

# 視覺化巢狀 QR code

## Visual Nested QR codes

蕭健治<sup>1</sup>      王任瓚<sup>2</sup>

元智大學 資訊傳播系

<sup>1</sup>Department of Information Communication, Yuan Ze University

元智大學 資訊工程學系

<sup>2</sup>Department of Information Community, Yuan Ze University

[\\*rzwang@saturn.yzu.edu.tw](mailto:rzwang@saturn.yzu.edu.tw)

### 摘要

QR code 在 1994 年由日本公司 Denso Wave 所發明，起初用在汽車零件工廠的生產追蹤管理。在 2010 年左右，智慧手機大量普及與相機成為其標準配備，使用手機掃描 QR code 變得容易與方便，QR code 被大量運用在商品廣告、產品履歷追蹤、資訊交換、電子支付等各種應用上，成為全世界使用最廣的二維條碼。近兩年在 Covid-19 疫情爆發後，QR code 的非接觸式資訊交換方式，能降低資料存取應用時人與外界的直接碰觸，為 QR code 開啟另一波應用的爆發成長。

一個標準 QR code 將一個字串資訊編碼在一個方形圖像區域，讓 QR code 應用程式來掃描讀取。Chou and Wang 在 2020 提出一個巢狀 QR code 技術，在一個方形區域中編碼兩個 QR code，一個包含整個正方形區域，另一個在內部一個小正方形區域。這個方法維持可讓一般標準 QR code 應用程式來讀取資訊，而可從不同的距離掃描外部 QR code 或內部 QR code 讀取個別字串內容。一個巢狀 QR code 在一個方形區域可編碼兩個相關但獨立的資訊，例如一個是學校的網站連結，另一個為學校介紹的視訊連結，提高 QR code 應用的整合性。本論文延伸巢狀 QR code 設計，在巢狀 QR code 上呈現視覺圖案，讓一般人可以直接由巢狀 QR code 外觀直接看到 QR code 的相關資訊，如 QR code 連結的學校代表圖案，提高巢狀 QR code 資訊介面的友善性。

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

### Abstract

QR code was invented by the Japanese company Denso Wave in 1994. It was initially used for automobile parts tracking and management during the assembly process. Around 2010, smartphones became popular and every smartphone has a digital camera, which promotes the usage of mobile phones to scan QR codes. It brings the QR code to be widely used in various applications such as commodity advertising, product tracking, information exchange, and digital payment. In this Covid-19 era, most people try to avoid direct contact in their daily life. The touchless information exchange method of QR codes can avoid people's contact to access data, which creates another wave of explosive growth of QR code applications.

A standard QR code encodes a text string in a square region, which can be read by any standard QR code applications. In 2020 Chou and Wang proposed a nested QR code technique that exhibits two QR codes in a square area, one encompassing the whole square region and the other containing a smaller inside square region. This method can be used in general QR code applications to scan the external QR code or internal QR code from different distances to read individual string content. A nested QR code can encode two related but independent information in a square area, for example, a school's website and a video link of the school's introduction, which improves the integration of QR code applications. This paper extends the design of the nested QR code to present visual patterns on the nested QR code, so that people can see the

relevant information of the QR codes directly. The proposed method endows user friendly interface to the nested QR code.

Keyword: QR Code, Nested QR Code, Visual QR Code, Two-layer QR Code.

## 1. 簡介

由日本 Denso Wave 公司於 1994 年所發明的 QR code[1]是一種二維條碼。它是目前世界上使用最廣的二維條碼。其擁有高資料容量、高容錯性、小尺寸且可由各個方向讀取等優點，於疫情後的商業應用上變得更加廣泛。一個標準 QR code 所儲存一個字串信息，可以使用任何 QR code 閱讀程式，如 iPhone 手機相機就內建讀取 QR code 功能，或是應用商城內可供免費下載的 QR code 掃描應用程式，讀取出內部資訊，用於自動發送簡訊、開啟網頁或是提供 wi-fi 密碼等功能。

