

國立臺灣師範大學科技與工程學院圖文傳播學系  
碩士論文

Department of Graphic Arts and Communications  
College of Technology and Engineering  
National Taiwan Normal University  
Master's Thesis

圖像化QR code結合動態遮罩應用於影片之技術探討

The aesthetic QR code combined with dynamic masks in videos



鄭晴方

CHENG, Chin-Fang

指導教授：王希俊 教授

Advisor: WANG, Hsi-Chun, Ph.D.

中華民國 110 年 10 月

October 2021

## 摘要

QR code 在人們的日常生活中雖隨處可見，但大多用於平面影像，將影片結合 QR code 則相對少見。現今 QR code 應用於影片中的方式不甚美觀，將 QR code 直接覆蓋於影片中，不但會佔用畫面的一部分，更會阻擋閱聽人對影片內容的接收。為改善上述情形，本研究將三種不同內容之原始影片結合動態遮罩並進行羽化，利用資訊隱藏結合誤差擴散法之 QR code 植入技術，生成視覺更美觀的圖像化 QR code，且調整圖像化 QR code 於影片中出現的時間；利用峰值信噪比 (Peak Signal to Noise Ratio) 評估不同圖像化 QR code 出現時間以及不同遮罩變化速度對影片品質的影響，並藉由問卷調查動態遮罩是否影響閱聽人對於圖像化 QR code 之察覺；最後使用智慧型手機測試各個檔案之掃描解碼時間。實驗結果顯示，本研究成功提出影片結合動態遮罩並植入圖像化 QR code，藉由遮罩改變與調整 QR code 出現時間，使 QR code 不會持續出現而干擾畫面，但仍可讓閱聽人知道畫面可進行掃描，且能夠使用一般智慧型手機穩定掃描解碼。由 PSNR 評估後可得知，本研究提出之影片品質仍保持在人眼可接受之範圍，問卷調查中得知遮罩能降低閱聽人對於 QR code Finder Pattern 的察覺。研究提供未來影片製作上有新的趨勢，並且能廣泛應用於電視節目、廣告、網站等各平台，進行商業加值應用。

**關鍵字：**二維條碼、QR code、圖像化 QR code、資訊隱藏、影片

## Abstract

Although QR code can be seen as still image everywhere in daily life, it is rare to combine video with QR code. Currently, QR code application to the video is not aesthetic because it is directly placed in the video and it not only blocks the screen but also hinders the access to information. In order to improve the situation, the original video in three different content is combined with the dynamic mask and feathered, and then the information hiding and error diffusion method are used to generate the aesthetic QR code, and adjusting the aesthetic QR code existing time. Evaluate the effect of aesthetic QR code's existing time and dynamic mask changing rate by PSNR. And the questionnaire was used to investigate whether the dynamic mask affected the audience's perception of the aesthetic QR code. Finally, the decoding rate is tested through the mobile phone. The results show that it is effective to combine the dynamic mask and embed the aesthetic QR code in videos produced in this study. By using different mask changing rates and adjusting the existing time of aesthetic QR code, it will not constantly appear to disturb the screen, but it still keeps the visual guidance of the QR code scannable, and it can be decoded stably by mobile phone. The quality of the videos produced in this study remains acceptable by PSNR evaluation, and according to the questionnaire survey, the dynamic mask can reduce the audience's perception of QR code Finder Pattern. We provide a new trend in future video production and can be widely used in TV programs, advertisements, websites, and so on for commercial value-added applications.

**Keywords: Two-dimensional barcode, QR code, Aesthetic QR code, Information hiding, Videos**

# 目次

摘要.....	i
Abstract.....	ii
目次.....	iii
表次.....	iv
圖次.....	v
第一章 緒論.....	1
第一節 研究背景與動機.....	1
第二節 研究目的與問題.....	3
第三節 研究範圍與限制.....	4
第四節 研究流程.....	5
第五節 名詞解釋.....	6
第二章 文獻探討.....	7
第一節 二維條碼與應用.....	7
第二節 二維條碼的美化.....	14
第三節 影片與二維條碼.....	17
第四節 文獻探討小結.....	19
第三章 研究設計.....	20
第一節 研究架構.....	20
第二節 研究工具與設備.....	21
第三節 研究方法.....	22
第四章 研究結果與討論.....	31
第一節 圖像化 QR code 出現時間之影片品質評估.....	31
第二節 圖像化 QR code 對不同遮罩速度下之影片品質評估.....	36
第三節 動態遮罩對於圖像化 QR code 察覺影響問卷分析.....	39
第四節 實際影片解碼測試.....	44
第五章 研究結論與建議.....	47
第一節 研究結論.....	47
第二節 研究建議.....	48
參考文獻.....	49
附錄.....	51

## 表次

表 3-1-1 研究架構變數表.....	20
表 3-2-1 研究工具與設備表.....	21
表 4-1-1 動畫結合動態遮罩與不同圖像化 QR code 出現時間之 MSE 與 PSNR 評估表.....	32
表 4-1-2 動畫之特定影格 MSE 與 PSNR 評估表：以圖像化 QR code 每秒出現 1/30 秒為例.....	32
表 4-1-3 實際拍攝片段結合動態遮罩與不同圖像化 QR code 出現時間之 MSE 與 PSNR 評估表.....	33
表 4-1-4 實際拍攝片段之特定影格 MSE 與 PSNR 評估表：以圖像化 QR code 每秒出現 1/30 秒為例.....	33
表 4-1-5 Motion Graphic 結合動態遮罩與不同圖像化 QR code 出現時間之 MSE 與 PSNR 評估表.....	34
表 4-1-6 Motion Graphic 之特定影格 MSE 與 PSNR 評估表：以圖像化 QR code 每秒出現 1/30 秒為例.....	34
表 4-2-1 動畫結合不同變化速度之動態遮罩、圖像化 QR code 出現時間 1/30 秒之 MSE 與 PSNR 評估表.....	36
表 4-2-2 實際拍攝片段結合不同變化速度之動態遮罩、圖像化 QR code 出現時間 1/30 秒之 MSE 與 PSNR 評估表.....	37
表 4-2-3 Motion Graphic 結合不同變化速度之動態遮罩、圖像化 QR code 出現時間 1/30 秒之 MSE 與 PSNR 評估表.....	38
表 4-3-1 樣本次數分配表.....	39

## 圖次

圖 1-1-1	傳統 QR code 應用於新聞媒體.....	2
圖 1-2-1	QR code 應用於影片之情形.....	3
圖 1-4-1	研究流程圖.....	5
圖 2-1-1	一維條碼結構示意圖.....	7
圖 2-1-2	堆疊式二維條碼 PDF417.....	8
圖 2-1-3	矩陣式二維條碼示意圖.....	8
圖 2-1-4	QR code 結構功能示意圖.....	9
圖 2-1-5	雙層 QR code 之示意圖.....	10
圖 2-1-6	QR code 秘密隱藏方案.....	11
圖 2-1-7	三層彩色 QR code 示意圖.....	12
圖 2-1-8	藉由表面開槽方式製作出 3D QR code.....	13
圖 2-2-1	彩色圖像化 QR code 示意圖.....	14
圖 2-2-2	程式化美學 QR code 示意圖.....	15
圖 2-2-3	增強視覺之彩色圖像化 QR code 示意圖.....	15
圖 2-2-4	紅外線浮水印之圖像化 QR code 複印後之效果示意圖.....	16
圖 2-3-1	Unseen code 示意圖.....	17
圖 2-3-2	QR code 加密至時間流程圖.....	18
圖 3-3-1	研究方法流程圖.....	22
圖 3-3-2	遮罩樣式.....	23
圖 3-3-3	羽化遮罩結合各原始影片是意圖.....	23
圖 3-3-4	四種遮罩變化速度示意圖.....	24
圖 3-3-5	資訊隱藏結合誤差擴散法示意圖.....	25
圖 3-3-6	不同內容之影片結合動態遮罩，並植入圖像化 QR code.....	26
圖 3-3-7	減少圖像化 QR code 出現時間後製流程圖.....	27
圖 3-3-8	影片結合動態遮罩，減少圖像化 QR code 出現時間示意圖.....	28
圖 3-3-9	將影片進行高斯模糊處理.....	29
圖 4-1-1	三部影片結合遮罩每秒變化 30 次、不同圖像化 QR code 出現時間之手機解碼時間表.....	35
圖 4-3-1	動畫內容：動態遮罩使否能降低閱聽人對於圖像化 QR code 之察覺評估圖.....	40
圖 4-3-2	實際拍攝內容：動態遮罩使否能降低閱聽人對於圖像化 QR code 之察覺評估圖.....	41
圖 4-3-3	Motion Graphic：動態遮罩使否能降低閱聽人對於圖像化 QR code 之察覺評估圖.....	42

圖 4-3-4	傳統 QR code 與圖像化 QR code 之美觀程度比較圖.....	43
圖 4-3-5	本研究生產之動態圖像化 QR code 使用意願圖.....	43
圖 4-4-1	動畫片段之手機解碼時間表.....	44
圖 4-4-2	實際拍攝片段之手機解碼時間表.....	45
圖 4-4-3	Motion Graphic 之手機解碼時間表.....	46



# 第一章 緒論

二維條碼為連結實體世界到虛擬網路的重要角色，但應用於影片、動畫以及廣告時，仍然還是以傳統黑白方格的外型居多，不但佔用了螢幕畫面的一部分，也影響閱聽人的觀感。故本研究將以影片結合動態遮罩與圖像化 QR code 突破傳統 QR code 框架，並減少圖像化 QR code 出現時間，降低閱聽人對於 QR code 之察覺程度。本章共分為五節，第一節介紹研究背景與動機；第二節提出研究目的與問題；第三節為研究範圍與限制；第四節為研究流程；第五節為名詞解釋。

## 第一節 研究背景與動機

科技隨著時代演進越來越發達，網路的使用已經成為普羅大眾每日的例行公事，根據台灣網路報告 (2019) 電訪調查指出，目前台灣個人上網率高達 88.8%，說明人們的生活幾乎已和網路脫離不了關係，而 QR code 正是將實體物件連結至虛擬網路常見的方法之一。QR code 之應用不勝枚舉，包括醫療、交通、食品、廣告宣傳等眾多產業，但傳統黑白方正的 QR code 在實務應用上並不美觀，故許多學者投入研究 QR code 之美化，使 QR code 不只提供機器解碼出內含訊息，視覺上更可以讓閱聽人賞心悅目。

QR code 大多應用於平面媒體，影片結合 QR code 則相對少見。現今應用於影片最常見的情況如圖 1-1-1，將傳統 QR code 直接放置於畫面中，不但不美觀，更佔用了一部分畫面進而阻擋閱聽人獲得資訊。在 QR code 尺寸過小的情況下，也會造成解碼不便等情形。本研究將改進此現象並進行延伸，利用動態遮罩結合影片突破傳統影片與 QR code 框架，並在不影響解碼的情況下，將 QR code 更有效的結合於影片之中。



圖 1-1-1 傳統 QR code 應用於新聞媒體

資料來源：

<https://www.youtube.com/watch?t=956&v=hMQyHivmPME&feature=youtu.be>



## 第二節 研究目的與問題

本研究將影片結合動態遮罩、植入圖像化 QR code，並減少 QR code 出現時間，以降低閱聽人對於 QR code 之察覺，並可使用智慧型手機之 QR code 掃描器讀取，最後進行影片品質評估。如圖 1-2-1 為 QR code 於影片中的使用情形。

本研究之目的歸納如下：

1. 利用動態遮罩結合圖像化 QR code，突破影片與傳統 QR code 框架。
2. 減少圖像化 QR code 於畫面之出現時間，並搭配遮罩降低閱聽人對於圖像化 QR code 之察覺，並能以智慧型手機掃描解碼。
3. 利用 PSNR 評估圖像化 QR code 對影片品質之影響。

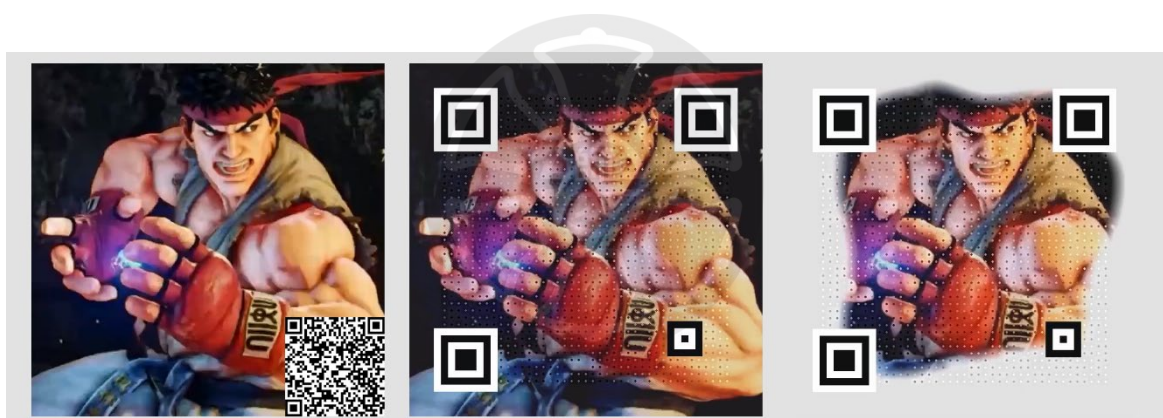


圖 1-2-1 QR code 應用於影片之情形：左圖為傳統 QR code 直接應用於影片中；中間圖為圖像化 QR code 應用於影片中；右圖為本研究羽化動態遮罩結合圖像化 QR code 於影片中；影片參考網址：<https://youtu.be/cOpe3t8ef2w>

本研究欲探討之問題如下：

1. 如何利用動態遮罩結合圖像化 QR code，突破影片與傳統 QR code 框架？
2. 如何減少圖像化 QR code 於畫面之出現時間，並搭配遮罩降低閱聽人對於圖像化 QR code 之察覺，並能以智慧型手機掃描解碼？
3. 如何利用 PSNR 評估圖像化 QR code 對影片品質之影響？

### 第三節 研究範圍與限制

#### 一、研究範圍

二維條碼有許多類別，因應不同情況使用。本研究所使用之二維條碼為目前國際標準規格之 QR code (Quick Response code)，且此 QR code 皆為網路公開之 QR code 產生器製作而成。本研究採用第六版 (41×41 模塊)，容錯級別 H 之 QR code 進行研究後續之設計；影片使用影格速度 30fps 的原始影片。

#### 二、研究限制

越來越多學者投入研究圖像化二維條碼之相關研究，開發出各式各樣之圖像化二維條碼，加密與解密之原理不盡相同，研究之結果僅適用於本研究所開發之流程，不同研究方法產出之圖像化二維條碼不一定適用。



