



*Università degli Studi di Siena  
Facoltà di Ingegneria  
Corso di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni*

**Qr-code: studio sulle problematiche relative alla  
decodifica e possibili applicazioni.  
Il progetto *Senarum Vineae*.**

**Relatore:**  
**Chiar.mo Prof. Giuliano Benelli**

**Candidato:**  
**Giovanni Bottazzi**

**Correlatore:**  
**Ing. Alessandro Pozzebon**

**Anno Accademico 2009/2010**

# Indice

<b>Introduzione</b>	3
<b>Capitolo 1: I QR-code</b>	5
1.1 L'evoluzione dei codici a barre: dal Bar-code al QR-code	5
1.2 Caratteristiche e struttura	11
1.3 Problematiche relative alla decodifica	15
1.3.1 Algoritmo di Ohbuci	16
1.3.2 Algoritmo di Ying	16
1.3.3 Algoritmo di Sun	17
1.3.4 Algoritmo di Liu-Yang	17
1.4 Possibili applicazioni	20
<b>Capitolo 2: QR-code e “Senarum Vinea”</b>	22
2.1 Il progetto “Senarum Vinea”	22
2.2 Descrizione del sistema sviluppato	25
<b>Sviluppi futuri</b>	30
<b>Conclusioni</b>	31
<b>Bibliografia</b>	32

# Introduzione

Il mercato globale delle telecomunicazioni ha subito, nell'ultimo decennio, un' importantissima crescita nel settore web-mobile.

Secondo recenti statistiche elaborate dall'ITU, International Telecommunication Union, si stima che nel 2013 gli utenti web-mobile supereranno gli utenti Pc raggiungendo quota 1,83 miliardi.

Lo smartphone sta diventando uno strumento per l'utenza di massa e sono sempre maggiori le applicazioni e gli strumenti che permettono agli utenti una navigazione *user-friendly* anche da dispositivi mobile.

In questo contesto, alla fine degli anni '90, nasce nelle industrie nipponiche una nuova generazione di codici a barre: i Qr-code, dall'inglese *quick response* code ovvero codici a risposta rapida.

I Qr-code sono codici a barre bidimensionali che permettono la memorizzazione di una quantità di informazioni maggiore rispetto al codice a barre tradizionale. Possono essere letti sia dal classico lettore laser sia da una semplice fotocamera, come quella di un moderno smartphone: questa è la caratteristica che li ha resi importanti nel settore web-mobile.

Infatti è possibile memorizzare nel codice un URL (Uniform Resource Locator), ossia l'indirizzo di una pagina web, e leggerlo utilizzando la fotocamera del proprio smartphone avendo così accesso diretto alla pagina senza bisogno di dover inserire dati da schermo o tastiera.

In questo elaborato, si è inizialmente analizzato la storia e la struttura di un Qr-code, studiandone successivamente lo stato dell'arte e soffermandosi sulle problematiche relative alla lettura e alla decodifica tramite fotocamera.

In seguito viene proposto un sistema basato sull'utilizzo di Qr-code in riferimento a "Senarum vinea" , un progetto di valorizzazione dell'antico patrimonio vitivinicolo della città di Siena, realizzato dall'Università degli Studi di Siena con il contributo della Fondazione Monte dei Paschi, il quale prevede la realizzazione di percorsi guidati per enoturisti all'interno della città.

# Capitolo 1

## I QR-code

### 1.1 L'evoluzione dei codici a barre: dal Bar - code al Qr - code

Il codice a barre nasce negli anni '50 grazie ad un progetto di ricerca intrapreso da due studenti della facoltà di Ingegneria dell'Università di Drexel, in Pennsylvania. L'idea fu sviluppata a partire dall'esigenza del presidente di un'azienda del settore alimentare: automatizzare le operazioni di cassa, evitando di dover inserire manualmente i prezzi e le caratteristiche dei prodotti. Gli studenti Joseph Woodlan e Bernard Silver pensarono inizialmente di estendere in verticale il Codice Morse, visualizzandolo come una serie di barre strette e barre larghe:

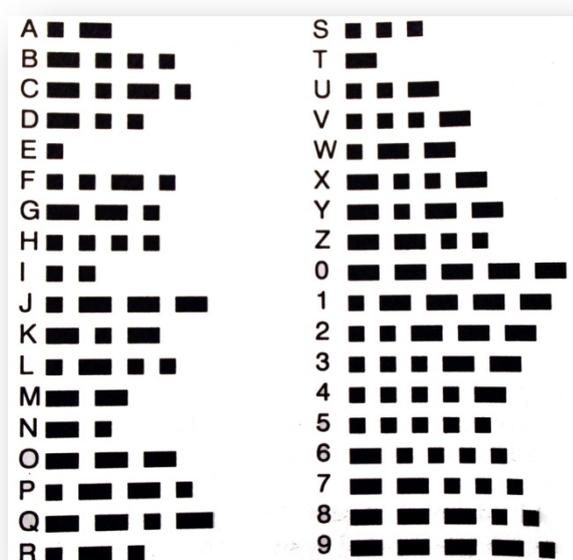


Figura 1.1 Codice Morse.

Riuscirono presto a brevettare la loro invenzione utilizzando codici a barre circolari per ridurre l'area di stampa (*Bull's eye – code*), che venivano letti da un fotomoltiplicatore. Un codice a barre circolare ha l'aspetto di un bersaglio per tiro con l'arco ed è concettualmente identico ad un *bar – code*:



Figura 1.2 Esempio di codice a barre circolare.

L'idea di base è quella di partire da un particolare alfabeto che assegna ad ogni parola una stringa di bit per poi rappresentare le stringhe assegnando un simbolo a ciascun bit, come ad esempio

1 = linea bianca

0 = linea nera

Codificando ogni parola dell'alfabeto con lo stesso numero di bit il decodificatore può facilmente stabilirne inizio e fine, conoscendo a priori la lunghezza di ogni parola.