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。QR code 有 1~40 共 40 個版本。QR code 的最小版本(版本 1) 有  $21 \times 21$  個模組，最大版本 40 有  $177 \times 177$  個模組，即邊長為  $17 + (4 \times V)$  個模組，V 為 QR code 的版本值。每提高一個版本，模組數量比前一版本每邊增加 4 個，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 1 所示，其模組整體可分為兩種類型，劃分為功能模組 (Function Pattern) 以及資料模組 (Data Module)。功能模組的功能，是為了讓 QR code 閱讀器能夠校正 QR code 的方向，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) 所組成。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，稱為定位標記 (Finder Pattern)，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，每個定位標記旁各有一條由一個模組寬度所組成的分隔標記 (Separator)。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，其功能於校正辨識，除了版本 1 的 QR code 沒有校正標記，其餘版本皆有出現，自版本 2 起建立在 QR code 右下方，校正標記的中心點位於左下和右上定位標記的外邊框的相交處，版本 10 開始在右下校正標記至左下和右上定位標記的外邊框的連線，每個等距出現、左上與左下定位標記的外邊框的連線以每個等距出現、左上與右上定位標記的外邊框的連線之間等距出現、這四邊線上等距點對邊相連線出現。用以讀取 QR Code 的版本資訊版本 7 以上的 QR Code 才會出現，位在右上定位標記左方  $6 \times 3$  圖形以及左下定位標記的上方  $3 \times 6$  圖形。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。環繞整個 QR code 圖片外圍的靜態區域 (Quiet Zone)，距離 QR code 圖形四個或四個以上模組以上包圍著圖形，幫助功能模組快速被識別。資料模組 (Data Module) 包含儲存的資料以及糾錯碼 (Error Correction) 兩種。QR code 儲存資料時有數字、字母數字、8 位字節、日文漢字/片假名、中文漢字等幾種編碼模式，不同的模式規則用不同數目的位元來表示一個字元，同時，QR code 兼有糾錯能力，是因為 QR code 利用 Reed-Solomon 演算法來對資料進行錯誤校正，提高 QR code 正確解碼的機率，即使 QR code 有小部分的汙損仍可正確地解碼。QR code 容錯能力分為 4 個等級 L、M、Q 與 H，分別最多可恢復大約為 7%、15%、25% 及 30% 的損壞。因此容錯能力最高的等級 H，最多可校正約 QR code 整體面積 30% 的錯誤。容錯等級越高的 QR code 所能儲存的資料就越少，因此需要更高版本的 QR code 儲存資訊，因此 QR code 所允許的最大資料容量也不盡相同。

由於 QR code 的特性，吸引許多基於 QR code 存取資訊的相關學術研究，包括研發高效能的 QR code 偵測與解碼技術[4, 5]，QR code 使用系統的安全機制[6, 7]，以及在 QR code 上呈現可視圖案的視覺化 QR code 技術[8-10]。一個標準 QR code 所原本能儲存的字串稱為標準字串。為了擴張一個 QR code 可乘載的資訊量，在論文[11]作者提出稱為 Two-Level QR code 的技術，可適用身份驗證或傳送私人消息。其分為公共訊息及私有訊息兩

種類型。其利用所嵌入黑色模組區塊替換成特定的紋理圖案，且使用的文體圖案模組平均顏色維持黑色，讓私有訊息的解碼需要具有特定的解密演算法，讀取指定的標準字串。而公共訊息則不受到影響，依然使能由任何 QR code 掃描應用程式所讀取一個標準字串。

在論文[12]的研究中，作者提出一種使用漢明碼(Hamming Code)結合三層資訊的 QR code。利用 Hamming Code 的特性和 QR code 的容錯機制保護秘密信息。透過數個訊息格式版本皆相同的 QR code 來進行。第一層是公共信息，可以由任何標準 QR 掃描程式解碼解碼一般的標準字串。第二層訊息是透過將這數個 QR code 的相同位置模組進行 XOR 運算後取得。第三層訊息是將這數個 QR code 相同位置模組集結成對應的矩陣，與加密者提供的漢明碼矩陣進行矩陣乘法運算後取得特殊的標準字串。