#### 第四節 研究流程

本研究架構流程如圖 1-4-1 所示，確立研究主題後，蒐集相關文獻及設計研究架構與各項流程。

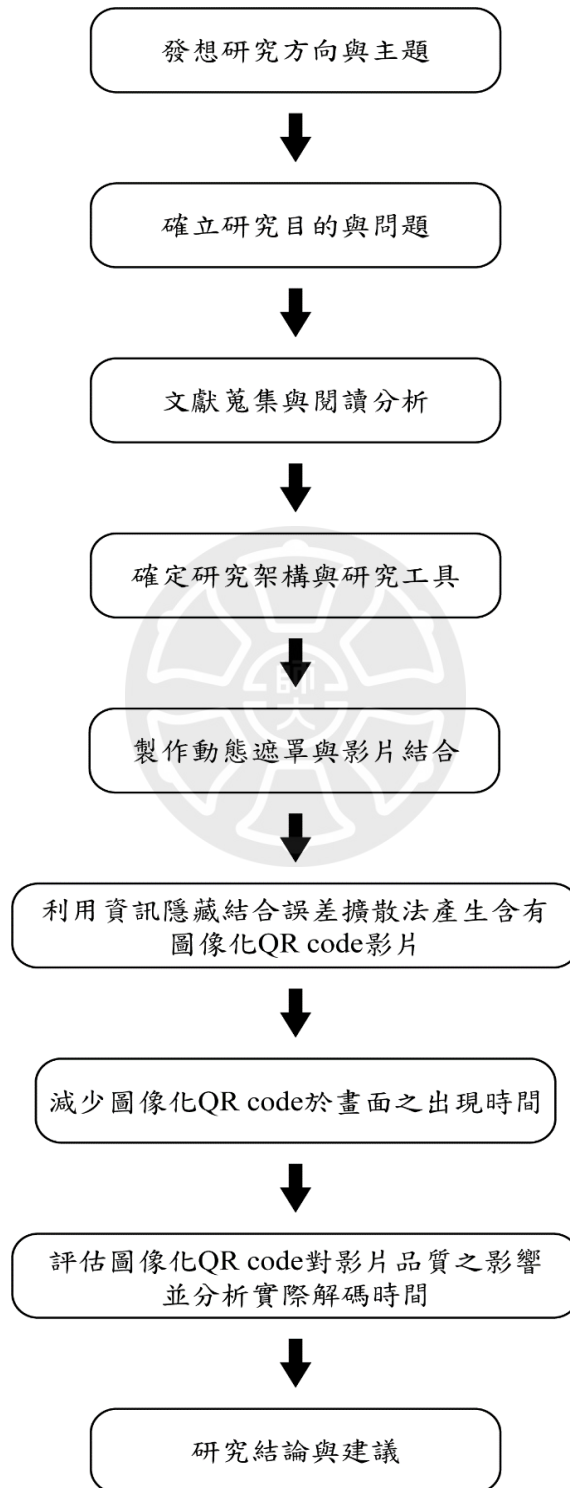


圖 1-4-1 研究流程圖

## 第五節 名詞解釋

### 一、圖像化二維條碼 (Aesthetic QR code)

透過連續調技術進行視覺美化後之 QR code，不同於以往只有黑白模塊 (modules)，提升視覺舒適度。

### 二、影格 (Frame)

影格為組成影片之基本單位，其測量單位為「每秒顯示影格數」(Frame per Second, fps)，目前常見影片之影格數為 30 fps、60 fps，而電影基本格數為 24 fps。

### 三、峰值信噪比 (Peak Signal to Noise Ratio, PSNR)

峰值信噪比是一個表示訊號最大可能功率和破壞性雜訊功率的比值之工程術語。峰值信噪比常用分貝來表示。常用於影像品質評估，為方便說明，以下簡稱為 PSNR。

## 第二章 文獻探討

本研究將圖像化 QR code 應用於影音媒體，相關文獻共分為四節，第一節介紹二維條碼與應用；第二節探討二維條碼的美化；第三節探討影片與二維條碼，第四節為文獻探討小結。

### 第一節 二維條碼與應用

#### 一、二維條碼概述

1949 年，二維條碼問世前，Norman Joseph Woodland 與 Bernard Silver 申請環形條碼專利，並應用於食品零售業。經由後續改良，出現了目前常見的一維條碼如 Code 39、Code128、EAN 碼、UPC 碼等一維條碼，一維條碼之結構示意圖如圖 2-1-1。

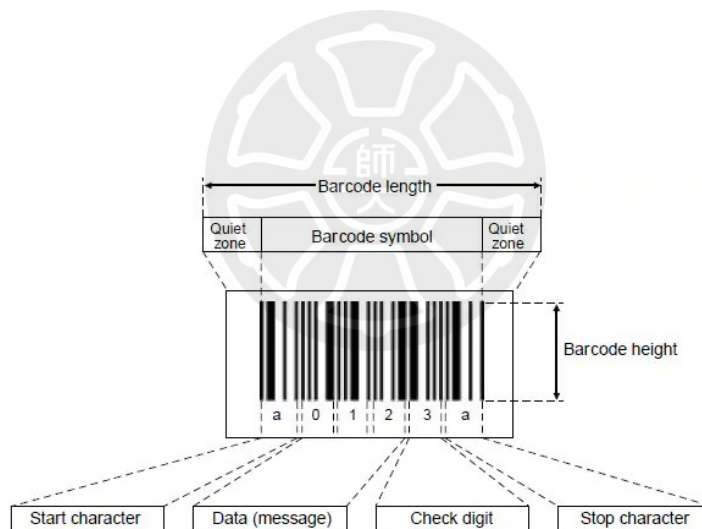


圖 2-1-1 一維條碼結構示意圖

資料來源：

[https://www.keyence.com/ss/products/auto\\_id/barcode\\_lecture/basic/mechanism/](https://www.keyence.com/ss/products/auto_id/barcode_lecture/basic/mechanism/)

研究學者為改善一維條碼容量不足等問題，以一維條碼為基礎，開發出了二維條碼。二維條碼主要分為兩大類，分別是堆疊式二維條碼以及矩陣式二維條碼。過去一維條碼通常以水平方向表達資訊，而在垂直方向則無資訊；二維條碼不但在水平與垂直方向都有資訊的植入，其中 QR code 之資訊容量最大可儲存 7,089

個數字、4,296 個字元、2,953 個位元或是 1,817 個漢字。堆疊式二維條碼原理是將多個一維條碼之長度縮短如圖 2-1-2，並解向上堆疊而成，其具代表性之堆疊式二維條碼有 Code 16K、Code 49、PDF417 等。

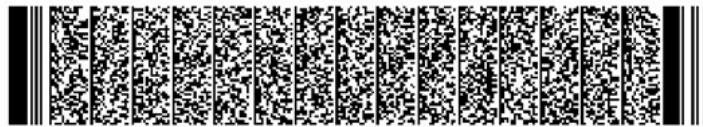


圖 2-1-2 堆疊式二維條碼 PDF 417

資料來源：<http://www.barcode-label.com/education/2D-Barcode.htm>

矩陣式二維條碼如圖 2-1-3，是藉由黑、白大小不等之方塊在一矩陣之中隨機分布，其黑、白分別代表二進位制之 0 和 1。矩陣式二維條碼優點為容量大、面積小，可同時包含中、英文以及數字等多種訊息，其具代表性的矩陣式二維條碼有 QR Code, Maxi code, Aztec, Data matrix 等。



圖 2-1-3 矩陣式二維條碼，由左到右分別為 QR code、Maxi Code、Aztec code、Data Matrix

資料來源：<https://www.barcode-label.com/education/2D-Barcode.htm>

二維條碼中最為廣泛使用的為 1994 年日本豐田子公司 DENSO WAVE 所發明之 QR code (Quick Response Code)，並於 2000 年時收錄於 ISO 國際標準 ISO/IEC 18004：2000。最初 QR code 是用於汽車工廠作為零件追蹤的方法，隨著科技網路及行動裝置的發展，現今 QR code 帶給人們獲取資訊更為快速方便。

QR code 之結構如圖 2-1-4，以下將說明各區域之名詞與功能。

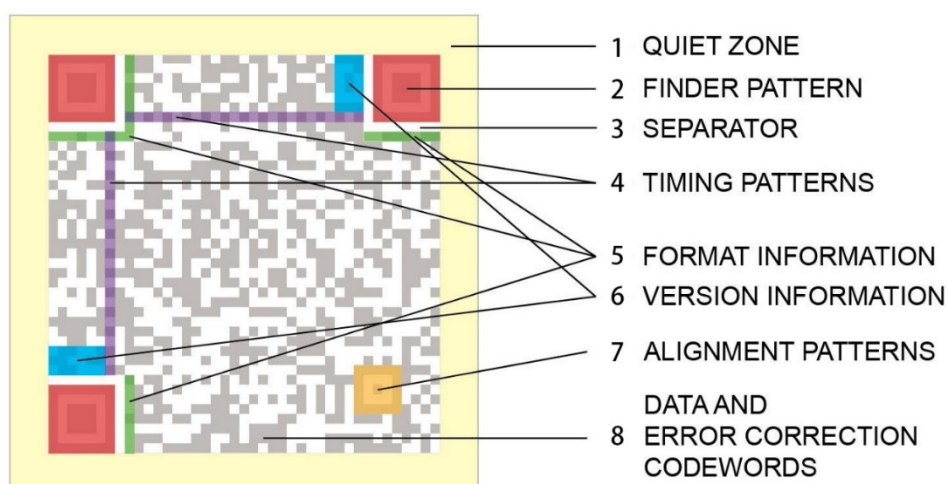


圖 2-1-4 QR code 結構功能示意圖

資料來源：ISO/IEC 18004:2006. Information technology–Automatic Identification and Data Capture Techniques–QR Code 2005 Bar Code Symbology Specification, 2006.

1. **非資訊區 (Quiet Zone)**：為 QR code 周圍之空白區域，其功能為避免掃描解碼時受到圖文干擾。
2. **定位標記 (Finder Patterns)**：QR code 之定位區塊，若條碼歪斜，透過四個角落之定位標記校準後即可正確判讀。
3. **空白區域 (Separator)**：用來分隔定位標記與編碼區域。
4. **定時資訊 (Timing Patterns)**：作為確認條碼定位之座標，且能判斷條碼的版本密度，以黑色模塊為起點與結束。
5. **格式資訊 (Format Information)**：用於紀錄容錯級別，共分為 L(7%)、M(5%)、Q(25%)、H(30%) 共四級，也可稱之為容錯等級。
6. **版本資訊 (Version Information)**：為判斷 QR code 之版本資訊，QR code 存在 40 種版本，版本 (Version) 簡稱為 V，其 QR code 之尺寸為  $(17 + 4V) * (17 + 4V)$  個模塊數 (Module)，隨著版本越大資訊容量也越大。

7. 校準圖塊 (Alignment Patterns)：在不同版本之 QR code 中，校準圖塊會有不同的位置與數量，當條碼扭曲變形時，在容許範圍內進行校準。
8. 糾錯碼與資訊 (Data and Error Correction Codewords)：使用 Reed-Solomon 校正碼加入資訊中進行編碼，使得條碼儘管受到對應之容錯率面積內的損毀或污漬覆蓋仍能解碼。

## 二、二維條碼相關研究

北京清華大學研究團隊 Yuan, Wang, Xu, Martin, & Hu (2019)開發一套具有特殊設計的 QR code，包含頂層和底層，使此 QR code 得以藉由兩個不同方向分別進行查看及掃描讀取如圖 2-1-5，不但能使用於傳統 QR code，同時也能應用於圖像化 QR code 中。但研究學者也提到，未來將擴展此方法，希望能加入更多資訊並且結合更多元的 QR code 美化。

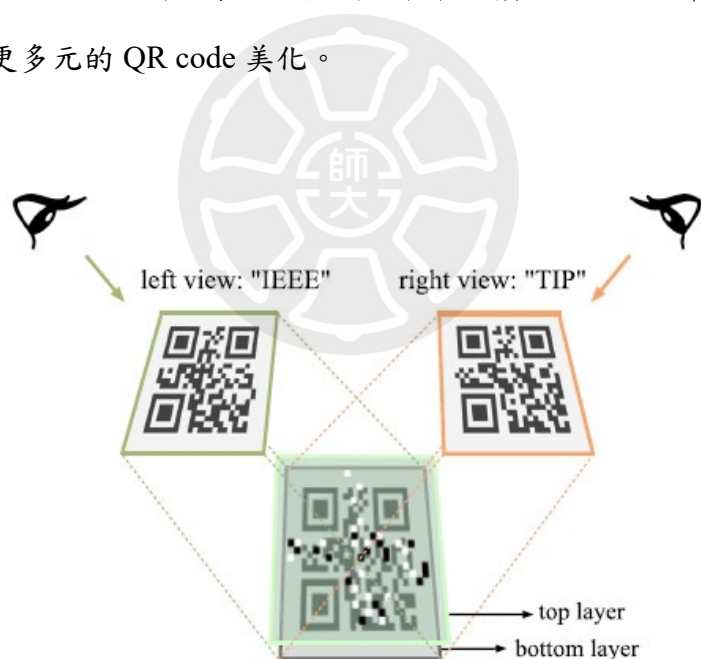


圖 2-1-5 雙層 QR code 之示意圖

資料來源：Yuan et al. (2019)

廈門大學研究團隊 Huang, Chang, Li, & Liu (2018) 為了避免 QR code 傳遞隱私訊息所面臨之安全問題，提出了一種秘密隱藏方案如圖 2-1-6，透過修改方向來保護 QR code 中的私人消息，欲藏消息會被轉換為八進位之數字串，覆蓋於表

面外顯 QR code 上，私人消息能夠藉由函數解密，而外顯之 QR code 仍能夠藉由手機掃描解碼，有助於減少有心人士之竊取資訊。此技術凸顯出 QR code 結合個人隱私等現象為未來之趨勢，此時保護內容之安全性就非常重要。

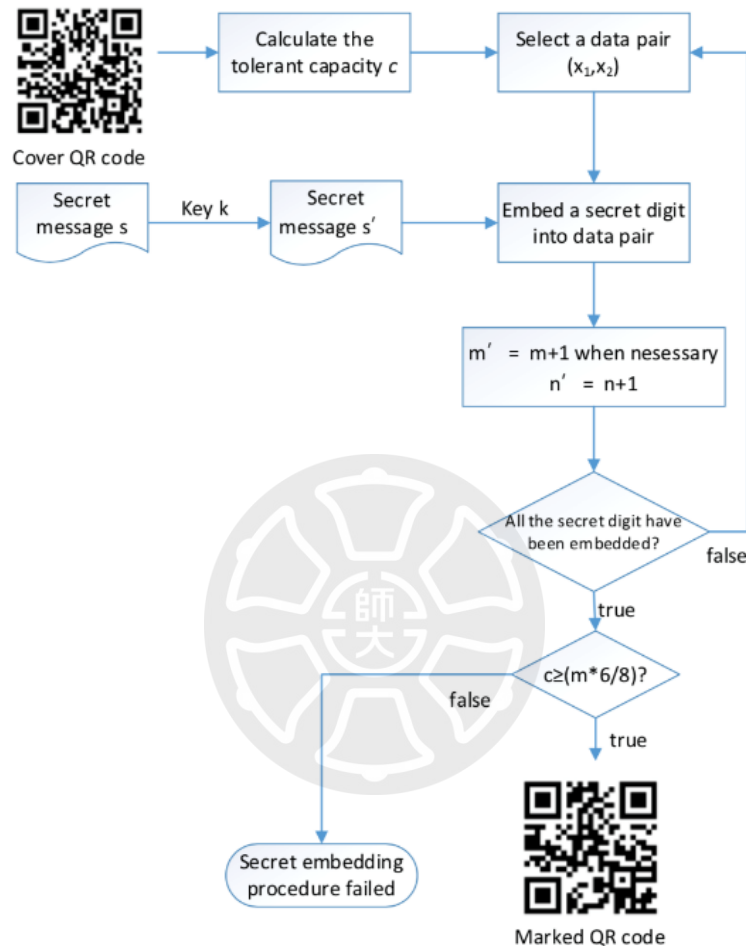


圖 2-1-6 QR code 秘密隱藏方案

資料來源：Huang et al. (2018)

香港中文大學團隊Yang, Xu, Deng, Loy, & Lau (2018) 提出了將三層含有不同顏色之QR code結合之方法，由於在QR code中加入了顏色如圖2-1-7，資訊的容量也大幅提升，研究團隊基於SVM (Support Vector Machine) 以及QDA (Quadratic Discriminant Analysis) 擴展，衍伸出改良過後之LSVM-CMI與QDA-CMI技術，以優化物件功能。此外研究團隊也提出了HIQ，一種具有良好的幾何

