

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA

**FACOLTÀ DI INGEGNERIA**

PROGETTO DI STRUMENTAZIONE ELETTRONICA B



**Studio di fattibilità di un sistema di visione  
per controllo di qualità di un  
portasaponetta**

Studenti:

**Andrea Cadei**      Matricola: **74482**

**Manuel Zenato**    Matricola: **72380**

Docente:

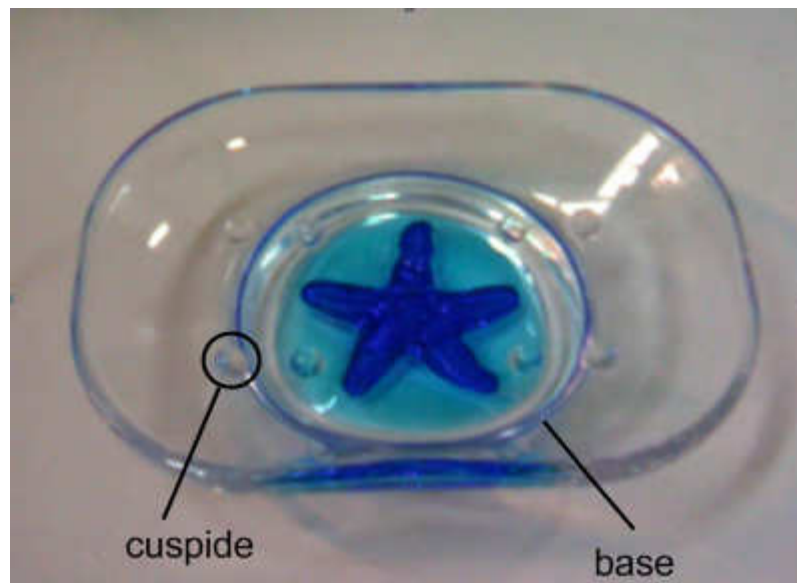
**Prof. Giovanna Sansoni**

ANNO ACCADEMICO 2008/2009

# STUDIO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI VISIONE PER CONTROLLO DI QUALITA' DI UN PORTASAPONETTA.

## 1. Introduzione

Il presente lavoro descrive la realizzazione di un sistema di visione per la rilevazione di determinate caratteristiche di un porta saponetta trasparente (*Fig. 1*).



*Fig. 1: L'oggetto analizzato*

Gli obiettivi posti sono i seguenti:

1. Riconoscimento della base circolare (presenza-non presenza) con eventuale stima del raggio, circonferenza ed area;
2. Riconoscimento del numero delle cuspidi;
3. Rilevamento dell'eventuale presenza della saponetta.

## 2. Idee preliminari

Data la conformazione dell'oggetto si rende necessaria un'illuminazione ottimale in grado di ridurre al minimo le riflessioni presenti che andrebbero a rendere difficili se non impossibili le operazioni richieste. Come idea di partenza si sono ritenute adeguate illuminazioni di tipo "front-light dark field" per far risaltare le cuspidi, oppure illuminazioni di tipo "Back-light" per non avere riflessioni. Per le operazioni di riconoscimento della base circolare e delle cuspidi si deve creare un software in grado di realizzare pattern matching partendo da templates caricati da file.

Ipotizzando di utilizzare il programma per il controllo di qualità all'interno di una catena di produzione sarebbe ottimale cercare di realizzare il match anche sull'oggetto ruotato acquisito direttamente con camera online, in modo da ridurre al minimo i costi della catena di produzione. Per il calcolo del raggio, dell'area e della circonferenza della base si ritiene utile provare a fare un fitting circolare della stessa.

### 3. Set-up sperimentale

#### 3.1 Dimensionamento e scelta della telecamera

L'oggetto si presenta di forma rettangolare, con dimensioni di 12 x 9 cm. Per avere un certo margine, il field of view (FOV) è stato inizialmente impostato a 15 x 15 cm.

Il dettaglio inferiore, costituito dalle ombreggiature create dalle cuspidi, utile per la creazione dei templates, è inferiore al millimetro; si è quindi fissato la feature resolution  $R_f$  a 0.7 mm.