同樣為了增加一個 QR code 能乘載的獨立字串，在論文[3]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。其製作步驟有兩步，整理如下：(1) 設定兩個不同字串，分別為  $MSG_{in}$  與  $MSG_{out}$ ， $QR_{out}$  的模組 Size 為  $3M \times 3M$  像素大小； $QR_{in}$  的模組 Size 為  $M \times M$  像素大小，產出  $QR_{out}$  與  $QR_{in}$  兩個 QR Code。(2)評估兩個 QR code 的構圖位置，選擇  $QR_{in}$  覆蓋在  $QR_{out}$  上構圖的最佳位置。從  $QR_{out}$  左上角開始，使用分別為 0、90、180、270 度四個角度，以每 3M 移動距離在  $QR_{out}$  上計算，尋找能夠讓  $QR_{out}$  損失最少的位置與角度即為該  $QR_{in}$  重疊於  $QR_{out}$  的最佳位置。(2)調整  $QR_{in}$  的 QR code 的模組，為了讓  $QR_{out}$  能夠被讀取，受  $QR_{in}$  所覆蓋於  $QR_{out}$  的位置模組顏色不同時， $QR_{out}$  將會把該模組的中央 1/3 處，變成和  $QR_{in}$  相同的顏色，模組的其他區域則與  $QR_{out}$  相同，使得兩個 QR code 都能夠成功被讀取，隨後即可製作出 The Nested QR code，即為  $QR_{nested}$ 。

本論文設計方法在基於 The Nested QR code 與 QR Image 視覺化，製作出視覺化巢狀 QR code。除了將 QR code 把選定有意義的圖片合成美化，同時能夠使一般 QR code 閱讀器所讀取。本文其餘部分組織如下：第 2 節呈現所提方法；第 3 節為實驗結果與討論，最後一節為結論。

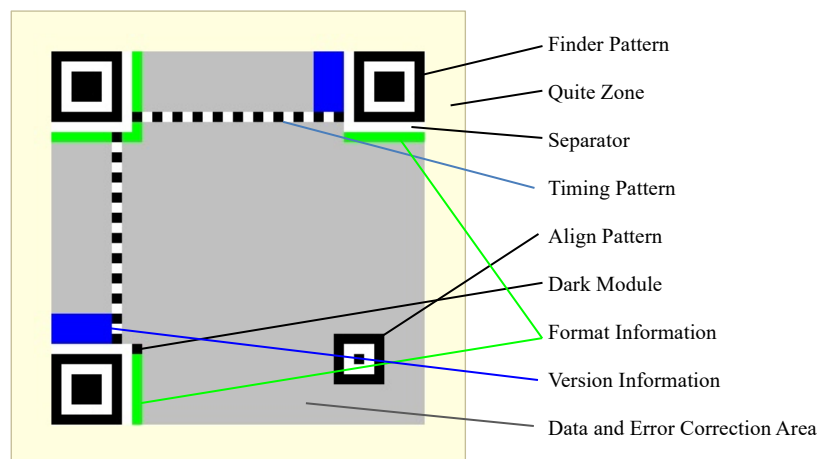


圖 1. 標準 QR code 結構圖。

## 2. 所提方法

本論文所提方法的執行流程如圖 2 所示。輸入包括兩個不同字串  $MSG_{in}$  與  $MSG_{out}$ ，以及兩張背景圖像  $BG_{in}$  與  $BG_{out}$ ，輸出為一個視覺化的巢狀 QR Code，稱作  $VQR_{nested}$ 。首先我們根據 Chou and Wang[3]所提出的 The Nested QR Code 方法，將字串  $MSG_{in}$  與  $MSG_{out}$

使用標準 QR 編碼方式得到的  $QR_{in}$  與  $QR_{out}$ ，其中  $QR_{out}$  模組大小為  $QR_{in}$  模組大小的 3 倍。然後由上而下、由左至右計算最佳位置將  $QR_{in}$  放到  $QR_{out}$  中，最後套用模組調整機制來得到兩層資訊的巢狀 QR code，稱作  $QR_{nested}$ 。我們設計一個 Nested QR Code 圖像化模組繪製程序，由  $QR_{nested}$  與背景圖  $QR_{in}$  與  $QR_{out}$  來繪製  $VQR_{nested}$ ：針對  $QR_{nested}$  落於  $QR_{in}$  模組區域的像素，參考背景圖像  $BG_{in}$  像素值來合成繪製；而對  $QR_{nested}$  落於  $QR_{out}$  模組區域的像素，參考背景圖像  $BG_{out}$  像素值來合成繪製，即可完成所提  $VQR_{nested}$  的製作。由  $VQR_{nested}$  的外觀，使用者由整體 QR code 可以看到  $BG_{out}$  圖像，而 QR 內部小區域則可看到  $BG_{in}$  圖像。而如果使用 QR code 讀取程式，掃描整體 QR code 區域可以解碼得到  $MSG_{out}$ ，而如果掃描 QR 內部小區域解碼則可得到  $MSG_{in}$ 。