變換、增強解碼性能以及增加色彩的QR code框架，並且能夠在Android與iOS系統中應用。然而此QR code仍會遇到如光線不同顏色表現不佳、列印出來之QR code受到網點干擾等因素影響QR code之判讀，同時在實際應用上此QR code列印出之尺寸過大，也無法利用手機內建之QR code Reader掃描讀取，外觀方面仍不美觀，將會有普及之困難，但此技術仍在QR code之技術有極大之貢獻。



圖 2-1-7 三層彩色 QR code 示意圖

資料來源：Yang et al. (2018)

QR code 應用也不只於平面印刷方面，3D 列印技術結合 QR code 也日益發展，用途也十分廣泛，如結合各種零件、藝術設計、醫療器材等。日本橫濱國立大學團隊 Kikuchi, Yoshikawa, Jayaraman, Zheng, & Maekawa (2018) 將 QR code 以 B-spline 為代表的自由曲面 CAD (Computer-Aided Design) 模型，產生 3D QR code 如圖 2-1-8，利用表面開槽的方式以獲得由環境遮擋所造成的明暗區域，藉由此特性進行掃描，但此方法同時也會因為週遭光線影響掃描判讀，且法向量在曲面上的角度從攝影機到觀測點的觀測方向大於 20 度，也會造成 QR code 無法讀取。

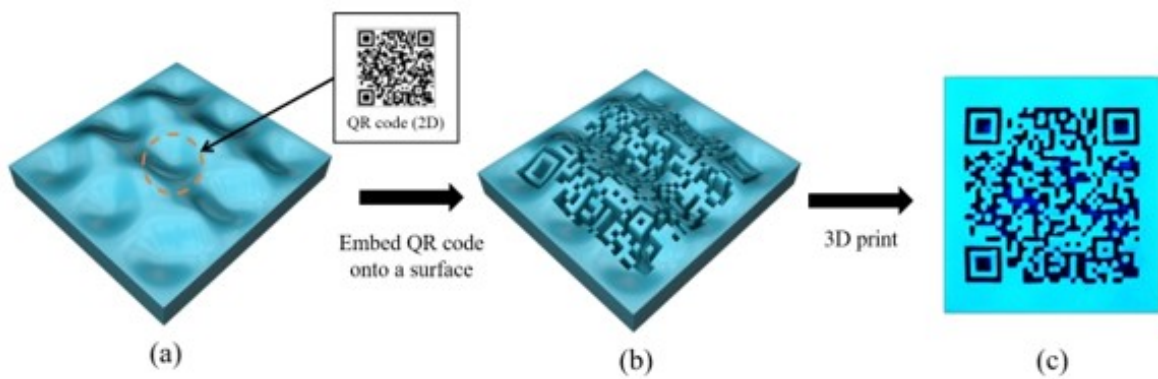


圖 2-1-8 藉由表面開槽方式製作出 3D QR code

資料來源：Kikuchi et al. (2018)

藉由以上文獻得知，不管是資訊量不夠尋求擴增、保護個人隱私、突破傳統框架應用於 3D 列印技術上，都有眾多研究支持，可見 QR code 仍然是持續發展之技術，但傳統黑白方格之 QR code 缺乏可看性，下節將探討二維條碼之美化以及相關應用。

## 第二節 二維條碼的美化

圖像化二維條碼一直被眾多學者所研究，讓 QR code 不只美觀，仍能保持其功能性也發展出許眾多應用。本節將探討圖像化二維條碼與相關應用。

Garateguy, Arce, Lau,& Villarreal (2014) 發表彩色圖像化二維條碼演算法最佳化。研究將原始彩色影像、二維條碼以及半色調遮罩輸入後，再以局部影像個別估算，找出圖像整體的最佳化數值。最後在使用內插法平行運算生成圖像化 QR code 如圖 2-2-1。研究結果顯示，QR code 資訊點越小錯誤率越高；資訊點越大錯誤率越低。



圖 2-2-1 彩色圖像化 QR code 示意圖

資料來源：Garateguy et al. (2014)

Xu 等人 (2019) 提出了程式化美學 QR code 的自動生成方法，採用基於模塊優化機制產生藝術風格 QR code。可改變模塊之外型，減少黑白模塊與混和圖像之視覺對比，如圖 2-2-2，同時降低轉換過程中編碼訊息的丟失，並且能使用一般手機解碼，具有產業競爭力。

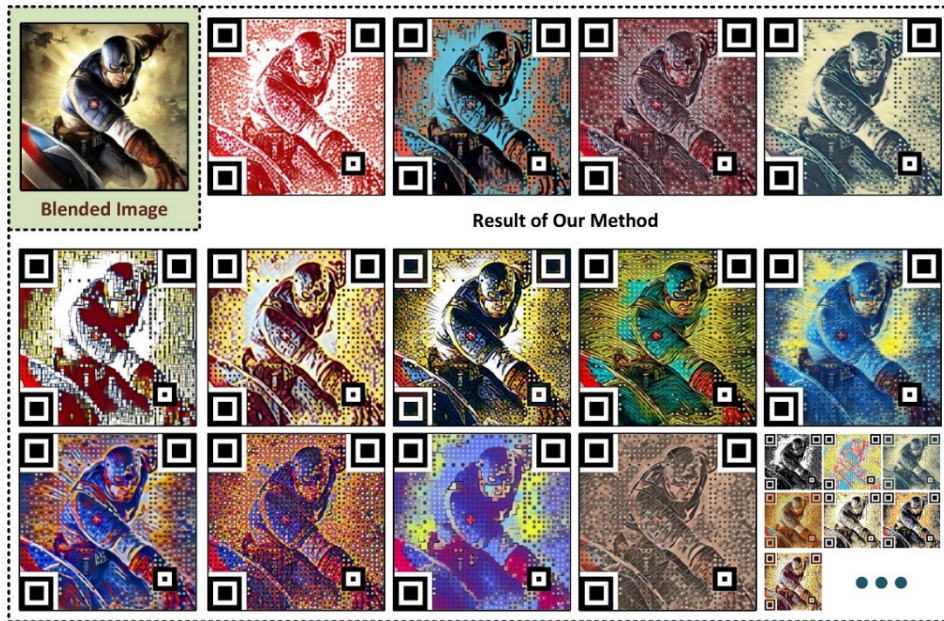


圖 2-2-2 程式化美學 QR code 示意圖

資料來源：Xu et al. (2019)

Pena-Pena, & Arce (2019) 認為傳統黑白 QR code 會令 QR code 應用於宣傳活動有所限制，提出一種生成視覺增強之 QR code 演算法，利用半色調遮罩，結合 QR code 與彩色圖像，如圖 2-2-3，同時運用 QR code 之容錯機制，在不影響解碼之情況下修改原始 QR code，並利用 Gauss-Jordan 消除法生成結構與外觀更接近彩色圖像之 QR code，最後對嵌入圖像進行亮度優化，以限制解碼錯誤的最大概率。

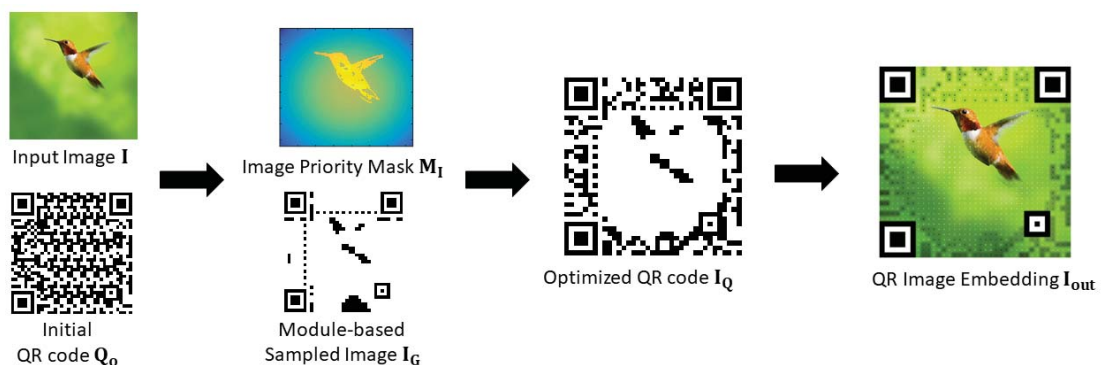
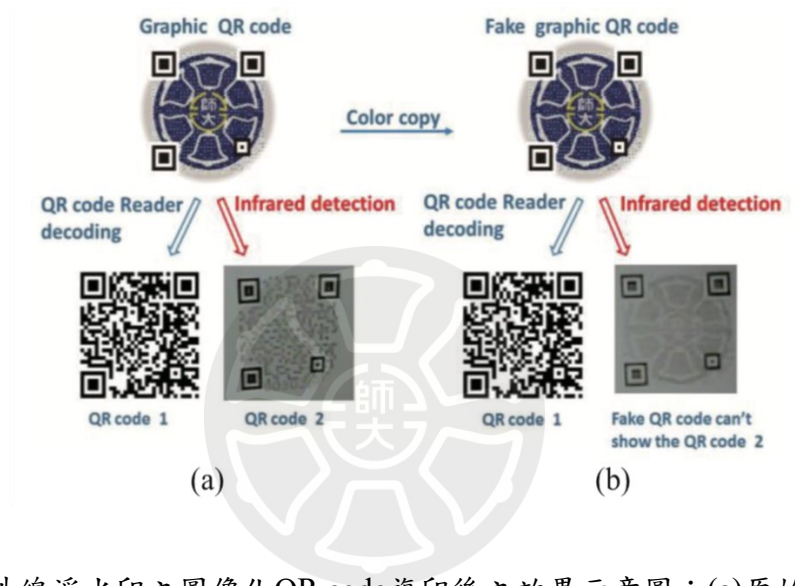


圖 2-2-3 增強視覺之彩色圖像化 QR code 示意圖

資料來源：Pena-Pena et al. (2019)

Wang, Sun, Kuan, & Lu (2018) 利用印刷油墨 (CMYK) 之特性，提出將兩個 QR code 結合原始影像產生圖像化 QR code 之方法。研究將 CMY 色板產生外顯的 QR code，外顯 QR code 可被一般手機所掃描解碼，同時於 K 版生成內藏之 QR code，內藏之 QR code 僅能夠被紅外線所偵測。另外將此研究結果複製影印，外顯之 QR code 同樣能夠被解鎖，但內藏 QR code 將無法呈現，藉此達成圖像化 QR code 結合加密之紅外線浮水印，如圖 2-2-4。



**圖2-2-4** 紅外線浮水印之圖像化QR code複印後之效果示意圖：(a)原始圖像化 QR code在正常情況與紅外線解密後得到兩個不同之QR code；(b)經由影印後之圖像化QR code將無法透過紅外線解密得到內藏之QR code  
資料來源：Wang et al. (2018)

### 第三節 影片與二維條碼

Cui, Bian, Zhang, & Yu (2019) 基於 VLC (Visual Light Communication) 技術之幀間嵌入方法，提出了 Unseen Code，一種人眼無法感知，但機器能夠讀取到的二維條碼。過去將 QR code 加密至影片中為空間加密，此研究是針對時間進行加密如圖 2-3-1，將二維條碼訊息加密至每個 frame 中，並利用人眼視覺閃爍感知的特性，當光的閃爍夠快時，人眼只能看見平均強度，而不能看見閃爍，此現象稱為閃爍融合效應 (Flicker Fusion Effect)。此技術對於資訊加密至影片中之貢獻非常大，但現實中仍要考量到設備的問題，如螢幕刷新率必須保持很高、不能使用一般手機解碼等問題。

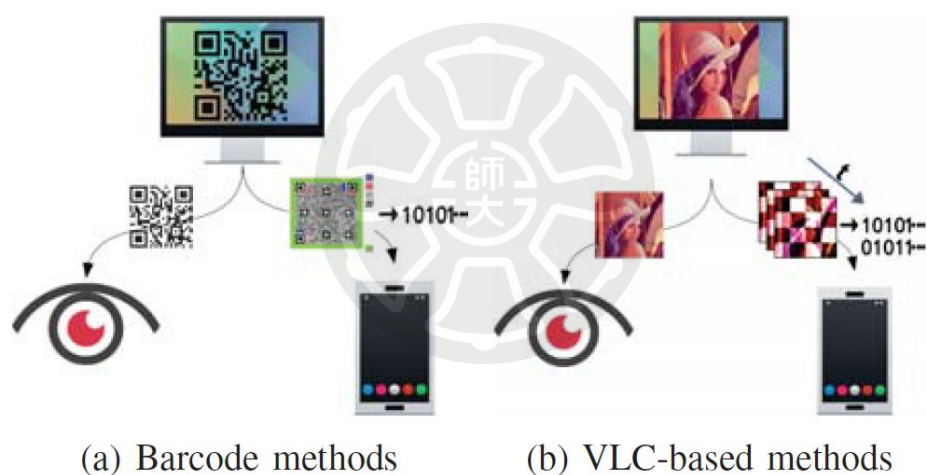


圖 2-3-1 Unseen code 示意圖：(a)二維條碼加密至空間中示意圖；(b)二維條碼加密至時間中示意圖

資料來源：Cui et al. (2019)

Song, Liu, Gao, Zhang, Zhai, & Zhang (2020) 提出了基於 TPVM (Temporal Psychovisual Modulation) 機制隱藏 QR code 至複雜背景之影片中，並且利用 U-net 神經網路模型中還原模糊之 QR code。此研究仍是針對時間加密如圖 2-3-2，並且達到人眼視覺感知透明，且能夠被機器掃描。但研究團隊提到，相機提取影像時並不是能夠提取完整的畫面，而會受到光線等因素的影響而提取到模糊、具有

雜點的影像，所以研究團隊藉由深度學習還原畫面中的 QR code。此研究將 QR code 與影片的應用又更推進一步，但完全的視覺透明，對於閱聽人並不方便，閱聽人無法知道畫面中的何處具有 QR code 得以掃描讀取，且此研究研發之應用也無法利用一般手機解碼。

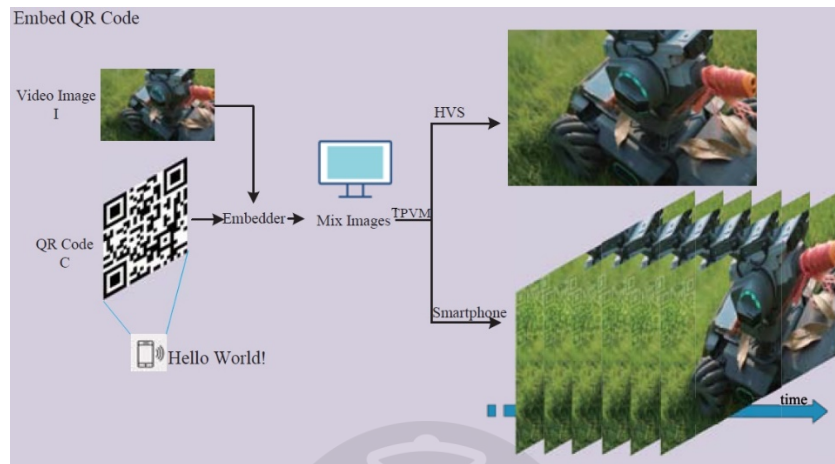


圖 2-3-2 QR code 加密至時間流程圖  
資料來源：Song et al. (2020)