L'eccessivo rumore prodotto dal dispositivo di lettura e le imperfezioni dovute alla stampa dei codici ovali impedirono il diffondersi di questa nuova tecnologia.

Grazie alla nascita della tecnologia laser e allo sviluppo del circuito integrato, divenne possibile abbattere i costi realizzativi dei lettori basati su fotomoltiplicatore e realizzare la decodifica in tempo reale.



Figura 1.3 Esempio di bar-code UPC: codifica della parola 531000000000.

Così nel 1973, presso IBM, Woodlan sviluppò gli Universal Product Code (UPC), meglio conosciuti come Bar-code o codici a barre lineari (Fig. 1.3), tecnologia ancora oggi largamente utilizzata nell'industria, soprattutto nella grande distribuzione commerciale.

I codici UPC possono codificare 12 cifre decimali all'interno della sequenza

**SLLLLLLMRRRRRE**

nella quale S=start e E=end, che stabiliscono l'inizio e la fine del codice, vengono rappresentati con la terna di bit 101, M=middle con 01010, L e R sono i dati rispettivamente a sinistra e a destra di M che indica la metà del codice, ed ognuno è rappresentato con una stringa da 7 bit, per un totale di 95 bit.

La lettura avviene tramite un sistema così strutturato:

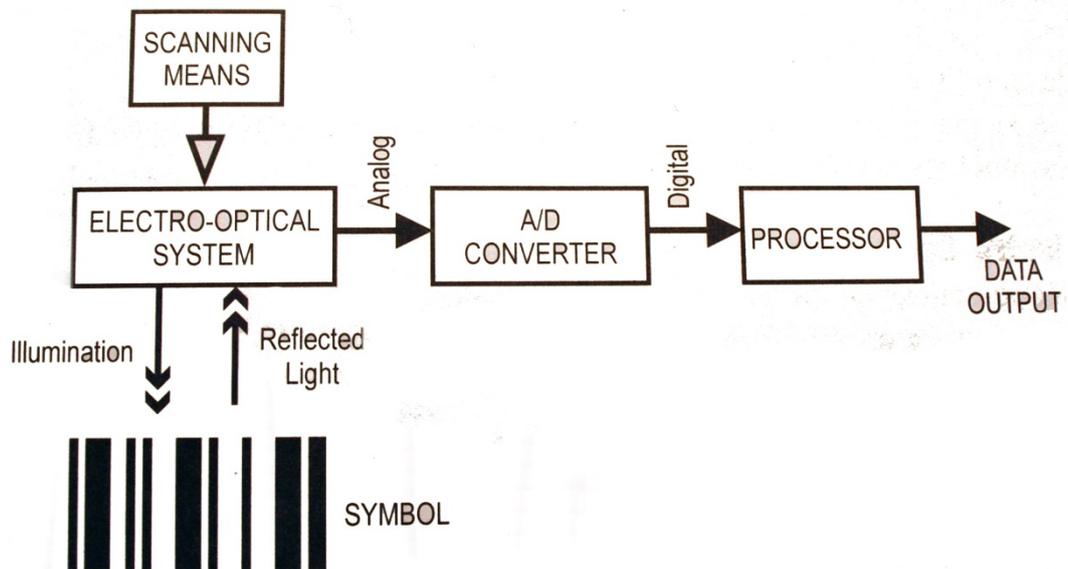


Figura 1.4 Sistema di lettura e decodifica un codice a barre

La parte ottico - elettronica è la parte più importante: la decodifica si basa sulla lettura della riflettanza, ossia il rapporto tra l'intensità dell'onda luminosa incidente sul codice e quella dell'onda riflessa da esso.

Istante per istante, la luce -in genere un fascio laser, vedi fig. 1.5- riflessa dal simbolo viene direzionata verso un fotodiodo, che genera una piccolissima corrente proporzionale all'intensità dell'onda ricevuta in quell'istante.



Figura 1.5 Esempio di lettore laser.

L'intensità dell'onda riflessa incontrando barre bianche sarà maggiore dell'intensità dell'onda riflessa dalle barre nere. Il segnale elettrico è inviato in ingresso ad un amplificatore che lo incrementa e lo converte in un segnale in tensione. Il convertitore A/D discretizza il segnale in tensione e lo invia al microprocessore, che realizza la decodifica utilizzando, ad esempio, un algoritmo di thresholding.

Grazie a funzionalità, bassi costi realizzativi e velocità di lettura, il barcode è divenuto molto popolare: con questi codici infatti è possibile tracciare e catalogare un prodotto in maniera accurata ed efficiente, con velocità non paragonabili rispetto ad un classico sistema che preveda l'inserimento manuale dei dati da archiviare.

Il mercato, date le potenzialità di questa tecnologia, ha iniziato a richiedere codici in grado di memorizzare una maggiore quantità di informazioni e adattabili ad un maggior numero di caratteri, per aumentarne l'efficienza ed espanderne le possibili applicazioni. Tuttavia, adattando i codici a queste nuove esigenze, sono sorti numerosi problemi, come ad esempio l'ingrandimento delle dimensioni del codice che provoca un aumento dei costi di stampa e complica il processo di lettura e decodifica.

È in questo panorama ed in vista delle problematiche sopra citate che le ricerche si direzionano verso codici bidimensionali, in grado appunto di contenere maggiore informazione e di ridurre al minimo i costi di stampa.

Tra questi, spiccano per notorietà e applicabilità i QR-code (vedi fig.1.6), creati nel 1994 da un'azienda giapponese leader nella progettazione di apparati per l'automazione industriale, la Denso - wave Incorporated. Inizialmente l'industria nipponica utilizzava questi codici per tracciare dettagliatamente i componenti dei propri prodotti, a partire dalla catena di montaggio; successivamente, con il diffondersi in Giappone di telefoni

cellulari dotati di fotocamera, i QR-code abbandonano l'industria (che privilegia sistemi RFID) ed entrano nel mercato consumer.