L'Image Resolution  $R_i$  risulta:  $R_{th} = R_{iv} = \frac{FOV}{R_s} \cdot 4 \text{ pixel} = 857 \text{ pixel}$

Date le specifiche di risoluzione immagine, è stata scelta la telecamera monocromatica  $\mu$ Eye UI-1540-M con le seguenti caratteristiche:

<b>Image Sensor</b>	1/2" CMOS
<b>Resolution</b>	1280 (H) x 1024 (V) pixel, SXGA
<b>Pixel size</b>	5,2 (H) x 5,2 (V) m
<b>Color Depth</b>	8bit
<b>Frame Rate</b>	25fps
<b>Digital Interface</b>	USB 2.0

Il sensor size dichiarato è di 6.66 x 5.32 mm.

La Spatial Resolution è data da:  $R_s = \frac{FOV}{R_t} = 0.175 \text{ mm}$

Calcolando il Field Of View effettivo, si ha:

$$FOV_H = R_s \cdot R_{CH} = 22.4 \text{ cm}$$

$$FOV_V = R_s \cdot R_{CV} = 17.9 \text{ cm}$$

La Working Distance è stata impostata a 46 cm e la camera è posta perpendicolarmente all'oggetto.

La focale si calcola dalla formula:  $\frac{f}{ss} = \frac{WD}{FOV} \Rightarrow f = 13.7 \text{ mm}$

Si è quindi scelto di impiegare un obiettivo con focale regolabile.

### 3.2 Scelta dell'illuminatore

L'oggetto in esame è caratterizzato da notevole trasparenza, la superficie liscia e curva causa, ad un'illuminazione "comune", numerose riflessioni le quali ostacolano l'analisi dell'oggetto stesso. Data la morfologia e la riflettività dell'oggetto, illuminatori di tipo front-light non sono adatti. Sono state comunque analizzate diverse sorgenti di illuminazione per poter avere un quadro completo.

- *Front-light Bright-Field:*

Il tipo di illuminazione Front-light, come da aspettative, non ha dato risultati soddisfacenti. Sono stati utilizzati illuminatori comuni al neon (*Fig. 2*).



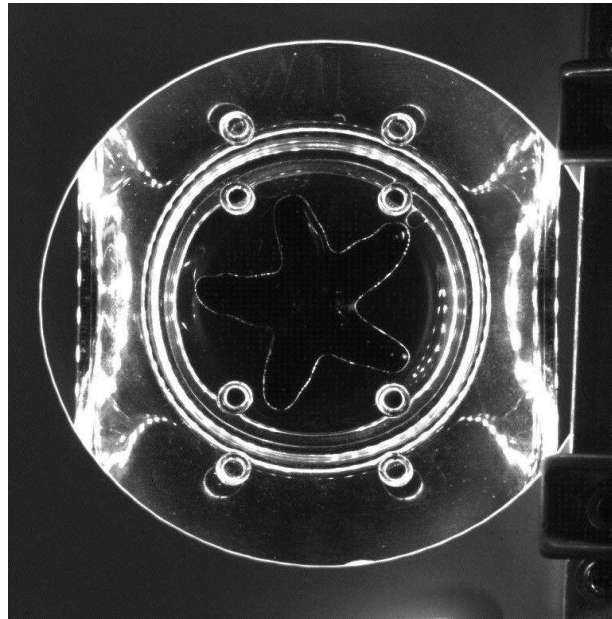
*Fig. 2: L'oggetto illuminato con luce al neon*

Come si evince dall'immagine, l'oggetto presenta innumerevoli riflessioni che ne rendono praticamente impossibile una qualsiasi misurazione accurata. Si è altresì provato ad anteporre tra la camera e l'oggetto un filtro polarizzatore ma i risultati non sono stati soddisfacenti.

- *Front-light Dark-Field:*

L'illuminazione Front-light Dark Field è utile per risaltare estroflessioni o bassorilievi dell'oggetto. E' stato provato tale tipo di illuminazione con l'illuminatore "Advanced Illumination mod. Ringlight Apposelite" per cercare di evidenziare le cuspidi all'interno del porta saponetta.

Come mostrato nella foto (*Fig. 3*) i risultati sono stati nuovamente non soddisfacenti; si è creato infatti un notevole risalto della bacinella contenitiva e le numerose riflessioni, nuovamente presenti, renderebbero difficili le operazioni di riconoscimento, specialmente se l'oggetto si presentasse ruotato.