#### 第四節 文獻探討小結

由上述文獻可知，現今閱聽人越來越重視視覺效果、美感及使用者體驗，QR code 的美化更是重點研究之一。在這多螢一雲的生活型態中，影片與二維條碼之關係越來越密切，看影片的同時，即可拿起手機獲取更多資訊。但過去影片與 QR code 結合並不美觀，不但會佔用畫面的一部分，更會阻擋閱聽人對影片內容的接收。影片與二維條碼的結合愈來愈被學者所重視，但上述文獻中的影片結合二維條碼方法，閱聽人在看不見二維條碼的情況下，會導致缺乏引導，無法知道該影片中含有二維條碼可供閱聽人掃描，也需要使用特定之二維條碼解碼器進行掃描解碼。

本研究使用動態遮罩結合影片，再經由資訊隱藏結合誤差擴散法將圖像化 QR code 植入影片中，並利用後製處理減少圖像化 QR code 出現時間，得以降低人眼察覺，同時可使用智慧型手機內建 QR code 掃描器進行掃描讀取。

### 第三章 研究設計

本研究使用三種不同影像內容之影片結合動態遮罩並進行羽化處理，利用資訊隱藏結合誤差擴散法將 QR code 資訊植入畫面後，再減少 QR code 出現之時間，藉由上述方法以降低閱聽人對於圖像化 QR code 之察覺程度。利用 PSNR 評估減少出現時間後之圖像化 QR code 及不同遮罩變化速度對影片品質的影響，藉由問卷調查動態遮罩是否降低閱聽人對於圖像化 QR code 的察覺，最後使用智慧型手機測試各個檔案之解碼時間。本章分為三節闡述研究相關流程與架構，第一節為研究架構；第二節為研究工具與設備；第三節說明研究方法。

#### 第一節 研究架構

本研究採用實驗研究法，主要為探討不同遮罩變化速度與不同圖像化 QR code 出現時間地手機解碼速度及影片品質的影響，因此自變數為 QR code 出現之時間及遮罩變化速度，應變數則包括手機解碼時間及 PSNR 值，藉此評估此動態圖像化 QR code 之最佳效果，再利用問卷調查動態遮罩是否降低閱聽人對於圖像化 QR code 的察覺。表 3-1-1 為本研究之實驗變數表。

表 3-1-1  
研究架構變數表

自變數	應變數
圖像化 QR code 出現格數	手機解碼時間/PSNR 值
不同遮罩速度變化	手機解碼時間/PSNR 值

## 第二節 研究工具與設備

本研究所需之工具共分為硬體、軟體與應用程式，如表 3-2-1。硬體使用 MSI GP63 8re 筆記型電腦作為操作軟體以及顯示動態圖像化 QR code 之螢幕，並藉由 iPhone 12 pro max 內建 QR code 掃描器進行解碼。軟體使用 MARLAB 生成圖像化 QR code，以及使用 PSNR 評估遮罩對於圖像化 QR code 之影響；Adobe Photoshop 用以降低圖像化 QR code 之出現時間；Adobe Illustrator 用以製作不同的遮罩。

表 3-2-1  
研究工具與設備表

	工具
硬體	MSI GP63 8re
	iPhone 12 pro max
軟體	MATLAB
	Adobe Photoshop
	Adobe Illustrator
應用程式	手機內建 QR code Reader

### 第三節 研究方法

本研究之研究流程圖如圖 3-3-1，將三種不同內容之原始影片剪取為片段後結合動態遮罩並進行羽化處理，將含有動態遮罩之影片藉由資訊隱藏結合誤差擴散法製作出動態遮罩與圖像化 QR code 之影片，再藉由 Photoshop 減少圖像化 QR code 出現之影格數以降低其出現時間，生成本研究之動態圖像化 QR code，使用 PSNR 分析不同圖像化 QR code 出現時間及不同遮罩變化速度對影片品質的影響，並藉由問卷調查了解動態遮罩是否影響閱聽人對於圖像化 QR code 察覺，最後利用智慧型手機進行 QR code 之解碼測試並記錄其結果。

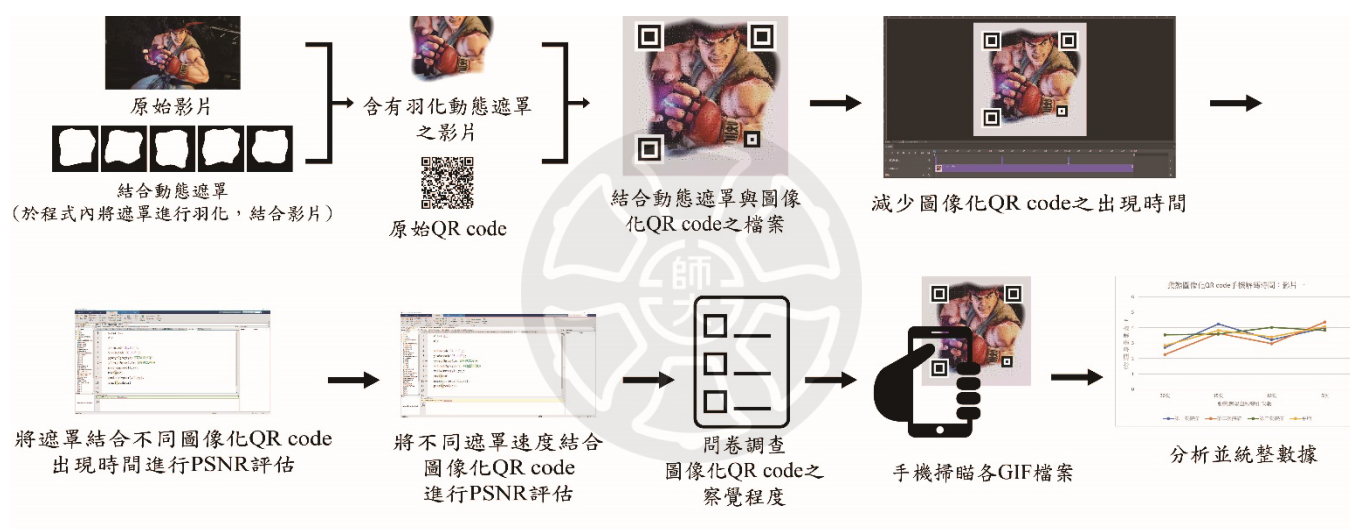


圖 3-3-1 研究方法流程圖

#### 一、影片結合羽化動態遮罩

本研究首先利用 Illustrator 製作共五張不同形狀之遮罩如圖 3-3-2 中之 a、b、c、d、e，利用 Matlab 將各遮罩與影片結合並進行羽化處理如圖 3-3-3，其羽化之目的是讓遮罩更融入於畫面，有較為舒適的視覺效果。本研究提出四種不同的遮罩變化速度如圖 3-3-4，覆蓋於總影格數 90 格、三種不同內容之原始影片上。再將原始影片結合遮罩後的各個影格輸入至 Photoshop 中進行輸出，本研究將其輸出兩種格式，分別為影片 MP4 檔以及循環動畫 GIF 檔，其中 GIF 檔有利於後續

研究進行。

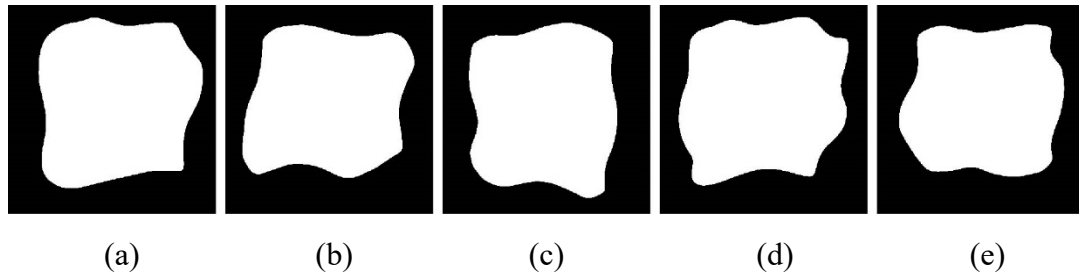


圖 3-3-2 遮罩樣式



圖 3-3-3 羽化遮罩結合各原始影片

影片參考網址：<https://youtu.be/ZZKnUM53P9Q>

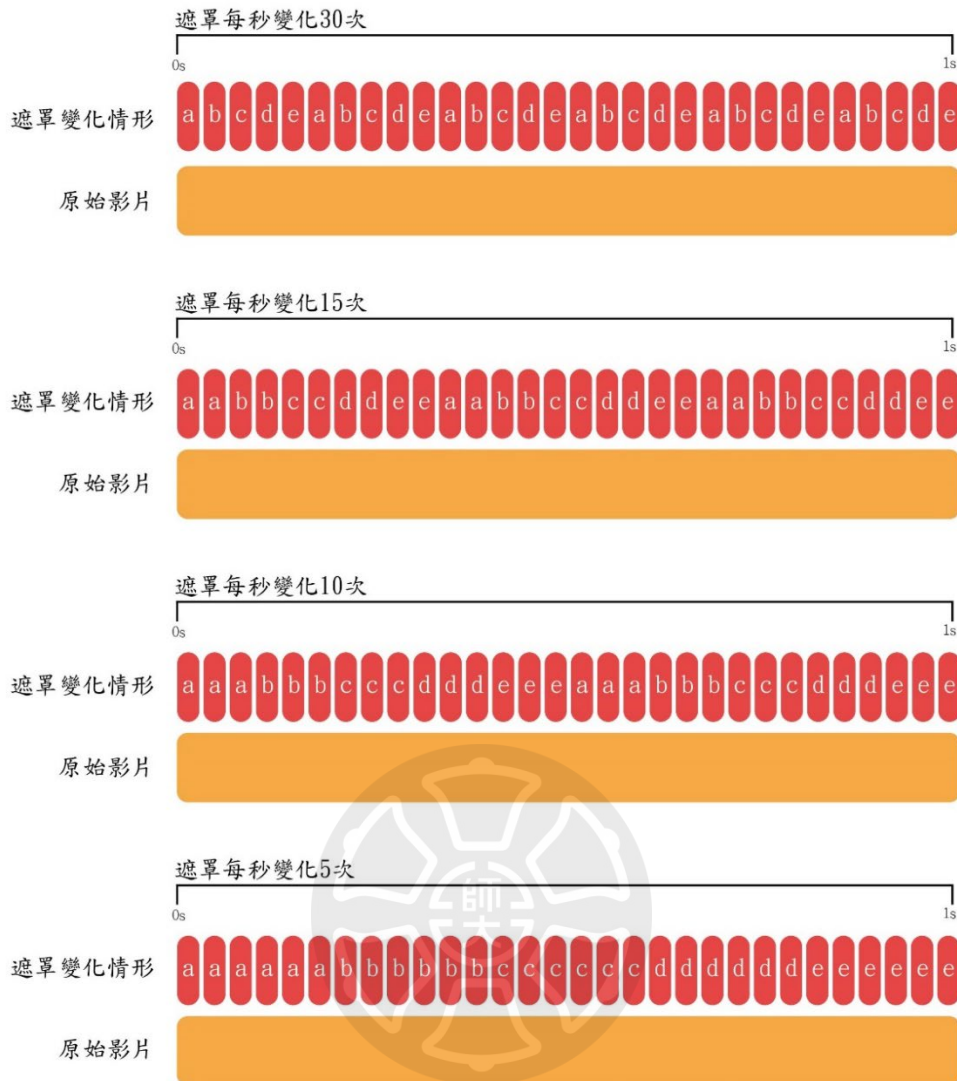


圖 3-3-4 四種遮罩變化速度示意圖

影片參考連結：<https://youtu.be/31gmmvFnnX8>

## 二、影片植入圖像化 QR code

首先將第六版  $41 \times 41$ 、最高等級容錯率 H (30%) 之 QR code 與尺寸為  $600 \times 600$  pixels 之原始影片，逐格進行植入 QR code 之運算，先將影片拆為各個影格後，透過 Wang et al. (2018) 等人所發展之資訊隱藏技術結合誤差擴散法，將影格進行階調調整後植入原始 QR code。原始 QR code 之每個模塊分割為  $12 \times 12$  個 pixels，而資訊點將置放於  $12 \times 12$  個 pixels 之中心區域，如圖 3-3-5。

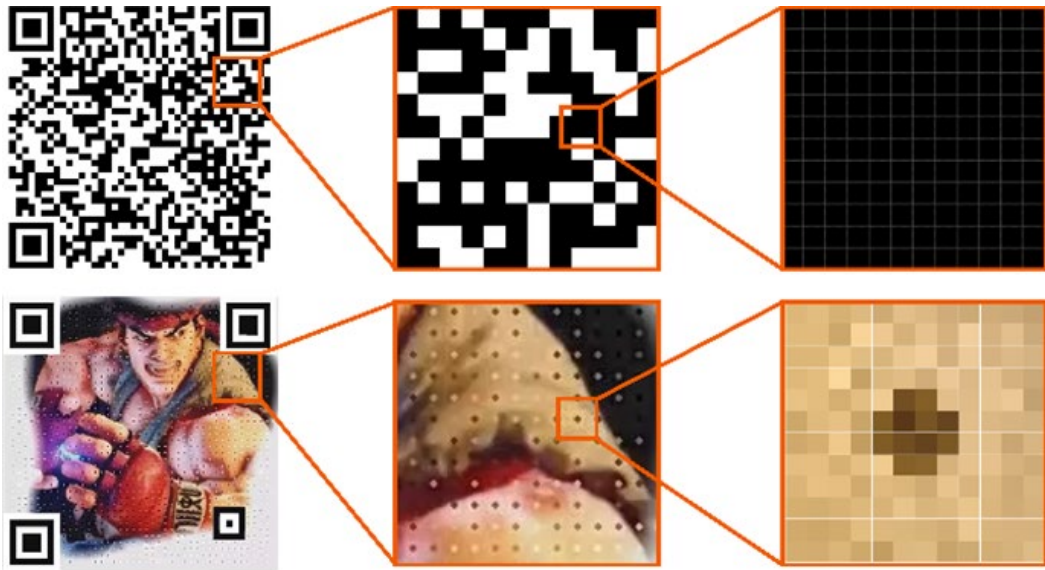


圖 3-3-5 資訊隱藏結合誤差擴散法示意圖

為了保有每個原始影格畫面之色彩階調性，將每個原始影格畫面與植入 QR code 區域之像素的灰階值誤差，藉由誤差擴散法由中心照不同權重向外擴散，如 (1)，擴散至鄰近周圍之 pixels。最後再將經過運算後含有圖像化 QR code 之每個影格合成為動態圖像化 QR code 之影片。另外本研究也針對 QR code 中的 Finder pattern 進行逐格變色處理，藉由吸取背景的平均顏色，逐格改變 Finder pattern 的顏色，使其更融入原始影片內容中。本研究針對三部不同內容進行上述流程如圖 3-3-6，由左至右為動畫內容、實際拍攝內容以及 Motion Graphic。

$$G = \frac{1}{300} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 1 \\ 1 & 2 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 2 & 1 & & & \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 4 & 4 & 4 & 4 & 4 & 3 & 2 & 1 & & & \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 0 & 0 & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 & & & \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 3 & 2 & 1 & & & \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 3 & 2 & 1 & & & \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 0 & 0 & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 & & & \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 4 & 4 & 4 & 4 & 4 & 3 & 2 & 1 & & & \\ 1 & 2 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 2 & 1 & & & & \\ 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 1 & & & \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