Figura 1.6 Esempio di Qr-code: codifica l'indirizzo web [www.ing.unisi.it](http://www.ing.unisi.it).

In parallelo al diffondersi del web-mobile nella vita quotidiana iniziano ad apparire su alcuni cartelloni pubblicitari consentendo agli utenti di NTT Docomo, principale compagnia telefonica giapponese, di ricevere maggiori informazioni sul prodotto pubblicizzato, semplicemente inquadrando il codice con la telecamera del proprio smartphone. È proprio questo il settore nel quale ancora oggi i QR-code stanno riscontrando maggior successo: poiché sono in grado di codificare un abbondante numero di caratteri alfanumerici sono per lo più utilizzati per veicolare un indirizzo web, un URL. L'utente fotografa il codice con la telecamera del proprio smartphone, il quale decodifica il codice tramite l'apposito software e apre automaticamente il browser all'indirizzo codificato. In questo modo si evita il fastidioso compito di inserire dati da tastiera o da touch-screen, e si garantisce un link rapido a informazioni aggiuntive e multimediali, allargando gli orizzonti del marketing pubblicitario.

## 1.2 Caratteristiche e struttura

Il QR-code è un codice bidimensionale: al contrario del classico codice a barre, l'informazione è distribuita sia in verticale che in orizzontale. Esistono attualmente 40 versioni di QR-code, ognuna con capacità e dimensioni diverse: si passa dalla versione 1 composta da 21x21 moduli, alla versione 40 composta da 177x177 moduli:

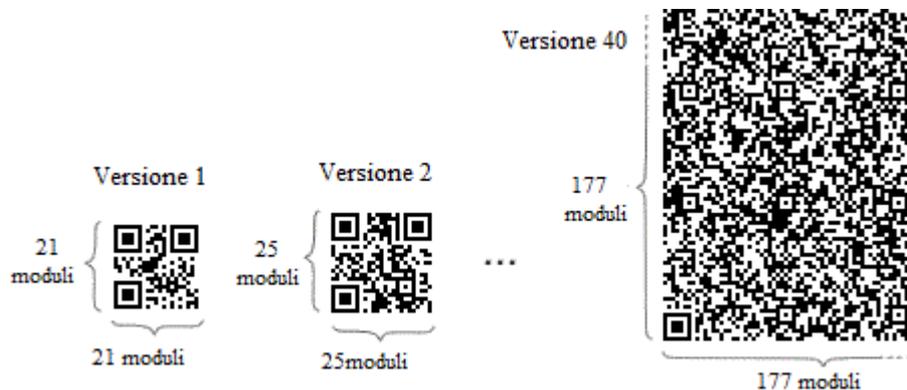


Figura 1.7 Versioni diverse di QR-code.

La dimensione cresce di 4 moduli per lato in ciascuna versione. Nella sua dimensione massima un codice Qr può contenere fino a 7089 caratteri numerici e 4296 caratteri alfanumerici, quantità di gran lunga superiori alle 12 cifre decimali codificabili con un codice UPC (vedi par. 1.1). Questo permette di ridurre di un decimo l'area di stampa rispetto ai vecchi standard come mostrato in figura 1.8:



Figura 1.8 Confronto tra Bar-code e QR-code a parità di informazione codificata.

La ECC (capacità di correzione d'errore) di un QR-code è molto elevata ed è classificabile in 4 livelli:

Livello **L**: il 7% delle parole affette da errore può essere ripristinato

Livello **M**: il 15% può essere ripristinato

Livello **Q**: il 25% può essere ripristinato

Livello **H**: il 30% può essere ripristinato

Queste prestazioni sono raggiungibili grazie all'utilizzo, da parte dell'apparato decodificatore, di codici *Reed-Solomon* per la rilevazione e la correzione dell'errore. Questa classe di codici infatti è molto efficiente nel trattare errori a burst e trova molte applicazioni nel settore delle comunicazioni radiomobili, soprattutto nel far fronte al multipath fading, fenomeno per cui a causa di riflessioni e rifrazioni subite dal segnale trasmesso, il ricevitore osserva una grande quantità di repliche dello stesso segnale, ciascuna ritardata e attenuata in maniera indipendente dalle altre.

I codici *Reed-Solomon* lavorano su blocchi di bit di lunghezza  $p$ , con  $p$  intero maggiore uguale a 3, e non su bit singoli. Un codice *Reed-Solomon*  $(n,k)$ , con  $n = 2^p - 1$ , è caratterizzato dall'aver parole di codice lunghe  $n \times p$  bit dei quali  $k \times p$  bit costituiscono i bit informativi. Tali codici hanno la capacità di correggere fino ad un massimo di  $t$  blocchi di  $p$  bit, con  $t = \left\lfloor \frac{n-k}{2} \right\rfloor$ .

Utilizzando questi codici, un QR-code può essere letto e decodificato anche se il simbolo è stato parzialmente sporcato o danneggiato:



Figura 1.9 Utilizzando codici Reed-Solomon, questi tre Qr-code danneggiati possono essere ugualmente codificati.

Grazie alla sua struttura grafica, un QR-code può essere letto in qualsiasi direzione esso si trovi, rispetto al decodificatore.