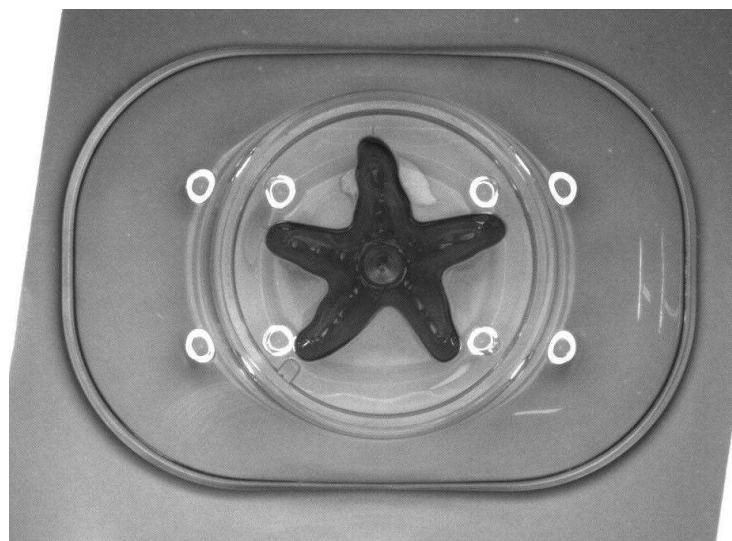


*Fig. 3: L'oggetto illuminato con illuminazione Front light Dark-Field*

- *Front light Bright Field a raggi paralleli:*

Tale tipo di illuminazione è utile per oggetti che presentano superfici non uniformi. L'illuminatore a disposizione è un Advanced Illumination – Axial Diffusi Illuminator. Esso è costituito da un cubo avente 2 finestre comunicanti ai lati opposti, molto grandi. La sorgente luminosa è posta perpendicolarmente alle finestre, ma i raggi luminosi sono proiettati parallelamente verso l'esterno di una di esse tramite un beam-splitter. L'illuminatore va posto tra la telecamera e l'oggetto da analizzare.

Dopo alcune prove atte a stabilire la distanza dell'illuminatore dall'oggetto e la posizione dello stesso, si è giunti ad un risultato interessante ponendo l'oggetto capovolto (*Fig. 4*).

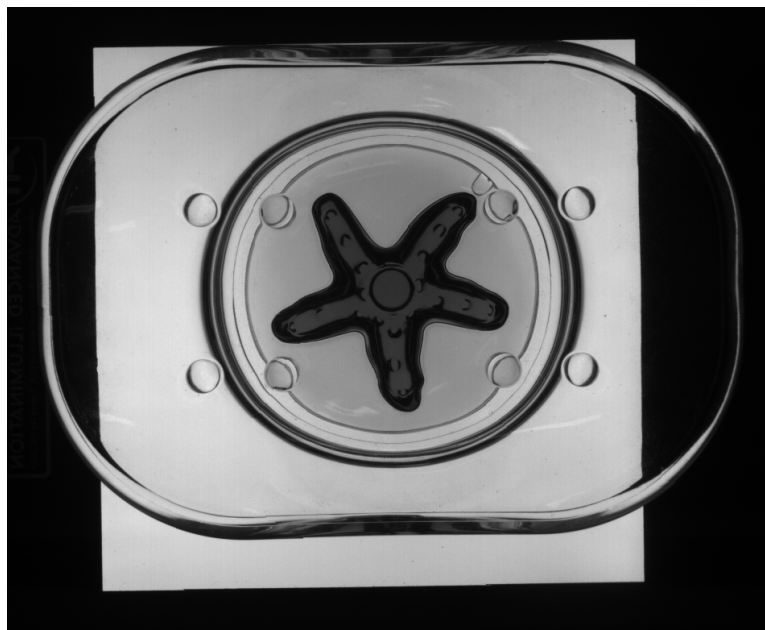


*Fig. 4: L'oggetto illuminato capovolto con illuminazione Front Light Bright Field a raggi paralleli.*

Come si evince dalla figura le cuspidi risultano notevolmente risaltate e sono presenti minori fenomeni di riflessione. La base dell'oggetto non risulta molto evidenziata, inoltre i leggeri ma comunque presenti fenomeni di riflessione in prossimità della stessa, ne rendono difficile il processo di fit.

- *Back-light:*

L'illuminatore utilizzato è un Advanced Illumination - Backlight. Il risultato è stato ampiamente soddisfacente: l'immagine risulta chiara e nitida, senza riflessioni.