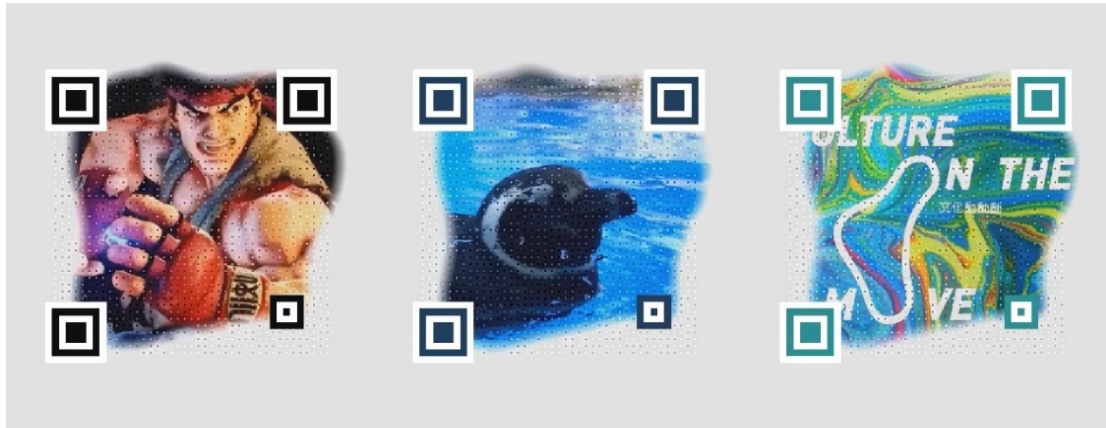


圖 3-3-6 不同內容之影片結合羽化動態遮罩，並植入圖像化 QR code：由左至右為動畫、實際拍攝片段以及 Motion Graphic  
影片參考網址：<https://youtu.be/9MwLac7s2M0>

### 三、減少圖像化 QR code 之出現時間

獲得了動態遮罩結合圖像化 QR code 之影片，接下來要降低 QR code 出現時間，以減少閱聽人之察覺。首先為了避免後製之最終結果有顏色上之差異，先將各影片檔案進行階調調整。各影片無顏色差異後，於 Photoshop 中進行後製處理，並提出了幾種不同 QR code 出現時間之排列組合，分別為每隔一格取代一張為 QR code (QR code 出現時間即 1/2 秒)、每隔 15 格取代一張為 QR code (QR code 出現時間即 1/15 秒)，每隔 30 格取代一張為 QR code (QR code 出現時間即 1/30 秒)，後製流程圖 3-3-7。得到之影格序列 (1 秒鐘長度，共 30 frames) 示意圖如圖 3-3-8，可以清楚地觀察到每秒鐘有不同數目的圖像化 QR code 出現。

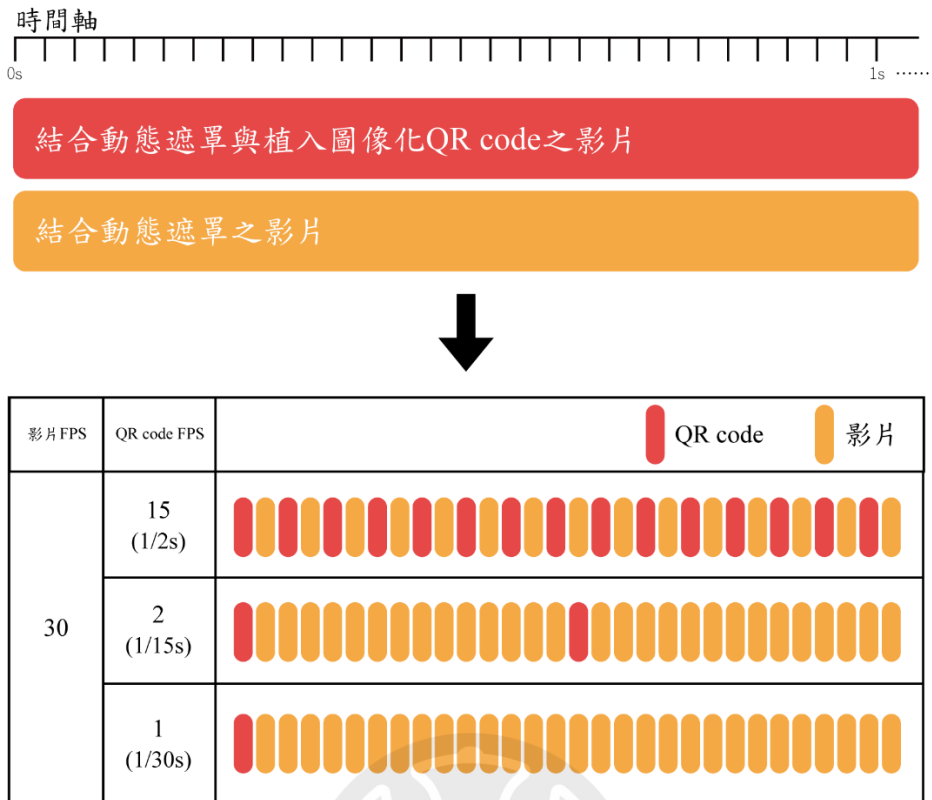


圖 3-3-7 減少圖像化 QR code 出現時間後製流程圖；  
影片參考網址：[https://youtu.be/iulByio\\_uug](https://youtu.be/iulByio_uug)



**圖 3-3-8** 影片結合動態遮罩，減少圖像化 QR code 出現時間示意圖：遮罩每秒變化 30 次且 (a) 圖像化 QR code 每秒出現 1/2 秒 (在 30frame 中出現 15 次 QR code)；(b) 圖像化 QR code 每秒出現時間 1/15 秒 (在 30frame 中出現 2 次 QR code)；(c) 圖像化 QR code 每秒出現時間 1/30 秒 (在 30frame 中出現 1 次 QR code)

#### 四、PSNR 分析

本研究利用 PSNR 評估減少出現時間之圖像化 QR code 對影像品質的影響。PSNR 的計算流程為：先逐格計算出原始影像結合遮罩、原始影像結合遮罩與圖像化 QR code 之 MSE 值 (Mean-square error, 均方誤差)，其算法藉由方程式 (2) 計算出影像 RGB 三通道的個別 MSE 值取平均值，此處會得到「單一影格」之 MSE 值，再將影片所有影格之 MSE 值進行平均，得到「影片」之 MSE 值，最後藉由方程式 (3) 取得影片之 PSNR 數值。此外，本研究也進行了人眼視覺系統 (Human Visual System) 下的 PSNR 評估，以模擬人眼觀看時的實際情形，其方法是針對影片進行高斯模糊處理如圖 3-3-9，再將模糊後的影片利用上述方法求得其 PSNR，再進行後續比較。

$$MSE = 1/N^2 \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} (A'(x,y) - A(x,y))^2 \quad (2)$$

$$PSNR = 10 \log_{10}(255^2/MSE) \quad (3)$$

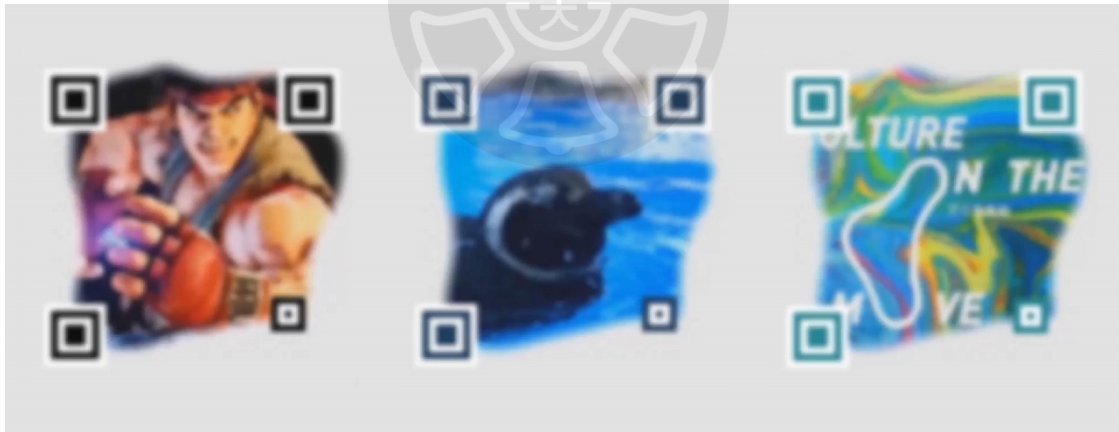


圖 3-3-9 將影片進行高斯模糊處理

#### 五、問卷調查

本研究使用網路問卷探討不同動態遮罩之變化速度是否影響閱聽人對於圖像化 QR code 之察覺。問卷設計分為三部分，第一部分為「基本資料」，共 5 題；第二部分為「不同動態遮罩變化速度是否影響閱聽人對於圖像化 QR code 之察

覺」的評估，共 12 題；第三部分為「未來應用」，共兩題。填答方式採用 Likert 五點量表進行測驗。

本研究採用便利抽樣法，針對有 QR code 使用經驗，以及有在影片中觀看過 QR code 的學生、社會人士為測驗對象，因此會詢問受測者是否有相關經驗再進行後續填答，研究以敘述統計進行分析。

## 六、手機掃描

最後本研究利用 iPhone 12 pro max 之內建 QR code reader 對各版本之 GIF 檔進行掃描分析，了解不同圖像化 QR code 出現時間、不同遮罩變化速度之間對於掃描速度之影響。



## 第四章 研究結果與討論

本研究將三部不同影片內容分別為動畫、實際拍攝片段以及 Motion Graphic，結合動態遮罩並進行羽化處理，同時減少圖像化 QR code 於影片中的出現時間，降低閱聽人對於圖像化 QR code 之察覺，同時能夠以智慧型手機內建 QR code 掃描器解碼。研究使用 PSNR 來評估減少出現時間之圖像化 QR code 及不同遮罩變化速度對於影片之品質影響，利用問卷調查動態遮罩對於圖像化 QR code 察覺的影響，且紀錄智慧型手機對於各檔案之解碼時間。本章共四小節：圖像化 QR code 出現時間之評估、圖像化 QR code 對不同遮罩速度下之影片品質評估、動態遮罩對於圖像化 QR code 察覺影響問卷分析以及實際影片之掃描測試。

### 第一節 圖像化 QR code 出現時間之影片品質評估

本研究分別針對三部不同影片內容，且影片都為 30 fps 的情況下，將影片結合動態遮罩與圖像化 QR code，同時減少圖像化 QR code 出現時間，降低閱聽人之察覺。PSNR 評估中，針對四種圖像化 QR code 出現時間進行比較，包含圖像化 QR code 持續出現 (QR code 每秒出現時間 1 秒)、每隔一格取代一張為 QR code (QR code 出現時間即 1/2 秒)、每隔 15 格取代一張為 QR code (QR code 出現時間即 1/15 秒)，每隔 30 格取代一張為 QR code (QR code 出現時間即 1/30 秒) 如圖 3-3-7。

研究先針對動畫進行評估，將影片套用每秒變化 30 次的遮罩作為 PSNR 比對影片如表 4-1-1 (a)，再將影片 (a) 植入圖像化 QR code 並後製出四種不同 QR code 出現時間，得到四個要進行 PSNR 比對的影片 (b)。將 (a)、(b) 各個影片檔案進行正常模式下的 PSNR 計算後可看出，當圖像化 QR code 出現時間越少，其 PSNR 值越高，意指影片 (b) 越接近原始影片 (a)；在人眼視覺下，將影片 (a)、(b) 經過高斯模糊處理後分別得到影片 (c)、(d)，再進行 PSNR 的計算，在圖像化 QR code 每秒出現時間 1/30 秒的情況下，人眼視覺的 PSNR 值比正常模式高

出約 3dB，更為接近原始影片。將有結合圖像化 QR code 之特定影格的影像品質評估另外以表格列出，以 QR code 每秒出現時間 1/30 秒的情況為例，如表 4-1-2，正常模式下可以觀察到，影像結合圖像化 QR code 時其 PSNR 值落在 20 dB 左右；而人眼視覺下的 PSNR 值約高出 3 dB。

表 4-1-1

動畫結合動態遮罩與不同圖像化 QR code 出現時間之 MSE 與 PSNR 評估表；

影片參考網址：[https://youtu.be/iulByio\\_uug](https://youtu.be/iulByio_uug)

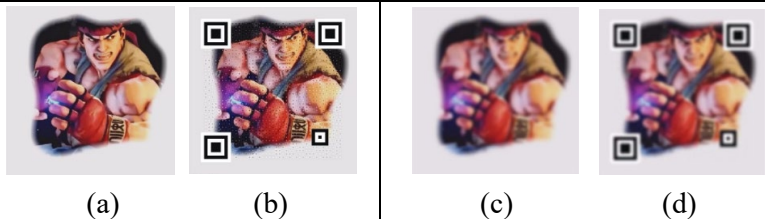
			
	正常模式		HVS(模糊化)
QR code 出現時間(秒)	MSE	PSNR	PSNR
1s	589.78	20.42	23.79
1/2s	293.75	26.78	26.78
1/15s	40.99	32.00	34.94
1/30s	22.51	34.60	37.75

表 4-1-2

動畫之特定影格 MSE 與 PSNR 評估表：以圖像化 QR code 每秒出現 1/30 秒為例

影格(Frame)	正常模式		HVS(模糊化)	
	MSE	PSNR	MSE	PSNR
第 01 格	815.45	19.01	387.00	22.25
第 31 格	594.59	20.39	276.28	23.72
第 61 格	583.68	20.47	270.68	23.81

相同步驟對實際拍攝片段進行評估，將表 4-1-3 (a)、(b) 各個影片檔進行正常模式下的 PSNR 計算後可看出，當圖像化 QR code 出現時間越少，其 PSNR 值越高；在人眼視覺下，將影片 (a)、(b) 經過高斯模糊處理後分別得到影片 (c)、(d)，

再進行 PSNR 的計算，在圖像化 QR code 每秒出現時間 1/30 秒的情況下，人眼視覺的 PSNR 值比正常模式高出約 3 dB，也更為接近原始影片。同樣將有結合圖像化 QR code 之特定影格的影像品質評估另外以表格列出，如表 4-1-4，正常模式下可以觀察到，影像結合圖像化 QR code 時其 PSNR 值也落在 20 dB 左右；而人眼視覺下的 PSNR 值約高出 3 dB。

表 4-1-3

實際拍攝片段結合動態遮罩與不同圖像化 QR code 出現時間之 MSE 與 PSNR 評估表；影片參考網址：[https://youtu.be/X\\_ssVOT2Cs](https://youtu.be/X_ssVOT2Cs)

QR code 出現時間(秒)	正常模式		HVS(模糊化)	
	MSE	PSNR	MSE	PSNR
1s	463.69	21.46	217.12	24.76
1/2s	230.75	24.49	108.95	27.75
1/15s	33.54	32.87	16.27	36.01
1/30s	17.55	35.68	8.65	38.75

表 4-1-4

實際拍攝片段之特定影格 MSE 與 PSNR 評估表：以圖像化 QR code 每秒出現 1/30 秒為例

影格(Frame)	正常模式		HVS(模糊化)	
	MSE	PSNR	MSE	PSNR
第 01 格	489.68	21.23	233.72	24.44
第 31 格	517.14	20.99	236.16	24.39
第 61 格	527.19	20.91	243.87	24.25

最後對 Motion Graphic 片段進行評估，將表 4-1-5 (a)、(b) 影片檔進行正常模式下的 PSNR 計算後可看出與動畫、實際拍攝片段有相同之趨勢，當圖像化 QR

code 出現時間越少，其 PSNR 值越高；將影片 (c)、(d) 進行人眼視覺下的 PSNR 計算，在圖像化 QR code 每秒出現時間 1/30 秒的情況下，人眼視覺的 PSNR 值比正常模式高出約 3 dB，更被人眼視覺接受。將結合圖像化 QR code 之特定影格的影像品質評估以表格列出，如表 4-1-6，正常模式下可以觀察到，影像結合圖像化 QR code 時其 PSNR 值落在 23 dB 左右；而人眼視覺下的 PSNR 值約高出 3 dB。