Riferendosi all'analisi dettagliata della struttura in figura 1.10, sono subito

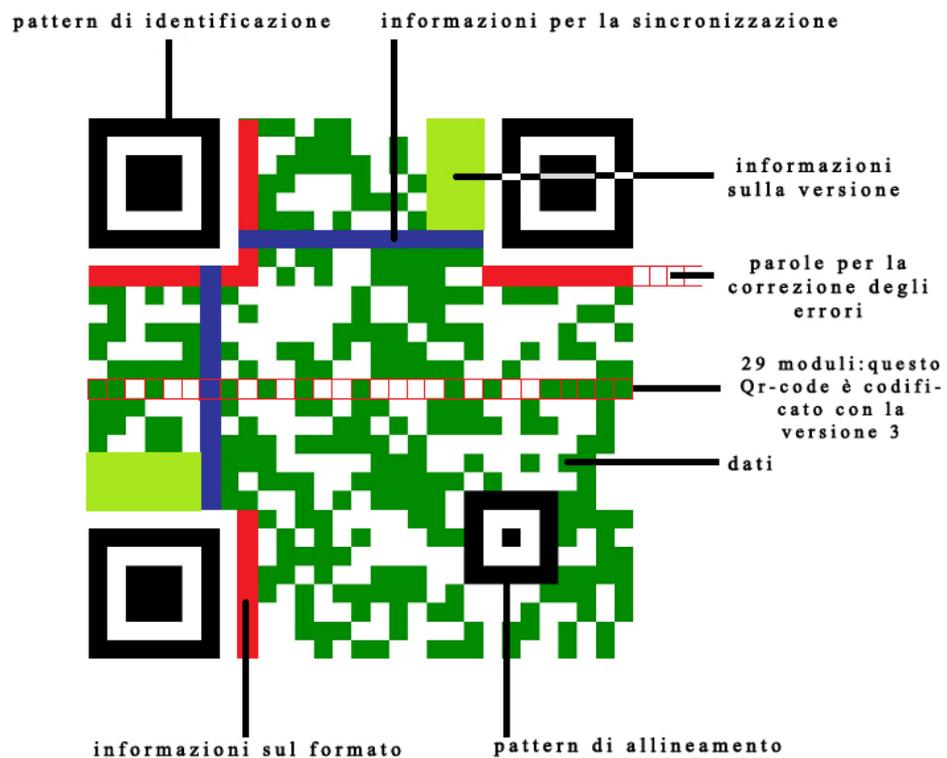


Figura 1.10 Struttura di un Qr - Code.

ben identificabili i pattern di identificazione della posizione posti negli angoli superiori sinistro e destro e nell'angolo inferiore sinistro. I tre pattern costituiscono i vertici di un triangolo rettangolo isoscele, e vengono utilizzati per individuare il codice all'interno dell'immagine acquisita e comprenderne la direzione (vedi § 1.3). All'interno del simbolo sono presenti anche pattern di allineamento, necessari al software di decodifica per la correzione dell'eventuale distorsione geometrica dell'immagine acquisita. I pattern di allineamento variano in numero a seconda delle dimensioni del Q-R code: più grande è il simbolo, maggiore è la probabilità che l'immagine acquisita risulti distorta o poco dettagliata. Sia i pattern di identificazione che quelli di allineamento possono essere letti in orizzontale o in verticale, in quanto individuati dalla stessa sequenza di colori: ad esempio, per il pattern di identificazione, vale la sequenza N-B-N-N-N-B-N:

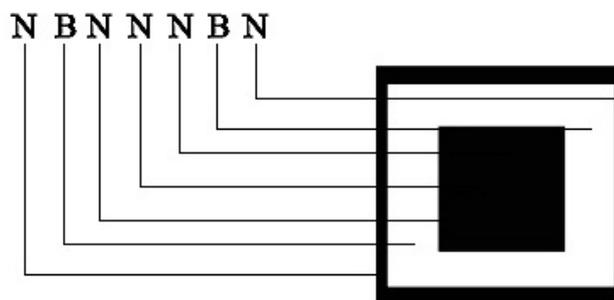


Figura 1.11

Oltre all'informazione opportunamente codificata, la regione di codifica contiene sequenze che forniscono informazioni relative al formato alla versione del codice, nonché le parole necessarie alla correzione degli errori. La struttura e la rappresentazione grafica di un QR-code sono state definite dallo standard ISO/EAC 18004:2000.

### **1.3 Problematiche relative alla decodifica**

I tradizionali lettori laser per Bar-code possono essere usati solamente per il riconoscimento e la decodifica di tale tipo di codice, e i lettori per codici bidimensionali sono molto costosi. Oggi i nuovi smartphone possono integrare numerose applicazioni, tra cui la possibilità di sfruttare la telecamera integrata per leggere i codici, sia lineari che bidimensionali. Una volta fotografata la scena, il software di decodifica analizza l'immagine risultante cercando prima di tutto di individuare i pattern di identificazione del codice Qr, per poter studiare poi solamente il codice, scartando il resto dell'immagine. Necessità fondamentale per un'ottima decodifica infatti è il riconoscimento del QR-code nella scena acquisita. Sia il riconoscimento che la successiva analisi e decodifica devono avvenire in real-time per ridurre i tempi di attesa da parte dell'utente. Individuare i pattern di riconoscimento può essere, in certe condizioni, notevolmente difficoltoso. Ad esempio se è presente del rumore totalmente concentrato su uno dei tre pattern, tale da renderlo completamente irriconoscibile, il decodificatore non può stabilire l'orientamento del simbolo e portare a termine la decodifica. Altre condizioni svantaggiose possono essere rappresentate dai seguenti casi:

- zone in forte sovraesposizione o sottoesposizione;
- diffusione non omogenea della luce nella scena;
- basso contrasto;
- rumore elevato;
- presenza nella scena di elementi molto simili ai pattern di identificazione.

Le applicazioni per smartphone dedicate alla lettura dei Qr-code utilizzano vari algoritmi, diversi tra loro, per il riconoscimento in real-time di questi codici. Analizziamo brevemente tre algoritmi, tra i più noti in letteratura, i quali presentano però diverse problematiche.

### **1.3.1 Algoritmo di Ohbuchi**

Ohbuchi è stato tra i primi a presentare un algoritmo che garantisse una lettura in real-time ma questo metodo è stato progettato e ottimizzato per un solo dispositivo. Si basa su l'accesso a un elemento hardware potente ma anche molto specifico, che spesso non è accessibile dagli sviluppatori: il processore di segnali interno al dispositivo mobile. Prima della decodifica, la posizione del QR-code viene rilevata tramite un algoritmo di scansione a spirale, eseguito sul processore di segnali. Questo algoritmo assume che il codice sia localizzato nel punto centrale dello schermo del dispositivo, assunzione non sempre realistica in condizioni usuali di utilizzo.