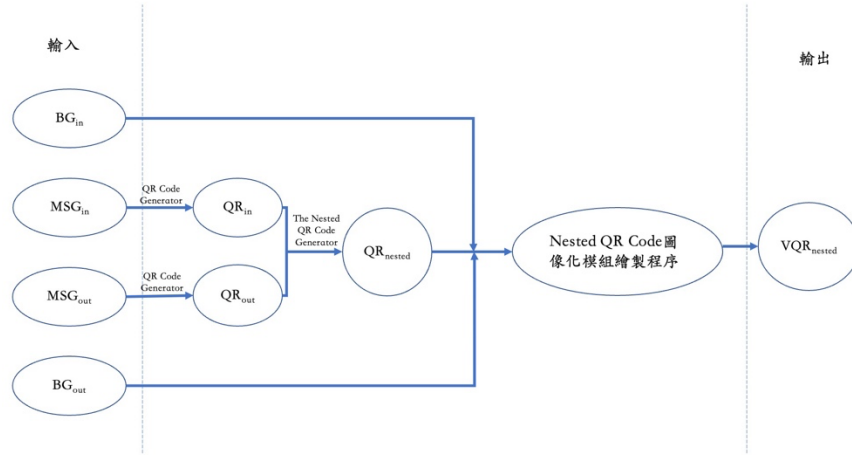


圖 2 所提視覺化巢狀 QR code 製作方法流程圖

### Nested QR Code 圖像化模組繪製程序

從正方體的  $QR_{nested}$  得知圖片兩邊長大小為  $3M \times (17 + 4V)$ 。輸入的  $BG_{in}$  與  $BG_{out}$  也與相對應的  $QR_{in}$  與  $QR_{out}$  的長與寬都為  $3M \times (17 + 4V)$ 。當 BG 嵌入  $QR_{nested}$  時，劃分為功能模組以及資料模組兩個不同做法。如先前所提，功能模組是閱讀器辨識 QR Code 外型數個重要特徵，便不能將功能模組的外觀做變動，於是只能控制兩個 QR Code 功能模組的透明度 Alpha 值參數  $\alpha$ ，用以調整  $BG_{in}$  與  $BG_{out}$  每個像素模組的顏色  $p_{(x,y)}^{BG}$ 。為了讓功能模組的特徵盡可能保留著，於是將 QR 的  $(x,y)$  位置功能模組的白與黑，分別為  $C_{(x,y)} = 0$  與  $C_{(x,y)} = 1$ ，製作半透明的效果所得每個像素為  $p_{(x,y)}^{VQR}$ 。

另外，為了達到使  $BG_{out}$  能夠更清楚的讓人眼識別，同時能讓 QR Code 閱讀器所讀取，依照 The Nester QR Code 的結果表示，閱讀器會讀取每個模組的中央 1/3 處的颜色，因而判斷資料為黑或白，因此本論文方法便只會更動兩個 QR Code 的資料模組中央 1/3 位置的颜色，使用下列公式 Alpha 值參數  $\alpha$  調整模組對於  $BG_{out}$  的透明度，最後得出  $VQR_{out}$ 。綜上所述，則能得出以下公式：

$$\begin{cases} \text{if } C_{(x,y)} = 0, & p_{(x,y)}^{VQR} = (\alpha \times 255) + (1 - \alpha) \times p_{(x,y)}^{BG_{out}} \\ \text{if } C_{(x,y)} = 1, & p_{(x,y)}^{VQR} = (1 - \alpha) \times p_{(x,y)}^{BG_{out}} \end{cases} \quad (1)$$

此外， $QR_{in}$  的資料模組的目的，是讓閱讀器掃到不只  $QR_{out}$  的  $MSG_{out}$ ，且必須確保  $MSG_{in}$  能夠被讀取的情況下。在  $QR_{nested}$  的  $QR_{in}$  中央 1/3 處，只要有因為與  $QR_{out}$  內容而改變  $QR_{in}$  的模組顏色，也就是外黑內白或外白內黑的模組，則原封不動的放回原處最後則能夠得到本論文所得的  $VQR_{nested}$ ，視覺化巢狀 QR Code。

### 3. 實驗結果



本論文 QR code 製作程式採用 Xcode 環境開發，使用 C++ 語言以及 OpenCV 函式庫，參考標準 QR code 編碼程式專案及 The Nested QR code 建立視覺化巢狀 QR code。掃描 Visual QR code 的設備為 iPhone 11 的原生相機的 QR code 閱讀器，透過該設備掃描的結果。