表 4-1-5

**Motion Graphic 結合動態遮罩與不同圖像化 QR code 出現時間之 MSE 與 PSNR 評估表**；影片參考網址：<https://youtu.be/YiwIg-CzMsQ>

	(a) (b)		(c) (d)	
	正常模式		HVS(模糊化)	
QR code 出現時間(秒)	MSE	PSNR	MSE	PSNR
1s	396.23	22.15	190.33	25.33
1/2s	198.68	25.14	95.87	28.31
1/15s	31.57	33.13	14.62	36.48
1/30s	11.64	37.47	6.25	40.17

表 4-1-6

**Motion Graphic 之特定影格 MSE 與 PSNR 評估表**：以圖像化 QR code 每秒出現 1/30 秒為例

影格(Frame)	正常模式		HVS(模糊化)	
	MSE	PSNR	MSE	PSNR
第 01 格	322.43	23.04	142.63	26.58
第 31 格	319.41	23.08	158.73	26.12
第 61 格	321.04	23.06	161.48	26.04

得知上述數據後，將每秒遮罩變化 30 次、不同圖像化 QR code 出現時間之

各個檔案 (QR code 持續出現之情形不列入解碼討論)，利用 iPhone 12 pro max 進行掃描解碼測試，解碼時間如圖 4-1-1。實驗後發現減少 QR code 出現時間後，仍可穩定解碼，雖然圖像化 QR code 每秒出現的時間越短，解碼時間越長，但對於影片品質的影響越小。為考慮到影片品質及解碼速度之平衡，故本研究選用圖像化 QR code 每秒出現時間 1/30 秒結合不同遮罩變化速度進行 PSNR 分析。另外，選用圖像化 QR code 每秒出現 1/30 秒的變化同時還能避免圖像化 QR code 每秒出現 1/2 秒、1/15 秒所造成的 QR code 閃爍問題，如圖 3-3-7 影片參考連結所示。

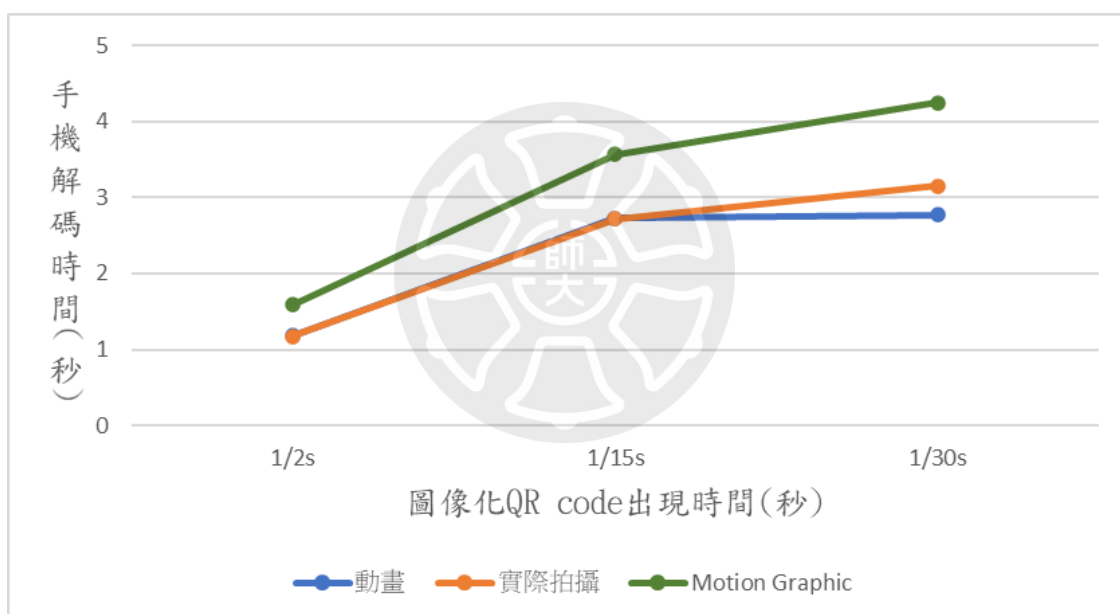


圖 4-1-1 三部影片結合遮罩每秒變化 30 次、不同圖像化 QR code 出現時間之手機解碼時間圖

## 第二節 圖像化 QR code 對不同遮罩速度下之影片品質評估

在得知圖像化 QR code 每秒出現 1/30 秒的情況下對影片品質的影響最小後，將三部影片結合四種不同遮罩變化速度，分別為遮罩每秒變化 30 次、15 次、10 次、5 次 (圖 3-3-4)，並結合圖像化 QR code 每秒出現 1/30 秒且輸出各個檔案，進行 PSNR 計算，分析不同遮罩變化速度下，圖像化 QR code 對於影片品質的影響。

首先將動畫內容結合遮罩每秒變化 30 次、15 次、10 次、5 次，分別會得到四個不同動態遮罩變化速度之影片檔如表 4-2-1 (a)，再將此四個檔案分別結合圖像化 QR code 每秒出現時間 1/30 秒得到影片 (b)，將 (a)、(b) 檔案進行正常模式下的 PSNR 計算後可看出，圖像化 QR code 對於不同遮罩變化速度之影片品質影響差異甚小，其 PSNR 值幾乎都落在 34.6 dB；在人眼視覺下，將影片 (a)、(b) 經過高斯模糊處理後分別得到影片 (c)、(d)，再進行 PSNR 的計算，可得知人眼視覺下之 PSNR 值約 37.6 dB，顯示出當人眼觀察動態遮罩結合圖像化 QR code 每秒出現時間 1/30 秒的影片時，其影片品質更接近於原始影片。

表 4-2-1

動畫結合不同變化速度之動態遮罩、圖像化 QR code 出現時間 1/30 秒之 MSE 與 PSNR 評估；影片參考網址：<https://youtu.be/31gmmYFnnX8>

	正常模式		HVS (模糊化)	
	MSE	PSNR	MSE	PSNR
遮罩每秒變化次數 (QR 1/30)				
30 次	22.23	34.66	11.13	37.66
15 次	22.26	34.65	11.15	37.65
10 次	22.25	34.65	11.12	37.66
5 次	22.19	34.66	11.11	37.67

利用相同步驟對實際拍攝片段以及 Motion Graphic 片段進行不同遮罩變化速度、圖像化 QR code 出現時間 1/30 秒的影片之 PSNR 比較，得到表 4-2-2 及表 4-2-3。在實際拍攝片段，如表 4-2-2 中可以觀察到，正常模式下不同遮罩速度、圖像化 QR code 出現時間 1/30 秒的情況下，其 PSNR 值大約都在 35.7 dB 左右，人眼視覺下的 PSNR 值表現情況約 38.8 dB；Motion Graphic 片段，如表 4-2-3 中可以觀察到，正常模式下不同遮罩速度、圖像化 QR code 出現時間 1/30 秒的情況下，其 PSNR 值大約為 37.5 dB 左右，人眼視覺下的 PSNR 表現甚至可達到 40.2 dB。由上述結果可得知，不同遮罩速度變化是不影響 PSNR 值，同時採用圖像化 QR code 出現時間 1/30 秒的情況下，PSNR 值都在 30dB 以上。



表 4-2-2

實際拍攝片段結合不同變化速度之動態遮罩、圖像化 QR code 出現時間 1/30 秒之 MSE 與 PSNR 評估；影片參考網址：<https://youtu.be/RE0j9tsLOKE>

	正常模式		HVS (模糊化)	
	MSE	PSNR	MSE	PSNR
遮罩每秒變化次數 (QR 1/30)				
30 次	17.31	35.74	8.64	38.76
15 次	17.35	35.73	8.64	38.76
10 次	17.35	35.73	8.63	38.76
5 次	17.23	35.76	8.56	38.80

表 4-2-3

**Motion Graphic 結合不同速度之羽化動態遮罩、圖像化 QR code 出現時間 1/30 秒之 MSE 與 PSNR 評估。** 影片參考網址：<https://youtu.be/rC5-GsQFhDg>

				
	正常模式		HVS (模糊化)	
遮罩每秒變化次數 (QR 1/30)	MSE	PSNR	MSE	PSNR
30 次	11.64	37.47	6.16	40.22
15 次	11.56	37.50	6.11	40.26
10 次	11.50	37.52	6.11	40.26
5 次	11.51	37.51	6.12	40.25



### 第三節 動態遮罩對於圖像化 QR code 察覺影響問卷分析

首先是樣本結構分析，本研究問卷發放之範圍以臺灣師範大學圖文傳播學系以及校外社會人士等，有 QR code 使用經驗，並曾於影片中觀看到 QR code 之閱聽人為研究對象，欲探討不同動態遮罩之變化速度是否影響閱聽人對於圖像化 QR code 之察覺。

本研究共發出 31 份網路問卷，剔除 7 份無效問卷後，有效問卷為 24 份。受測者男女比例約 2：3；受測者年齡層約落在 18-35 歲，約 70.9%；而受測者之教育程度主要集中在大學以及碩士，約為 87%；實際使用過 QR code 的受測者為 100%；於影片中有觀看到過 QR code 之受測者約為 77.4%。

表 4-3-1  
樣本次數分配表

	類別	樣本數	百分比(%)
性別	男	13	41.9
	女	18	58
年齡	18 歲以下	0	0
	18-25 歲	12	38.7
	26-35 歲	10	32.2
	36-45 歲	5	16.1
	45 歲以上	4	12.9
教育程度	高中職以下	2	6.4
	專科	2	6.4
	大學	14	45.1
	碩士	13	41.9
	博士	0	0
是否使用過 QR code	是	31	100
	否	0	0
是否有在影片中觀看到過 QR code	是	24	77.4
	否	7	22.5

以下將各別分析三部不同影片內容中，四種動態遮罩變化速度是否影響閱聽

人對於圖像化 QR code 的察覺。首先為動畫內容，如圖 4-3-1，由數據分析可以得知，動態遮罩每秒變化 30 次之情況中，受測者填答非常同意以及同意的百分比和為 62.4%；動態遮罩每秒變化 15 次的情況中，受測者填答非常同意以及同意的百分比和為 62.4%；動態遮罩每秒變化 10 次的情況中，受測者填答非常同意以及同意的百分比和為 58.3%；最後動態遮罩每秒變化 5 次的情況中，受測者填答非常同意及同意的百分比總和為 45.8%。上述數據可了解到，在動態遮罩變化速度 30 次、15 次以及 10 次的情況下，受測者有一半以上認為動態遮罩能降低圖像化 QR code 之察覺，其中以動態遮罩每秒變化 30 次以及 15 次之效果為佳。

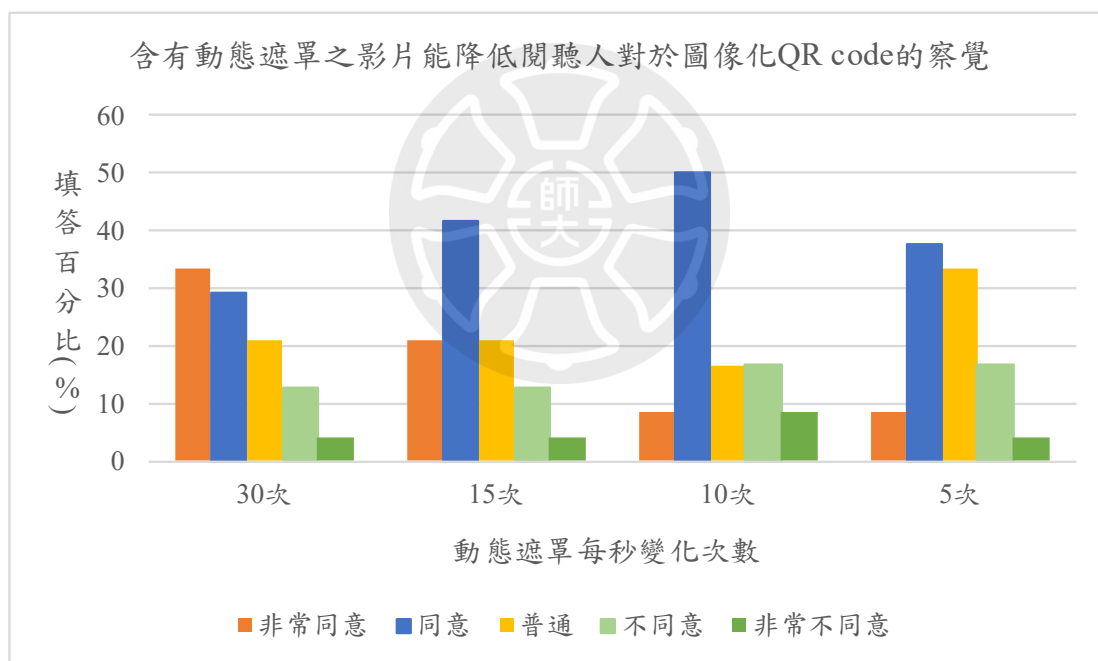


圖 4-3-1 動畫內容：動態遮罩使否能降低閱聽人對於圖像化 QR code 之察覺評估圖

實際拍攝內容之部分，如圖 4-3-2，由數據分析可以得知，動態遮罩每秒變化 30 次之情況中，受測者填答非常同意以及同意的百分比和為 54.1%；動態遮罩每秒變化 15 次的情況中，受測者填答非常同意以及同意的百分比和為 54.1%；動態

遮罩每秒變化 10 次的情況中，受測者填答非常同意以及同意的百分比和為 58.3%；最後動態遮罩每秒變化 5 次的情況中，受測者填答非常同意及同意的百分比總和為 45.8%。上述數據可了解到，在動態遮罩變化速度 30 次、15 次以及 10 次的情況下，受測者有一半以上認為動態遮罩能降低圖像化 QR code 之察覺，其中以動態遮罩每秒變化 10 次之效果普遍認為較佳。

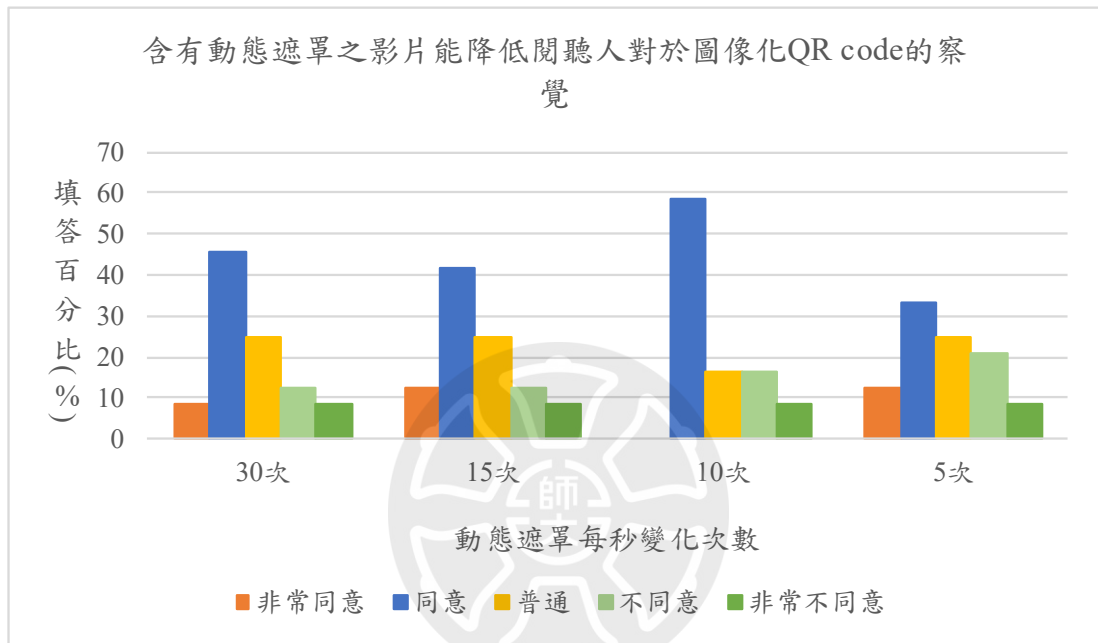


圖 4-3-2 實際拍攝內容：動態遮罩使否能降低閱聽人對於圖像化 QR code 之察覺評估圖

Motion Graphic 之部分，如圖 4-3-3，由數據分析可以得知，動態遮罩每秒變化 30 次之情況中，受測者填答非常同意以及同意的百分比和為 58.3%；動態遮罩每秒變化 15 次的情況中，受測者填答非常同意以及同意的百分比和為 58.3%；動態遮罩每秒變化 10 次的情況中，受測者填答非常同意以及同意的百分比和為 49.9%；最後動態遮罩每秒變化 5 次的情況中，受測者填答非常同意及同意的百分比總和為 45.7%。上述數據可了解到，在動態遮罩變化速度 30 次、15 次以及的情況下，受測者有一半以上認為動態遮罩能降低圖像化 QR code 之察覺，其中以動態遮