### **1.3.2 Algoritmo di Ying**

Questo metodo è suddiviso in tre steps. Con il primo passo l'immagine acquisita viene binarizzata tramite l'algoritmo di Otsu. Il secondo passo ricerca regole per il cut-off mediante una rapida scansione del simbolo. Nella terza fase, infine, l'immagine viene segmentata e successivamente decodificata. Questo significa che il risultato finale dipenderà principalmente dagli effetti del metodo di Otsu, metodo che fallisce facilmente in condizioni di luce non ottime come diffusione non omogenea o basso contrasto, e il cui risultato non può essere calcolato in real-time. L'algoritmo di Otsu viene usato per la binarizzazione di un'immagine e si basa su un procedimento di thresholding. La soglia globale  $S$  viene valutata analizzando la qualità della distribuzione dei livelli di grigio tra le classi che compongono l'immagine (oggetti, sfondo..) e scegliendo il valore di

soglia che massimizza la separazione tra le due classi e la compattezza di ciascuna.

### **1.3.3 Algoritmo di Sun**

Sun presenta un algoritmo che pone maggior attenzione alla correzione della distorsione dell'immagine di un Qr – code, tramite processi di trasformazione inversa della prospettiva. Problema principale di questo metodo è che ogni step processa l'immagine in scala di grigi e ciò lo rende notevolmente più lento rispetto, ad esempio, al metodo di Ying, che lavora sull'immagine binarizzata.

Un metodo più recente rispetto ai tre presentati, ha riscosso molto successo in quanto consente di ottenere prestazioni migliori ed è adattabile alle diverse condizioni di luminosità.

### **1.3.4 Algoritmo di Liu-Yang**

Questo algoritmo di riconoscimento e decodifica di QR-code prevede diversi passaggi come mostrato in figura 1.12 e ha in input l'immagine RGB (solitamente a 24 bit) catturata con la fotocamera dello smartphone ed in output il risultato della decodifica. L'immagine viene inizialmente convertita in scala di grigi, dato che il QR-code è per definizione in bianco e nero, e lavorare su immagini più leggere rende il processo più veloce.

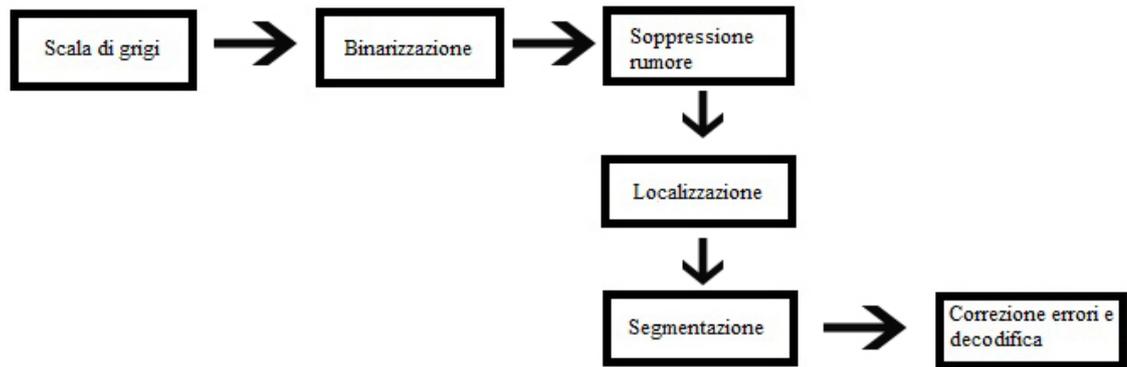


Figura 1.12 Algoritmo di Liu-Yang

Successivamente si passa alla binarizzazione. Al contrario degli altri algoritmi presentati, questo metodo utilizza un thresholding adattivo a multi-livello che integra soglie locali e soglia globale. Qui risiede il punto di forza di questo algoritmo: utilizzando la sola soglia globale, come nel metodo di Otsu, si può ottenere facilmente un risultato scadente se le condizioni di illuminazione non sono sufficientemente omogenee. Sarebbe più efficiente utilizzare una soglia locale, anche se non è sempre immediato ottimizzare le dimensioni della finestra da utilizzare e ridurre i tempi di calcolo. Unendo le due tecniche si ottengono risultati soddisfacenti. Partendo dall'istogramma dell'immagine in scala di grigi, opportunamente filtrato per ridurre l'effetto del rumore, se ne studiano le caratteristiche dei punti di massimo. Se l'istogramma filtrato ha una distribuzione bimodale, il valor medio della depressione massima sarà usato come soglia globale; se l'istogramma ha un solo picco, viene adottato un metodo iterativo per il calcolo della soglia, mediando tra il vecchio valore e il centro dell'area più scura o più luminosa a seconda di dove è situato il picco; se la distribuzione è multimodale si usa un algoritmo di soglia locale. Questa tecnica permette un'ottima binarizzazione e può essere implementata in real - time. Lo step successivo individua i pattern di identificazione per localizzare il QR-code. Se un pattern è danneggiato si utilizzano le linee relative alla

sincronizzazione, che forniscono un'informazione ausiliaria alla localizzazione del simbolo. Questo metodo non prevede la rotazione dell'immagine, evitando così un ulteriore processo che prolungherebbe il tempo di calcolo. Una volta localizzati i pattern di identificazione, si conoscono le dimensioni del codice e il suo angolo di rotazione rispetto all'asse orizzontale:

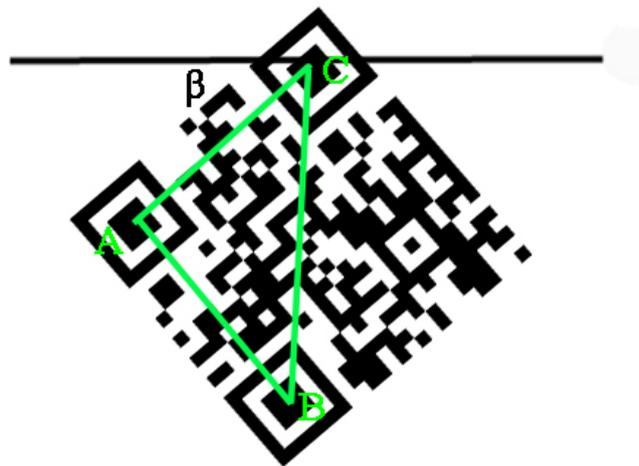


Figura 1.13 I pattern di identificazione definiscono un triangolo rettangolo isoscele.