圖 3 為分別於兩個不同的 QR code 上給予兩個獨立字串，MSG<sub>out</sub> 是元智大學官方網頁首頁：“<https://www.yzu.edu.tw/index.php/tw/>”與 MSG<sub>in</sub> 的元智大學資訊傳播系官方網頁首頁：“<http://www.infocom.yzu.edu.tw/index.php/zh-tw/>”。其使用標準 QR code 編碼以模組大小為 9×9 個像素，內部 QR code 模組則為 3×3 個像素，容錯等級均設為 Q。在功能模組的 Alpha 值皆為 0.5 且不變的情況下，分別將兩個 QR Code 的資料模組 Alpha 值以 0.5、0.6 與 0.7 做變化，進行比對如(d)(e)(f)。在能夠讓閱讀器辨識的前提下，隨著數值越高則圖片能見度則越低，如同 Alpha 值為 0.7 的(f)圖，QR<sub>in</sub> 已經很難讓人眼辨認 BG<sub>in</sub>。相較於 Alpha 值為 0.5 與 0.6，皆是能夠人眼辨識且讓閱讀器辨識的結果。

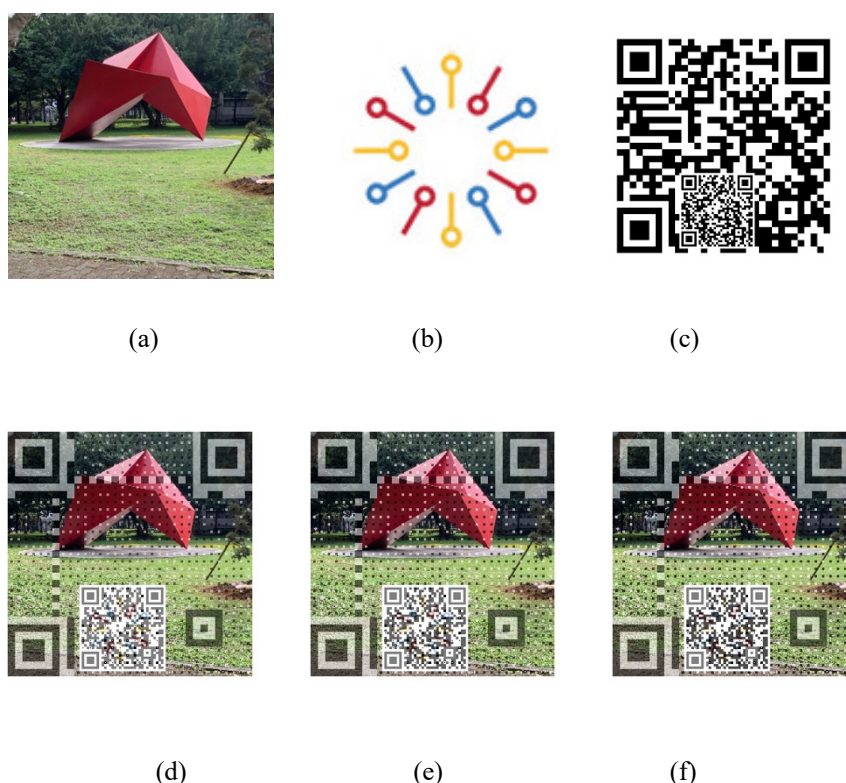


圖 3 Visual QR Code。(a) BG<sub>out</sub> 輸入的圖片 (b) BG<sub>in</sub> 輸入的圖片 (c) 包含元智大學官方網. 頁首頁：“<https://www.yzu.edu.tw/index.php/tw/>”與元智大學資訊傳播系官方網頁首頁：“<http://www.infocom.yzu.edu.tw/index.php/zh-tw/>”內容的 The Nested QR code。(d)VQR 資料模組 Alpha 值=0.5。(e) VQR 資料模組 Alpha 值=0.6。(f) VQR 資料模組 Alpha 值=0.7。

