino* = 60 | 1. *M*=18,*C*=H, *QRouto* = 80, *QRino* = 100 |
|  |  |
| 1. *M*=18,*C*=H, *QRouto* = 100, *QRino* =60 | 1. *M*=18,*C*=H, *QRouto* = 100, *QRino* = 80 |
|  |  |
| 1. *M*=18,*C*=H, *QRouto* = 100,*QRino* = 100 |  |

圖 37 高強韌性雙層QR Code都具彩色背景的視覺化巢狀範例3

第二個實驗由表 8可得知，當*QRouto*高於80%時，則為高強韌度的具彩色圖案背景的外層視覺化巢狀QR Code。於是我們將受測者檢視了*QRouto*=80%

以及*QRouto*=100%的參數，可參考圖 29至圖 31的(b)(c)兩圖，每組各兩個不同的參數，並記錄於表 13至表 15中。實驗結果與上述雙層QR Code都具彩色背景視覺化巢狀QR Code背景圖清晰感受一樣，受測者更加傾向選擇*QRouto*比例越低，認為這樣的參數將會更容易將BGin的圖片清晰度升高。

表 13第一組外層QR Code具彩色背景視覺化巢狀QR Code背景圖清晰感受

表 14第二組外層QR Code具彩色背景視覺化巢狀QR Code背景圖清晰感受

表 15第三組外層QR Code具彩色背景視覺化巢狀QR Code背景圖清晰感受

最後一個實驗由表 9可得知，當*QRino*高於80%時，則為高強韌度的具彩色圖案背景的內層視覺化巢狀QR Code，而且由正確率可得知，在*QRino*等於80%時，兩個QR Code都可以完整的被正確掃描出來。於是我們將受測者檢視了*QRouto*=80%以及*QRouto*=100%的兩個參數，可參考圖 32至圖 34的(b)(c)兩圖，每組各兩個不同的參數，並記錄於表16至表18中。實驗結果與上述雙層QR Code都具彩色背景視覺化巢狀QR Code背景圖，和內層QR Code具彩色背景視覺化巢狀QR Code背景圖和清晰感受一樣，受測者也是全數選擇*QRouto*為80%的參數，受測者一致認為這樣的參數，會讓BGout更沒有模組的阻擋，而對BGout感受有髒污或擋住的感受，進而認為圖片更佳的清晰。

表 16第一組內層QR Code具彩色背景視覺化巢狀QR Code背景圖清晰感受

表 17第二組內層QR Code具彩色背景視覺化巢狀QR Code背景圖清晰感受

表 18第三組內層QR Code具彩色背景視覺化巢狀QR Code背景圖清晰感受

# 第五章 結論與展望

本論文提出擁有兩個不同的彩色圖片與兩個訊息內容的視覺化巢狀QR Code。透過修改QR Code模組的顏色與彩色圖片的合成，達到人眼視覺不僅能夠辨識所輸入的彩色圖片且不影響一般QR Code閱讀器解碼。實現了一個QR Code擁有兩種不同資訊，擴充QR Code的儲存訊息容量，同時個別還能增加有意義的圖片讓使用者能夠客製化QR Code的彩色外觀。並且不用使用特殊的QR Code閱讀器就能完整被讀取。

視覺化巢狀QR Code使用在使用電子檔案呈現上，且能夠運用在各種領域上，如同展場的廣告上添加，普通的參與者可以透過QRnested可以放上展場的廣告圖，讓參與者掃描後得知展場活動、廠商等消息，而QRin可放上展場的Logo或主辦單位，讓策展者的資訊能夠給參與者掃描後，得到更廣泛的宣傳。或是在商品外層包裝上，消費者不僅能透過擁有產品圖片的QRnested進行掃描得知產品的相關資訊，甚至可以讓消費者掃描QRin得到該產品的生產履歷、故事、營養成分或是產銷公司等資訊應用。

# 參考文獻

[1] "BarCode." [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Barcode>.

[2] "Denso Wave " <https://www.denso-wave.com/en/technology/vol1.html> (accessed.

[3] "Information Technology—Automatic Identification and Data Capture Techniques—Bar Code Symbology QR Code, International Organization Standardization, Geneva, Switzerland, ISO/IEC 18004," 2006.

[4] G. J. Chou and R. Z. Wang, "The Nested QR Code," *IEEE Signal Processing Letters,* vol. 27, pp. 1230-1234, 2020.

[5] I. S. Reed and G. Solomon, "Polynomial codes over certain finite fields," *Journal of The Society For Industrial And Applied Mathematics,* vol. 8, no. 2, pp. 300-304, 1960.

[6] "LogoQnet." [Online]. Available: <https://logoq.net/logoq/index.php>.

[7] "Get QR Code Generator." [Online]. Available: <https://www.qr-code-generator.com/>.

[8] "qrhacker." [Online]. Available: <https://www.qrhacker.com/>.

[9] S. Ono, K. Morinaga, and S. Nakayama, "Two-dimensional barcode decoration based on real-coded genetic algorithm," in *2008 IEEE congress on evolutionary computation (IEEE World Congress on Computational Intelligence)*, 2008: IEEE, pp. 1068-1073.

[10] 藤田和謙, 栗林稔, and 森井昌克, "Expansion of image displayable area in design QR code and its applications," in *IEICE Conferences Archives*, 2011: The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers.

[11] "QArt Codes." [Online]. Available: <https://research.swtch.com/qart>.

[12] Y.-H. Lin, Y.-P. Chang, and J.-L. Wu, "Appearance-based QR code beautifier," *IEEE Transactions on Multimedia,* vol. 15, no. 8, pp. 2198-2207, 2013.

[13] Z. Baharav and R. Kakarala, "Visually significant QR codes: Image blending and statistical analysis," in *2013 IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME)*, 2013: IEEE, pp. 1-6.

[14] G. J. Garateguy, G. R. Arce, D. L. Lau, and O. P. Villarreal, "QR images: optimized image embedding in QR codes," *IEEE Transactions On Image Processing,* vol. 23, no. 7, pp. 2842-2853, 2014.

[15] I. Tkachenko, W. Puech, C. Destruel, O. Strauss, J.-M. Gaudin, and C. Guichard, "Two-level QR code for private message sharing and document authentication," *IEEE Transactions on Information Forensics and Security,* vol. 11, no. 3, pp. 571-583, 2015.

[16] I. Barron, H. J. Yeh, K. Dinesh, and G. Sharma, "Dual modulated QR codes for proximal privacy and security," *IEEE Transactions on Image Processing,* vol. 30, pp. 657-669, 2020.