Quindi il software genera una griglia delle stesse dimensioni del codice e la sovrappone ad esso ottenendone la segmentazione. I pixel corrispondenti ai quadratini bianchi e neri sono pronti per essere decodificati. Per la correzione degli errori anche questo metodo utilizza la tecnica di Reed-Solomon.

## 1.4 Possibili applicazioni

Come abbiamo visto i Qr Code iniziano il loro percorso in Giappone, legati a operazioni di marketing basilari: il concetto di fondo è quello di veicolare facilmente un indirizzo web, evitando all'utente di dover scrivere l'URL con la tastiera o con il touch-screen. Questo permette a un'azienda che vuole promuovere un determinato prodotto di stampare un QR-code contenente il link al minisito del prodotto, sia sul prodotto stesso che su cartelloni pubblicitari, permettendo ai clienti di ottenere maggiori informazioni o di interagire con il prodotto stesso. Un ulteriore utilizzo potrebbe essere quello di utilizzare il Qr-code sul prodotto per far partecipare il cliente ad un concorso a premi. L'utente fotografa il codice: se non è vincente, il codice restituisce solo un testo, se è vincente apre il browser ad un minisito in cui si avvisa l'utente della vittoria e si acquisiscono i suoi dati. Questa tecnologia permette oltre al tracking dei prodotti all'interno dell'azienda, anche il tracking dei clienti e delle vendite. Infatti l'azienda può fare in modo di ricevere automaticamente informazioni ogniqualvolta un codice Qr viene fotografato. Si può risalire, ad esempio, alla geo-localizzazione dell'utente (e quindi del prodotto), vedere quali altri prodotti l'utente utilizza per un marketing mirato, chiedere all'utente di inserire ad esempio l'indirizzo e-mail o il numero di telefono per tenerlo aggiornato sulle novità. Così l'azienda si ritrova un database costantemente aggiornato, con informazioni dettagliate sulla propria clientela.

Vediamo brevemente altri esempi applicativi già attivi:

- su *La Gazzetta dello Sport*, i QR-code consentono ai lettori di scaricare gli ultimi goal della giornata direttamente sul proprio telefono;

- tutti i quotidiani e i mensili come *Panorama*, *Focus*, *l'Espresso* utilizzano i Qr Code per aggiungere informazioni multimediali ai propri articoli;
- ogni rivista che tratta di applicazioni per dispositivi mobili utilizza i codici Qr per il download delle applicazioni;
- *Lufthansa* utilizza codici bidimensionali molto simili ai Qr – Code, come carta d'imbarco elettronica; è sufficiente ricevere il codice sul proprio device per imbarcarsi sull'aereo semplicemente “strisciando” il proprio cellulare sugli appositi lettori;
- Il progetto americano *Semapedia*, sfrutta la geo-localizzazione di Google, e utilizza i QR-code per taggare luoghi fisici: monumenti storici, musei, piazze oppure paesaggi suggestivi vengono accompagnati dalla presenza di un QR Code nelle vicinanze.

I costi di implementazione di questa tecnologia sono praticamente nulli. Il QR-code non richiede nessun costo di licenza ed esistono in rete diverse librerie software, nei linguaggi più diffusi, per la codifica e la decodifica. Per quanto riguarda gli smartphone, che di fatto costituiscono il mezzo per usufruire di questi codici, sono già presenti molte applicazioni free nei market digitali dei principali sistemi operativi mobile: App-Store della Apple e Android Market di Google Inc.

## **Capitolo 2**

### **QR-code e “Senarum-Vinea”**

#### **2.1 Il progetto Senarum vinea**

L'idea del progetto “Senarum Vinea” nasce da un percorso sperimentale di riqualificazione storico-paesaggistica e ambientale, attraverso il recupero delle coltivazioni autoctone e delle forme storiche della viticoltura toscana (viti a pergola, viti maritate su sostegno vivo, viti alberate). Il progetto prende le mosse dal fatto che la città di Siena ha mantenuto un profilo ancora fortemente caratterizzato dalla presenza di orti urbani e poderi suburbani in cui spesso si conservano tracce di vigneti antichi per produzioni di vino limitate all'autoconsumo.

“Senarum Vinea” è un progetto interdisciplinare - qui risiede una buona parte del suo grande valore - che ha come obiettivo il riconoscimento e la valorizzazione del patrimonio viticolo autoctono e delle forme storiche di coltivazione della vite nella città di Siena. Si chiamano Gorgottesco e Tenerone, Mammolo, Zuccaccio e Salamanna: sono i più antichi vitigni di Siena e si distinguono per i loro nomi insoliti e per aver fatto della città il loro territorio d'elezione. La ricca documentazione custodita dagli enti religiosi, le testimonianze iconografiche del territorio come gli affreschi ricchi di particolari sulla campagna senese in epoca medievale negli “Effetti del buon governo” del Lorenzetti, lo studio della cartografia di Siena, hanno permesso di individuare i numerosi orti urbani presenti

all'interno dei conventi e delle contrade, ma anche dei poderi suburbani, che insieme hanno fatto sì che la città mantenesse inalterato un suo profilo unico e autentico in cui si conservano tracce di vigneti autoctoni destinati a produzioni di vino limitate al consumo familiare. Le viti vengono ancora coltivate su sostegno vivo, seguendo modalità di diretta ascendenza etrusca, o a pergola o a spalliera. “Senarum Vineae” ha permesso di riscoprire ceppi centenari di vitigni autoctoni sopravvissuti fino ad oggi, ma a lungo dimenticati: la campionatura e le analisi hanno consentito di realizzare un primo parziale censimento della matrice storica del patrimonio viticolo della città di Siena.