單每秒變化 30 次及 15 次之效果普遍認為較佳。

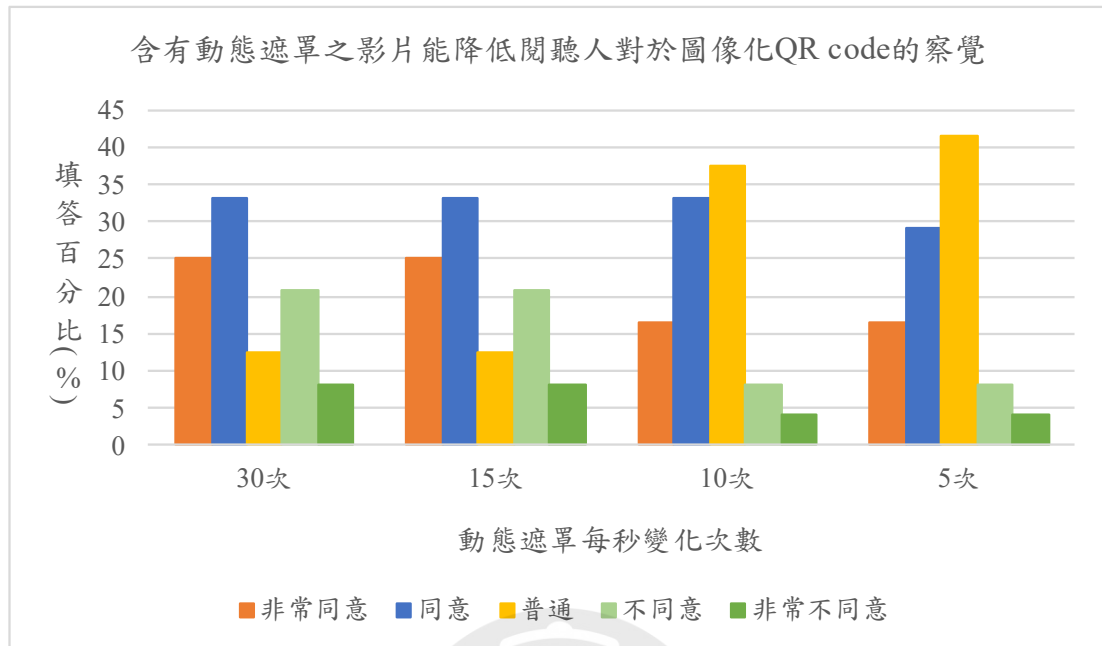


圖 4-3-3 Motion Graphic：動態遮罩使否能降低閱聽人對於圖像化 QR code 之察覺評估圖

由上述數據可推測，當動態遮罩速度越快，閱聽人對於圖像化 QR code 的察覺就越少；反之當動態遮罩速度越慢，閱聽人越容易察覺圖像化 QR code，此趨勢於動畫以及 Motion Graphic 的數據中可以觀察得知。而實際拍攝內容的部分，研究推測由於此影片內容較其他兩者平緩，故當圖像化 QR code 出現時，較容易觀察出圖像化 QR code。

另外本研究同時調查了受測者對於圖像化 QR code 的相關滿意度調查。圖 4-3-4 為傳統 QR code 與圖像化 QR code 之美觀程度比較圖，由圖中數據可得知，約有 79% 的受測者認為圖像化 QR code 外觀更優於傳統 QR code；約有 74% 受測者未來有意願使用本研究生產之動態圖像化 QR code，如圖 4-3-5 所示。

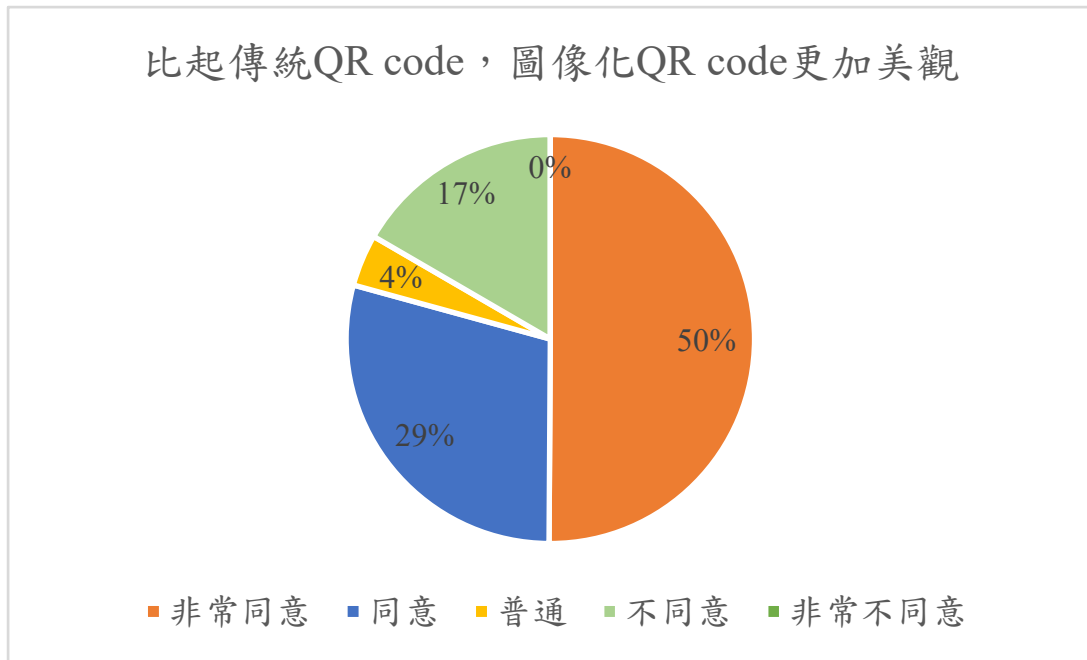


圖 4-3-4 傳統 QR code 與圖像化 QR code 之美觀程度比較圖

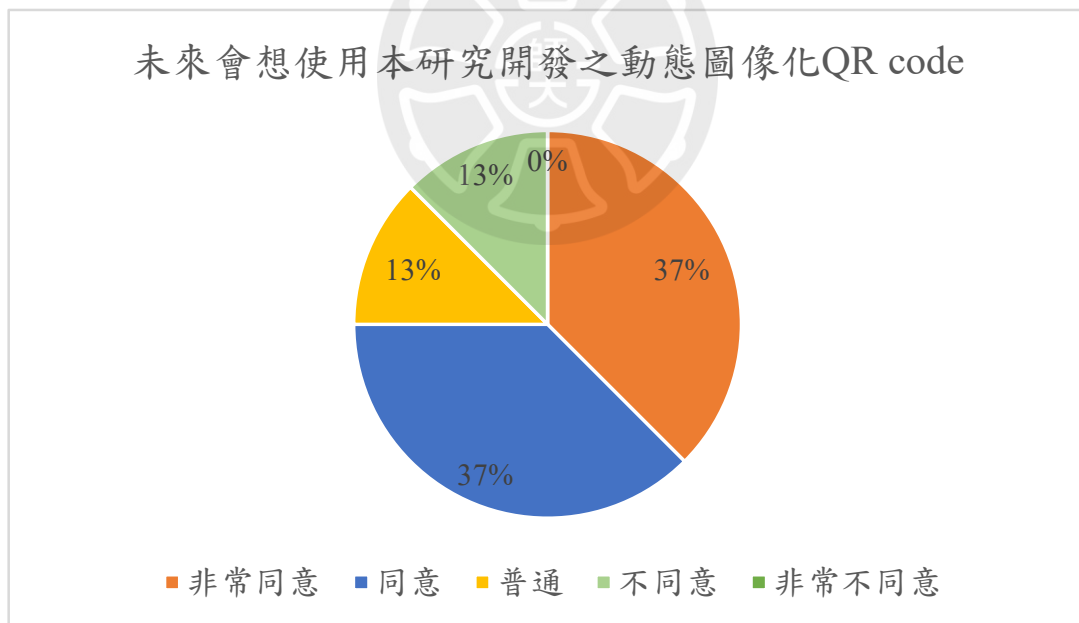


圖 4-3-5 本研究生產之動態圖像化 QR code 使用意願圖

#### 第四節 實際影片解碼測試

本節將三部不同影像內容，結合不同遮罩變化速度、圖像化 QR code 出現時間 1/30 秒的各個影片，利用 iPhone 12 pro max 進行掃描解碼測試，以了解實際應用上的情形。掃描解碼步驟為：先將輸出之 GIF 檔案以全螢幕視窗開啟，使用 iPhone 內建之 QR code 掃描器解碼，且 iPhone 鏡頭至螢幕之距離約為 60 公分進行掃描。

首先為動畫內容，不同遮罩變化次數 (每秒變化 30 次、15 次、10 次、5 次)、圖像化 QR code 出現時間 1/30 秒之各檔案經過智慧型手機掃描解碼，並紀錄其解碼時間。每個檔案各掃描三次並計算其平均速度，可得知當遮罩每秒變化次數 30 次，其平均解碼時間為 2.84 秒；當遮罩每秒變化次數 15 次，其平均解碼時間為 3.81 秒；遮罩每秒變化次數 10 次，其平均解碼時間約為 3.4 秒；最後在遮罩每秒變化次數 5 次時，其平均解碼時間約為 4.06 秒，如圖 4-4-1。由數據可看出動畫在不同遮罩變化次數下，平均掃描時間約在 2 秒至 4 秒之間。

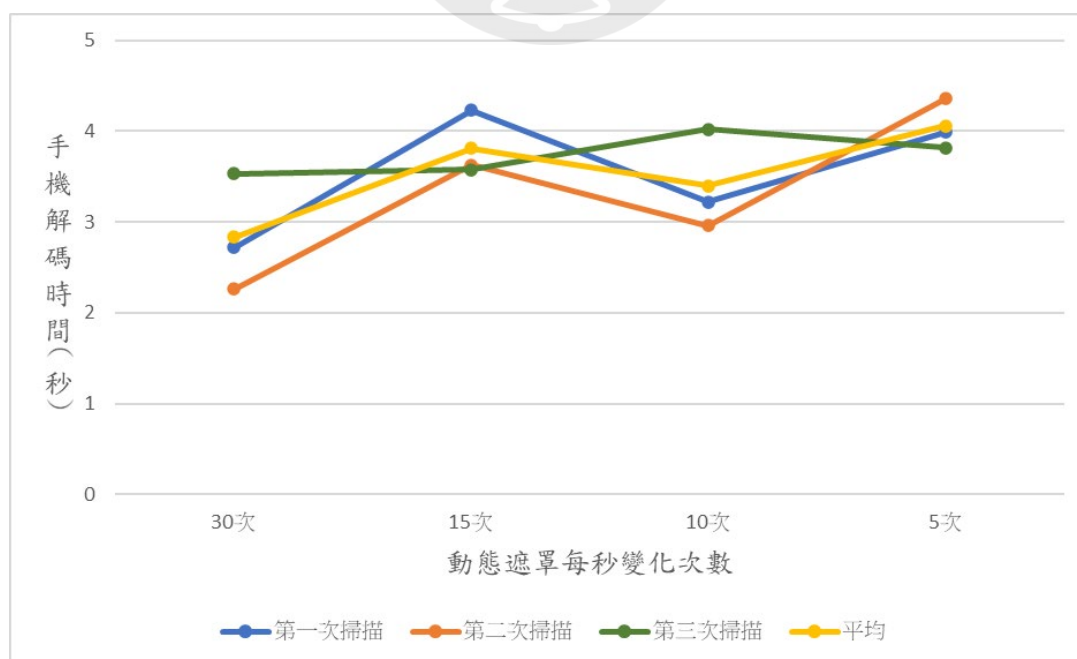


圖 4-4-1 動畫片段之手機解碼時間圖

實際拍攝內容中，不同遮罩變化次數、圖像化 QR code 出現時間 1/30 秒之各個檔案經過智慧型手機掃描並紀錄其解碼時間，可得知當遮罩每秒變化次數 30 次，其平均解碼時間為 2.15 秒；當遮罩每秒變化次數 15 次，其平均解碼時間為 2.38 秒；遮罩每秒變化次數 10 次，其平均解碼時間為 2.7 秒；最後在遮罩每秒變化次數 5 次時，其平均解碼時間為 2.75 秒，如圖 4-4-2。由數據可看出實際拍攝片段在不同遮罩變化次數下，平均掃描時間約在 2 秒至 3 秒之間。

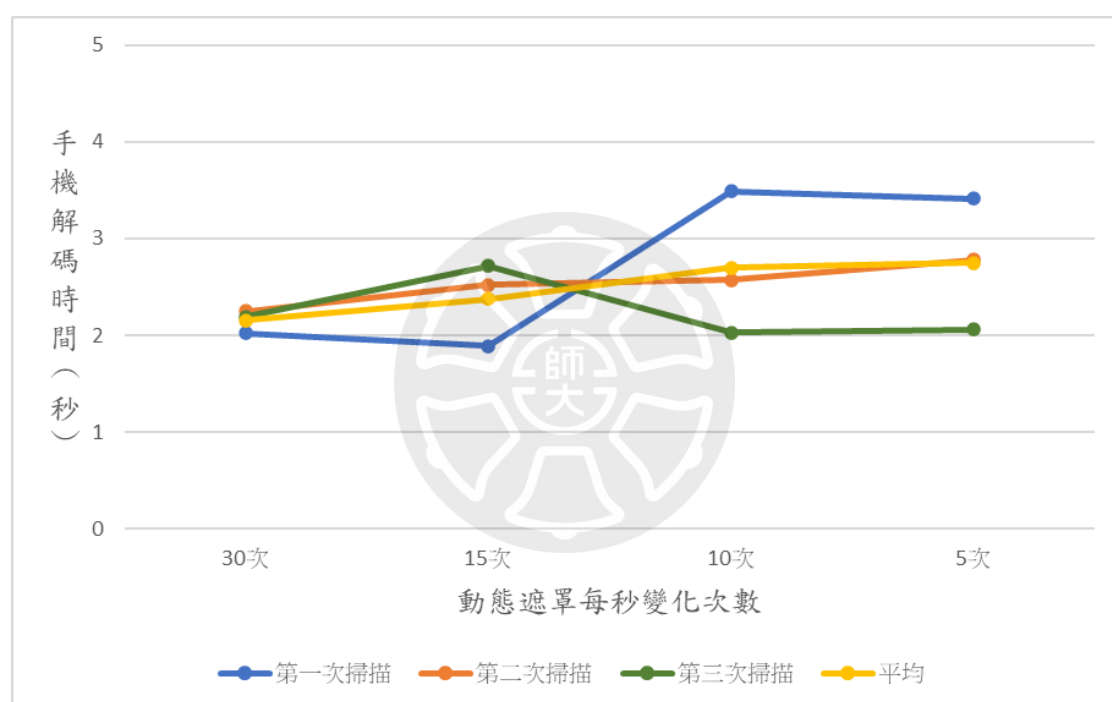


圖 4-4-2 實際拍攝片段之手機掃描時間表

最後是 Motion Graphic，不同遮罩變化次數、圖像化 QR code 出現時間 1/30 秒之各檔案經智慧型手機掃描並紀錄其解碼時間，可得知當遮罩每秒變化次數 30 次，其平均解碼時間為 2.89 秒；當遮罩每秒變化次數 15 次，其平均解碼時間為 3.24 秒；遮罩每秒變化次數 10 次，其平均解碼時間為 3.34 秒；最後在遮罩每秒變化次數 5 次時，其平均解碼時間為 4.37 秒，如圖 4-4-3。由數據可看出 Motion Graphic 在不同遮罩變化次數下，平均掃描時間約在 3 秒至 5 秒之間。