另一組實驗(圖 4)為分別於兩個不同的 QR code 上給予，兩個獨立字串分別為 MSG<sub>out</sub> 桃園市政府觀光旅遊局的官方網頁首頁：“<https://www.yzu.edu.tw/index.php/tw/>”與 MSG<sub>in</sub> 桃園市政府官方網站首頁：“<http://www.infocom.yzu.edu.tw/index.php/zh-tw/>”。BG<sub>in</sub> 與 BG<sub>out</sub> 分別代表桃園的石門水庫風景圖以及桃園的標誌。QR code 編碼以模組大小為 9×9 個像素，內部 QR code 模組則為 3×3 個像素，容錯等級均設為 H。圖 2 (a)與(b)，嵌入兩個圖形分別為元智大學校園風景照片以及資訊傳播系的標誌。在功能模組的 Alpha 值仍皆為 0.5 且不變的情況下，分別將兩個 QR Code 的資料模組 Alpha 值以 0.5、0.6 與 0.7 做變化，進行比對如(d)(e)(f)。如同上一組實驗，隨著數值越高則圖片能見度則越低，在數值最高的(f)圖中，BG<sub>in</sub> 相較於 Alpha 值為 0.5 與 0.6 的 BG<sub>in</sub> 來說，更不容易被辨認。在(d)與(e)之間的觀察，當 Alpha 值為 0.5 時，人眼所見的 BG 皆能比 0.6 的圖片，飽和度感受更濃郁，不過調淡了 QR Code 的模組，也造成了閱讀器會在 QR<sub>in</sub> 與 QR<sub>out</sub> 之間不斷來回跳動識別。

而在 Alpha 值為 0.6 時，雖 BG 不如 0.5 時般濃郁，但是增加了閱讀器可識別的強韌性。



圖 4 Visual QR Code。 (a)  $BG_{out}$  輸入的圖片 (b)  $BG_{in}$  輸入的圖片 (c) 包含元智大學官方網頁首頁：“<https://www.yzu.edu.tw/index.php/tw/>”與元智大學資訊傳播系官方網頁首頁：“<http://www.infocom.yzu.edu.tw/index.php/zh-tw/>”內容的 The Nested QR code。 (d) VQR 資料模組 Alpha 值=0.5。 (e) VQR 資料模組 Alpha 值=0.6。 (f) VQR 資料模組 Alpha 值=0.7。

#### 4. 結論

本篇論文提出可同時承載兩個獨立字串的彩色視覺化 QR code，使用者可以任何一般 QR code 掃描應用程式讀取訊息，在一張 QR code 圖上分別以不同的距離掃描並讀取內容，無需額外使用其他特殊方式解碼。目前的方法在資訊間切換取得仍有不穩定的讀取可能性。並且在圖像人眼可視度與 QR code 可以被程式讀取識別，兩者之間的平衡仍在持續精進中。目標是讓掃描兩層資訊都可以同時達到穩定讀取且內部的圖像可以很輕易的以人眼識別。

#### 5. 參考文獻

- [1] Information Technology—Automatic Identification and Data Capture Techniques—Bar Code Symbology QR code, International Organization Standardization, Geneva, Switzerland, ISO/IEC 18004. 2006.
- [2] Denso Wave Available from: <https://www.denso-wave.com/en/technology/vol1.html>.
- [3] Chou, G.-J. and R.-Z. Wang, The Nested QR code. *IEEE Signal Processing Letters*, 2020. 27: p. 1230-1234.
- [4] Belussi, L. and N. Hirata. Fast QR code detection in arbitrarily acquired images. in *2011 24th SIBGRAPI Conference on Graphics, Patterns and Images*. 2011. IEEE.
- [5] Yang, Z., et al., Robust and fast decoding of high-capacity color QR codes for mobile applications. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2018. 27(12): p. 6093-6108.
- [6] Kieseberg, P., et al. QR code security. in *Proceedings of the 8th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia*. 2010.
- [7] Saranya, K., R. Reminaa, and S. Subhitsha. *Modern applications of QR-Code for security*.

in *2016 IEEE International Conference on Engineering and Technology (ICETECH)*. 2016. IEEE.

- [8] Lin, S.-S., et al., *Efficient QR code beautification with high quality visual content*. *IEEE Transactions on Multimedia*, 2015. **17**(9): p. 1515-1524.
- [9] Chu, H.-K., et al., *Halftone QR codes*. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 2013. **32**(6): p. 1-8.
- [10] Garateguy, G.J., et al., *QR images: optimized image embedding in QR codes*. *IEEE transactions on image processing*, 2014. **23**(7): p. 2842-2853.
- [11] Yuan, T., et al., *Two-layer QR codes*. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2019. **28**(9): p. 4413-4428.
- [12] Liu, S., Z. Fu, and B. Yu, *Rich QR codes with three-layer information using hamming code*. *IEEE Access*, 2019. **7**: p. 78640-78651.