Grazie all'analisi dei campioni è stato possibile individuare esemplari di Gorgottesco (indicato assieme al Sangiovese e al Canaiolo nei bollettini ampelografici di fine Ottocento come uno tra i vitigni più coltivati nella campagna toscana), Tenerone, Mammolo, Zuccaccio e Salamanna, varietà già iscritte e segnalate come rare e ad alto rischio di estinzione nella banca dati del Germoplasma Autoctono Toscano.

Inoltre sono state individuate anche varietà che potrebbero essere uniche e che non hanno, al momento, trovato riscontri con nessun altro vitigno autoctono inserito per il confronto genetico.

Inizialmente, il progetto ha avuto come obiettivo l'individuazione di un possibile percorso storico connesso alla localizzazione topografica dei vigneti all'interno ed all'esterno della cinta muraria urbana. Accanto ad una serie di obiettivi di taglio più prettamente scientifico, come la caratterizzazione sul piano genetico delle viti campionate negli spazi verdi ancora esistenti all'interno della cinta muraria della città e nell'area periurbana o la realizzazione di pubblicazioni destinate alla comunità scientifica, il progetto presenta una serie di applicazioni pratiche e di iniziative dalle sicure ricadute economiche per il territorio. Innanzitutto si potrà selezionare il vitigno tipico di Siena tra quelli campionati;

successivamente si potrà realizzare un campo sperimentale che accolga alcune tra le varietà selezionate, allevate secondo le forme storiche di coltivazione; il passo successivo potrà essere la produzione del “Senarum Vinum”, finalmente un vino tipico della città ottenuto dai vitigni selezionati e riconosciuti come tradizionali e autoctoni. Altra applicazione pratica del progetto sarà la creazione di itinerari guidati di eno-trekking urbano e periurbano (con soste di degustazione), che conducano il turista alla scoperta di antichi vigneti e forme tradizionali di coltivazione della vite negli spazi verdi interni alla città e fuori delle mura. È proprio su quest’ultima applicazione che sono state messe a frutto le potenzialità dei QR-code, permettendo al turista di accedere ad informazioni multimediali riguardanti le varie tappe del percorso guidato di trekking urbano. Il progetto “Senarum-Vinea” è realizzato dal Laboratorio di Etruscologia e Antichità Italiche dell’Università degli Studi di Siena e promosso dalle Città del Vino con il contributo della Fondazione Monte dei Paschi di Siena.

## 2.2 Descrizione del sistema sviluppato

Il sistema sviluppato si riferisce a un particolare percorso di eno-trekking previsto dal progetto “Senarum vinea”. Nel dettaglio (vedi fig. 2.1) il percorso parte dalla basilica di San Domenico, arriva al Duomo passando da Fontebranda, prosegue per Piazza del Campo e attraversando Piazza del Mercato arriva all’ Orto de’ Pecci, dove si conclude con la visita a una vigna sperimentale.



Figura 2.1 Uno dei possibili percorsi previsti da Senarum Vinea.

Ad ogni tappa di questo percorso è stato associato un Qr-code che permette un link rapido ad un minisito contenente maggiori informazioni, anche multimediali, che vanno ad integrare i contenuti forniti dalla guida turistica durante il percorso. Il turista troverà il codice Qr stampato su un cartello di materiale simile a quello utilizzato per la segnaletica stradale. In questo

modo si prevengono eventuali danni sul codice dovuti al deterioramento e si garantisce una lunga durata della corretta grafica del codice nel tempo. L'utente, inquadrando il QR-code con il proprio smartphone, accede, tramite connessione dati fornita dal proprio operatore telefonico, ad una pagina appositamente ottimizzata per la visualizzazione su dispositivi mobili, con particolare attenzione ai due principali sistemi operativi del settore, Android e iOS.

Infatti quando si vuole creare una pagina destinata al web-mobile ci sono alcuni accorgimenti fondamentali da tenere di conto: innanzitutto la dimensione della pagina. Occorre considerare le dimensioni e progettare un sito su misura altrimenti la navigazione potrebbe risultare difficoltosa. Ad esempio iPhone, il famoso smartphone di casa Apple, ha un'area di visualizzazione di 320 x 356 pixel (larghezza x altezza), ma eliminando la barra dell'URL l'area diventa 320 pixel x 416 pixel, in quanto la barra degli indirizzi risiede su un livello superiore che si nasconde in automatico. Queste sono le dimensioni esatte da prendere in considerazione per realizzare un sito mobile di successo: possiamo quindi procedere realizzando un contenitore di tali dimensioni e un'immagine di sfondo ridimensionata *ad hoc* al suo interno. Tutti i contenuti interni, come link, bottoni, banner, dovranno essere correttamente proporzionati al contenitore realizzato. Poiché, nel nostro caso, l'utente si collegherà alle pagine web prevalentemente all'aperto e durante il giorno, anche la scelta del set di colori non deve essere lasciata al caso: sono infatti da preferirsi testi chiari su sfondi scuri, per agevolare la lettura anche in controluce. Le parti testuali non devono essere eccessivamente lunghe per non annoiare l'utente e la dimensione del font utilizzato deve agevolare la lettura anche su piccolo schermo. Nello scegliere gli strumenti di sviluppo software da utilizzare si è scartato il Flash a priori, poiché non supportato da iOS, prediligendo i linguaggi HTML e PHP, mentre per il formato delle

immagini sono state scelte le compressioni GIF e PNG, versatili e adatte per il web. La prima pagina (vedi fig. 2.2) visualizzata, una volta fotografato il codice Qr, presenta dei bottoni che rimandano alle funzionalità principali del sistema:

- Contenuto testuale di approfondimento;
- Geo-localizzazione;
- Album fotografico e video;
- Confronto fotografico tra passato e presente;
- Indicazione per raggiungere la tappa successiva del percorso;
- Link utili.