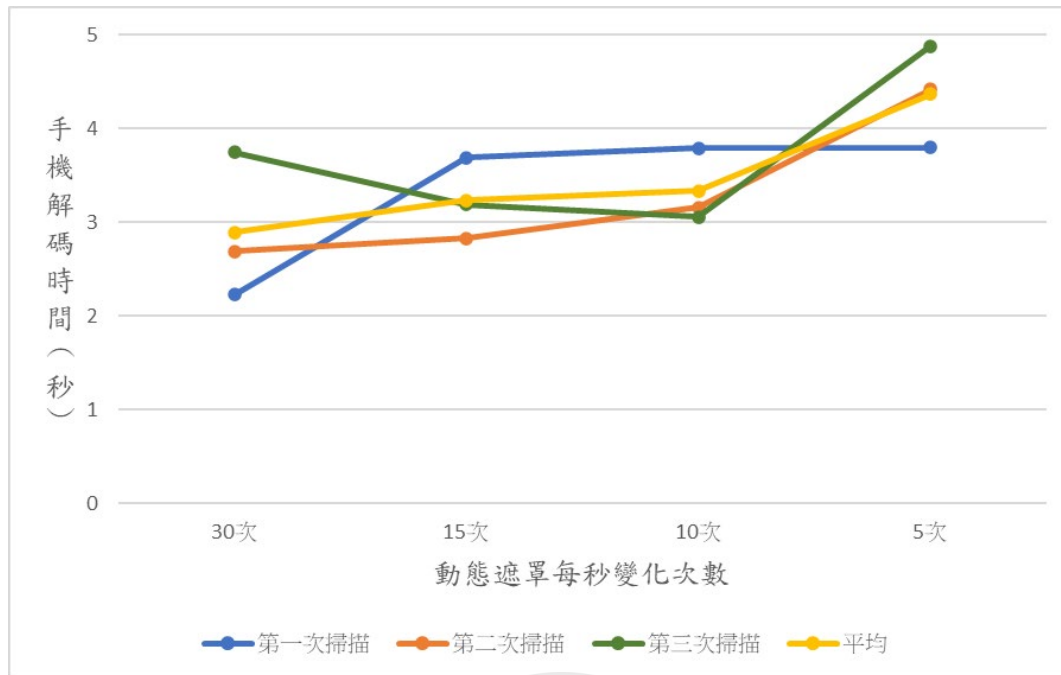


圖 4-4-3 Motion Graphic 之手機解碼時間表

綜合分析結果可推測，三種影片內容中，遮罩每秒變化 30 次、圖像化 QR code 每秒出現 1/30 秒的版本掃描時間較其他遮罩變化速度版本快，其中又以實際拍攝片段的平均解碼時間最為快速，推測因實際拍攝片段之內容動作較為平緩，能更容易分辨出圖像化 QR code 之資訊點，故解碼時間較快。而動畫及 Motion Graphic 之影片內容顏色豐富、動作快速，圖像化 QR code 之資訊點較容易被干擾，而解碼時間較慢。但由以上數據可知，本研究生成之影片結合不同遮罩變化速度、圖像化 QR code 出現時間 1/30 秒的結果，能夠被穩定掃描解碼。

## 第五章 結論與建議

由上述研究結果顯示，本研究將影片結合不同遮罩變化速度之動態遮罩，以及植入圖像化 QR code 每秒出現 1/30 秒之影片檔，可成功使用智慧型手機 QR code 掃描器解碼資訊，再 PSNR 評估中得知，當圖像化 QR code 出現時間越少，對影片品質的影響也越少，仍在人眼可接受之範圍。研究結果中總結以下結論與建議。

### 第一節 研究結論

1. 本研究藉由減少 QR code 於畫面中的出現時間，降低閱聽人對於 QR code Finder Pattern 的察覺，並保持 QR code 仍能被觀察到的視覺引導，使閱聽人知道畫面中可進行掃描解碼，且本研究發展之動態圖像化 QR code 可使用一般手機進行掃描解碼。
2. 本研究藉由 PSNR 分析得知，當圖像化 QR code 在影片中出現時間越少，其影片品質越被人眼所接受，進而圖像化 QR code 於影片中的最佳出現時間(每秒出現 1/30 秒)，在影片品質與可讀性之間取得平衡。
3. 本研究利用動態遮罩突破了影片與傳統 QR code 的外型框架，動態遮罩改變影片外型，且不影響原始影片呈現，兼具美觀及可讀性，並由問卷調查得知動態遮罩有助於降低閱聽人對於 QR code Finder Pattern 之察覺。
4. 本研究發展之技術可將任意影片與 QR code 進行結合，並經由使用者自行設計遮罩以改變影片外型，能夠適用於多媒體、影音產業，展現商業加值應用。

## 第二節 研究建議

- 一、隨著影片拍攝器材進步、螢幕載具的普及，影片拍攝從過去每秒 30fps，到現在已經有越來越多攝影器材可達到拍攝每秒 60fps 甚至是每秒 120fps；螢幕方面甚至已經來到了每秒鐘可顯示 165 張圖片，故建議未來可將圖像化 QR code 出現時間縮至更短時間，進而了解手機解碼 QR code 之極限。
- 二、未來將可改進本研究中，影片結合羽化動態遮罩後之灰色底色，若將其製成不同顏色的變化，甚至是輸出透明底色，本研究之應用會更加方便。
- 三、本研究所發展之動態圖像化 QR code 技術應用多變，可應用於 YouTube、Twitter 等頻道影片，也可將 Facebook、Line 等社群媒體之影片大頭貼結合動態遮罩與 QR code，提供未來影片創作的趨勢。

## 參考文獻

### 一、外文文獻：

- Cui, H., Bian, H., Zhang, W., & Yu, N. (2019, April). Unseencode: Invisible on-screen barcode with image-based extraction. In *IEEE INFOCOM 2019-IEEE Conference on Computer Communications* (pp. 1315-1323). IEEE.
- Garateguy, G. J., Arce, G. R., Lau, D. L., & Villarreal, O. P. (2014). QR images: optimized image embedding in QR codes. *IEEE Transactions on Image Processing*, 23(7), 2842-2853.
- Huang, P. C., Li, Y. H., Chang, C. C., & Liu, Y. (2018). Efficient scheme for secret hiding in QR code by improving exploiting modification direction. *KSII Transactions on Internet and Information Systems (TIIS)*, 12(5), 2348-2365.
- Kikuchi, R., Yoshikawa, S., Jayaraman, P. K., Zheng, J., & Maekawa, T. (2018). Embedding QR codes onto B-spline surfaces for 3D printing. *Computer-Aided Design*, 102, 215-223.
- Pena-Pena, K., & Arce, G. R. (2019, March). Channel Coding Optimization for Visually Pleasant QR Codes: Invited Presentation. In *2019 53rd Annual Conference on Information Sciences and Systems (CISS)* (pp. 1-4). IEEE.
- Song, K., Liu, N., Gao, Z., Zhang, J., Zhai, G., & Zhang, X. P. (2020, July). Deep restoration of invisible QR code from TPVM display. In *2020 IEEE International Conference on Multimedia & Expo Workshops (ICMEW)* (pp. 1-6). IEEE.
- Wang, Y. M., Sun, C. T., Kuan, P. C., Lu, C. S., & Wang, H. C. (2018, April). Secured graphic QR code with infrared watermark. In *2018 IEEE International Conference on Applied System Invention (ICASI)* (pp. 690-693). IEEE.
- Xu, M., Su, H., Li, Y., Li, X., Liao, J., Niu, J., ... & Zhou, B. (2019). Stylized aesthetic QR code. *IEEE Transactions on Multimedia*, 21(8), 1960-1970.
- Yang, Z., Xu, H., Deng, J., Loy, C. C., & Lau, W. C. (2018). Robust and fast decoding of high-capacity color QR codes for mobile applications. *IEEE Transactions on*

*Image Processing*, 27(12), 6093-6108.

Yuan, T., Wang, Y., Xu, K., Martin, R. R., & Hu, S. M. (2019). Two-layer QR codes. *IEEE Transactions on Image Processing*, 28(9), 4413-4428.

## 二、網路文獻

台灣網路報告 (2019)。  
〈整體使用現況〉。取自  
[https://report.twNIC.tw/2019/TrendAnalysis\\_internetUsage.html](https://report.twNIC.tw/2019/TrendAnalysis_internetUsage.html)



## 附錄一問卷

### 動態遮罩對於圖像化 QR code Finder Pattern 察覺之影響問卷調查

您好！我是臺灣師範大學圖文傳播學系的碩士班研究生，

這是一份為研究「動態遮罩對於圖像化 QR code Finder Pattern 察覺之影響」所設計問卷。目的在於探討不同動態遮罩變化速度，是否降低閱聽人對於圖像化 QR code Finder Pattern 之察覺。

本問卷僅供學術研究分析，採不記名方式進行，敬請安心填答。

研究生：鄭晴方 謹上

#### 第一部分 基本資料

1. 請問您的性別： 男  女
2. 請問您的年齡： 18 歲以下  18-25 歲  26-35 歲  
 36-45 歲  45 歲以上
3. 請問您的教育程度： 高中職以下  專科  大學  
 碩士  博士
4. 請問您是否有使用過 QR code： 是  否
5. 請問您是否有在影片中觀看到過 QR code： 是  否

(回答 "是" 者請繼續作答；回答 "否" 者問卷到此結束，感謝您的填寫。)

#### 第二部分 不同動態遮罩變化速度是否影響閱聽人對於圖像化 QR code 之察覺

本研究將動態遮罩，套用於三種不同內容之原始影片測試其效果。

請觀看各題影片，並選出您認為最適合的選項。

**動畫：**請觀看影片並回答下列問題

影片 A 為動畫無添加遮罩；影片 B 為動畫結合動態遮罩每秒變化 **30** 次之情形。

影片網址：<https://www.youtube.com/watch?v=xVJghqB1X-o>

1. 比起影片 A，您更同意影片 B 能降低閱聽人對於圖像化 QR code 的察覺：

非常不同意  不同意  普通  同意  非常同意

影片 A 為動畫無添加遮罩；影片 B 為動畫結合動態遮罩每秒變化 **15** 次之情形。

影片網址：[https://www.youtube.com/watch?v=5am\\_CpXoERM](https://www.youtube.com/watch?v=5am_CpXoERM)

2. 比起影片 A，您更同意影片 B 能降低閱聽人對於圖像化 QR code 的察覺：

非常不同意  不同意  普通  同意  非常同意

影片 A 為動畫無添加遮罩；影片 B 為動畫結合動態遮罩每秒變化 **10** 次之情形。

影片網址：<https://www.youtube.com/watch?v=jq4agaPuWgk>

3. 比起影片 A，您更同意影片 B 能降低閱聽人對於圖像化 QR code 的察覺：

非常不同意  不同意  普通  同意  非常同意

影片 A 為動畫無添加遮罩；影片 B 為動畫結合動態遮罩每秒變化 **5** 次之情形。

影片網址：<https://www.youtube.com/watch?v=KGVE-Pw4TWU>

4. 比起影片 A，您更同意影片 B 能降低閱聽人對於圖像化 QR code 的察覺：

非常不同意  不同意  普通  同意  非常同意

**實際拍攝片段：**請觀看影片並回答下列問題

影片 A 為動畫無添加遮罩；影片 B 為動畫結合動態遮罩每秒變化 **30** 次之情形。

影片網址：<https://www.youtube.com/watch?v=CfNK6XqCCcI>

5. 比起影片 A，您更同意影片 B 能降低閱聽人對於圖像化 QR code 的察覺：

非常不同意  不同意  普通  同意  非常同意

影片 A 為動畫無添加遮罩；影片 B 為動畫結合動態遮罩每秒變化 **15** 次之情形。

影片網址：<https://www.youtube.com/watch?v=pNJUNZUQqhs>

6. 比起影片 A，您更同意影片 B 能降低閱聽人對於圖像化 QR code 的察覺：

非常不同意  不同意  普通  同意  非常同意

影片 A 為動畫無添加遮罩；影片 B 為動畫結合動態遮罩每秒變化 **10** 次之情形。

影片網址：[https://www.youtube.com/watch?v=8\\_VBMJ5oJZA&t=1s](https://www.youtube.com/watch?v=8_VBMJ5oJZA&t=1s)

7. 比起影片 A，您更同意影片 B 能降低閱聽人對於圖像化 QR code 的察覺：

非常不同意  不同意  普通  同意  非常同意

影片 A 為動畫無添加遮罩；影片 B 為動畫結合動態遮罩每秒變化 **5** 次之情形。

影片網址：<https://www.youtube.com/watch?v=M8NoC-X7kJE>

8. 比起影片 A，您更同意影片 B 能降低閱聽人對於圖像化 QR code 的察覺：

非常不同意  不同意  普通  同意  非常同意

**Motion Graphic**：請觀看影片並回答下列問題

影片 A 為動畫無添加遮罩；影片 B 為動畫結合動態遮罩每秒變化 **30** 次之情形。

影片網址：<https://www.youtube.com/watch?v=I-V6cpJnNrW>

9. 比起影片 A，您更同意影片 B 能降低閱聽人對於圖像化 QR code 的察覺：

非常不同意  不同意  普通  同意  非常同意

影片 A 為動畫無添加遮罩；影片 B 為動畫結合動態遮罩每秒變化 **15** 次之情形。

影片網址：<https://www.youtube.com/watch?v=n4hvu6u00o4>

10. 比起影片 A，您更同意影片 B 能降低閱聽人對於圖像化 QR code 的察覺：

非常不同意  不同意  普通  同意  非常同意

影片 A 為動畫無添加遮罩；影片 B 為動畫結合動態遮罩每秒變化 **10** 次之情形。

影片網址：<https://www.youtube.com/watch?v=ZEd0fhQy6l8>

11. 比起影片 A，您更同意影片 B 能降低閱聽人對於圖像化 QR code 的察覺：

非常不同意  不同意  普通  同意  非常同意

影片 A 為動畫無添加遮罩；影片 B 為動畫結合動態遮罩每秒變化 **5** 次之情形。

影片網址：<https://www.youtube.com/watch?v=PlspnKgN14Q>

12. 比起影片 A，您更同意影片 B 能降低閱聽人對於圖像化 QR code 的察覺：

非常不同意  不同意  普通  同意  非常同意

### 第三部分 未來應用

1. 您同意圖像化 QR code 比起傳統 QR code 更加美觀：

非常不同意  不同意  普通  同意  非常同意

2. 您未來會想使用本研究開發之動態圖像化 QR code：

非常不同意  不同意  普通  同意  非常同意

問卷到此結束，感謝您撥冗提供寶貴意見！