Figura 2.2 Screenshot della home page del mini sito.

Il primo punto approfondisce gli aspetti storici della tappa, e descrive le caratteristiche principali del vitigno che l'utente sta visitando.

Per la geo-localizzazione sono state sfruttate le API di GoogleMaps: come mostrato in figura 2.3, in riferimento al vitigno situato nei pressi della Basilica di San Domenico, l'utente può interagire con la mappa, inizializzata alla posizione in cui si trova in quel momento, sfruttando le potenzialità di GoogleMaps per vedere la zona che lo circonda e verificare la posizione della tappa successiva.



**Figura 2.3** Integrando le API di GoogleMaps si ottiene una mappa interattiva.



**Figura 2.4** Esempio di come immagini della seconda metà dell'800 (prodotte dal fotografo Lombardi, tratte dall'archivio di Mauro Agnesoni) vengono confrontate con immagini attuali.

Utilizzando fotografie attuali di Siena e immagini più antiche con gli stessi soggetti, sono state realizzate gif animate che permettano di confrontare l'evoluzione di una stessa zona o uno stesso paesaggio nel corso del tempo: ad ogni tappa il turista potrà confrontare ciò che osserva in quel momento con il relativo passato, accedendovi tramite il bottone clessidra. Con un tap sul libro aperto si accede ad una pagina di informazioni testuali con scroll, che contestualizza e approfondisce la relativa tappa. Con l'ultimo bottone in basso a destra l'utente trova indicazioni utili per il proseguimento dell'itinerario e link vari riferiti a "Senarum Vineae".

## Sviluppi futuri

Il sistema proposto offre innumerevoli possibilità di ampliamento e può essere arricchito con ulteriori applicazioni e funzionalità.

Ad esempio:

- si potrebbero arricchire le informazioni nella pagina “link utili” aggiungendo per ogni tappa; indicazioni su ristoranti, monumenti storici, musei, hotel, trasporti pubblici situati nella zona;
- la parte relativa alla geo-localizzazione potrebbe essere integrata con dati ricevuti in real-time dal GPS interno allo smartphone, in modo che nella stessa pagina l’utente possa vedere dove si trova istante per istante, anche mentre si sta muovendo tra le tappe dell’itinerario;
- le gif animate potrebbero essere sostituite con applicazioni di realtà aumentata: con questa tecnologia l’utente inquadra una zona con la fotocamera del telefono e sul display, in tempo reale, possono comparire informazioni testuali, ricostruzioni fotografiche o informazioni turistiche;
- i Qr-code potrebbero essere stampati sulle etichette del futuro vino “Senarum Vinum”, dando vita a un sistema equivalente a quello proposto ma maggiormente indirizzato alla identificazione univoca della bottiglia di vino e alla realizzazione di una sua carta di identità elettronica;

- il sistema potrebbe prevedere la costruzione di un database sugli utenti che utilizzano il sistema, richiedendo agli stessi il rilascio di alcuni dati come l'indirizzo e-mail. Questa tecnica potrebbe essere utile anche per valutare il livello di gradimento del sistema stesso.

## **Conclusioni**

In questo lavoro di tesi sono state analizzate la storia e le caratteristiche tecniche della più moderna generazione di codice a barre, il QR-code, con particolare attenzione alle problematiche relative alla decodifica tramite smartphone, arrivando a presentare uno tra gli algoritmi più efficienti e più attualmente diffusi. In secondo luogo, dopo aver considerato l'attuale utilizzo del Qr-code nel quotidiano, si è proposto un sistema che porta questa tecnologia a confluire nel progetto "Senarum Vinea", progetto interdisciplinare che ha come obiettivo la valorizzazione del patrimonio viticolo della città di Siena.

Il sistema proposto è un esempio pratico di come, con costi irrisori, si possano applicare moderne tecnologie a servizi turistico - informativi, con un rendimento che può essere molto apprezzato dall'utente finale, garantendo così un valore aggiunto all'ente fornitore del servizio.

## Bibliografia

[1] Palmer, Roger C, *The Bar-code book : comprehensive guide to reading, printing, specifying and applying bar code and other machine-readable symbols*, Helmers 2001 4th. Ed.

[2] Yue Liu, Ju Yang, Mingjun Liu, *Recognition of Qr Code with Mobile Phones*, Proceedings of Chinese Control and Decision Conference (CCDC 2008), Pechino 2008.

[3] Liao Zhao-lai, Huang Ting-lei, Wang Rui, Zhou Xiao-yan, *A Method of Image Analysis for Qr-Code Recognition*, Intelligent Computing and Integrated Systems (ICISS), Guilin, Cina, 2010.

[4] Andrea Ciacci, Myriam Giannace, *Senarum Vinea – Il terroir in città – Alla ricerca del vino di Siena*, Terre del Vino, mensile dell'Associazione Nazionale Città del vino, Anno IX, N° 1/2, Gennaio/Febbraio 2010.

[5] Andrea Ciacci, Myriam Giannace, *Progetto “Senarum Vinea”, le vigne di Siena*, Dipartimento di Scienze Ambientali “G. Sarfatti”, Laboratorio di Etruscologia e Antichità Italiche, Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti, Università degli Studi di Siena.

[6] Denso Wave Inc., <http://www.denso-wave.com>.

[7] Ian Foster, *Understanding a Qr – Code*, <http://www.qrme.co.uk>.