*Fig. 5: L'oggetto illuminato con illuminazione*

Tale sistema di illuminazione è stato quindi preferito agli altri ed è stato utilizzato come base per lo sviluppo del sistema di visione.

#### **4. Realizzazione**

Per realizzare le misurazioni secondo le specifiche richieste, il software è stato sviluppato in ambiente Labview v.8.2 della National Instruments.

Sono stati creati 2 tipi di VI: uno che esegue le operazioni offline caricando le immagini da file, ed uno più complesso che lavora online acquisendo le immagini direttamente da camera. Quest'ultimo ha creato non pochi problemi nelle operazioni di setting per il riconoscimento delle cuspidi: se l'oggetto infatti non è posizionato orizzontalmente è difficile realizzare un Match completo; comunque i risultati a cui si è pervenuto sono soddisfacenti.

Per eseguire la ricerca delle cuspidi e dell'eventuale saponetta si eseguono operazioni di "pattern matching", mentre per la base circolare operazioni di "geometrical matching".

Entrambe le tipologie richiedono un template di riferimento. Il programma realizzato mostra sull'immagine originale il pattern eventualmente rilevato tramite indicatori colorati. A seconda del template inserito, il programma cerca la saponetta oppure la base dell'oggetto; se viene rilevata la saponetta il software fornisce esito positivo e termina, altrimenti, si può proseguire con la ricerca delle cuspidi.

Il programma produce esito positivo se entrambe le tipologie di pattern danno esito positivo e solo allora, dopo aver binarizzato l'immagine, si può procedere con le operazioni di fitting per il calcolo del raggio, circonferenza ed area della base.

Di seguito viene riportato lo schema a blocchi dei VI, con una breve descrizione degli stessi.

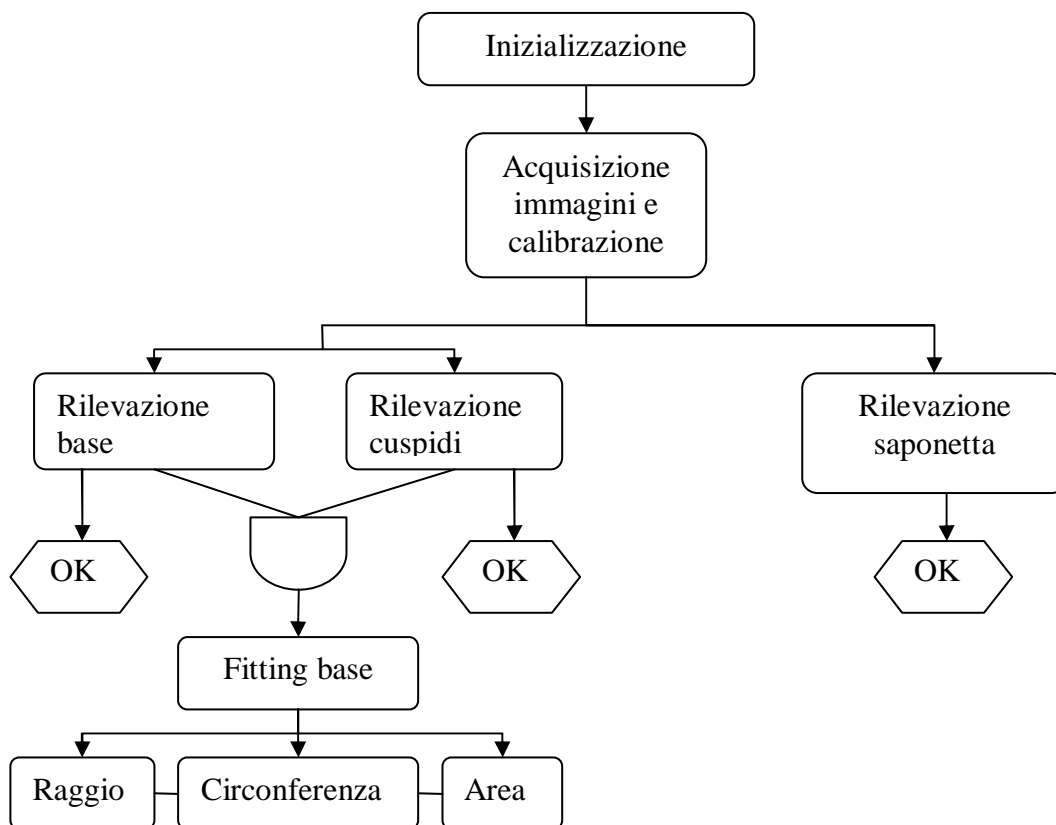


Fig 6: Schema a blocchi del programma

**Inizializzazione:** Le operazioni di inizializzazione sono fondamentali per il funzionamento del programma, il presente VI necessita di 2 tipi di inizializzazione:

- *Inizializzazione memoria:* Viene inizializzata la memoria delle immagini acquisite o aperte da file in modo che ognuna abbia uno spazio dedicato per le operazioni di elaborazione. Vengono

- caricati il file di calibrazione ed i differenti templates, uno per la cuspidi interna alla base, uno per quella esterna, uno per la saponetta ed uno per la base stessa. Per quest'ultimo è stato impiegato il software NI Template Editor dal quale è possibile definire informazioni anche per un template geometrico.  
Per inizializzare la memoria si utilizza il VI "IMAQ Create" ed "IMAQ create file" forniti nel pacchetto Vision
- *Inizializzazione canale:* (solo per online) necessaria per le acquisizioni da telecamera. I VI necessari sono "USB init" e "GRAB setup".

Acquisizione immagini e calibrazione: L'immagine sorgente, sulla quale effettuare le operazioni richieste, è fornita al software offline tramite file, mentre per quello online l'immagine è direttamente acquisita dalla camera USB.

Le immagini acquisite necessitano di essere calibrate, sia per poter compensare le distorsioni introdotte dalla telecamera, sia per poter calcolare correttamente le dimensioni della base.

Il file di calibrazione è stato creato tramite un VI apposito; le informazioni di calibrazione vengono caricate da file nell'inizializzazione e sono poi utilizzate per correggere l'immagine mediante il VI "IMAQ Correct Calibrated Image".

Rilevazione oggetti: La rilevazione degli oggetti viene eseguita tramite appositi VI di Pattern e Geometrical Matching forniti con il pacchetto Vision di Labview. Ogni pattern ha una sezione di programma ad esso dedicata.

Per la rilevazione delle cuspidi e della saponetta è stato utilizzato il metodo di Pattern Matching, fornendo templates ricavati semplicemente ritagliando gli stessi da una foto originale acquisita da camera, mentre per la rilevazione della base è stato utilizzato il Matching geometrico.

I VI dedicati al Pattern Matching sono "IMAQ Learn Pattern" per acquisire informazioni sul template utilizzato e "IMAQ Match Pattern 2" per eseguirne la ricerca; mentre per il Geometrical Matching si utilizzano i VI "IMAQ Learn Geometric Pattern" e "IMAQ Match Geometric Pattern", con le medesime funzioni.

Fitting: Questa operazione consiste essenzialmente nel ricavare i punti che definiscono il contorno esterno della base circolare. Eseguendo un Fitting circolare dei punti rilevati è possibile ottenere una circonferenza che approssima la base stessa. I punti del contorno sono rilevati come Edge mediante il VI "IMAQ Spooke", mentre il Fitting vero e proprio lo si esegue con il VI "IMAQ fit circle 2", che fornisce raggio e centro(in pixel) della circonferenza.

L'operazione di Fit necessita di una fase preliminare, che consiste nel binarizzare l'immagine e nel definire una regione di interesse circolare(ROI); quest'ultima permette di escludere la parte esterna dell'oggetto, che ostacola il rilevamento dei punti del contorno della base.

Affinché il fit venga eseguito è necessario che precedentemente il software abbia rilevato sia la base che le cuspidi. Grazie alle coordinate delle cuspidi più esterne si definisce l'ipotetico centro della base. Quest'ultimo costituisce il centro di riferimento per creare successivamente la ROI circolare sopraccitata.



Calcolo dei parametri: Per il calcolo dei parametri di area, circonferenza e raggio, è fondamentale la conversione dei dati da pixel a centimetri. Tale operazione è resa possibile dal VI “IMAQ Convert Pixel to Real World”.

Selezionati due punti, rispettivamente uno sul centro e uno sulla circonferenza stessa, mediante il VI “IMAQ Point Distances” viene calcolato il raggio. La circonferenza e l’area sono invece calcolate tramite le comuni formule geometriche.

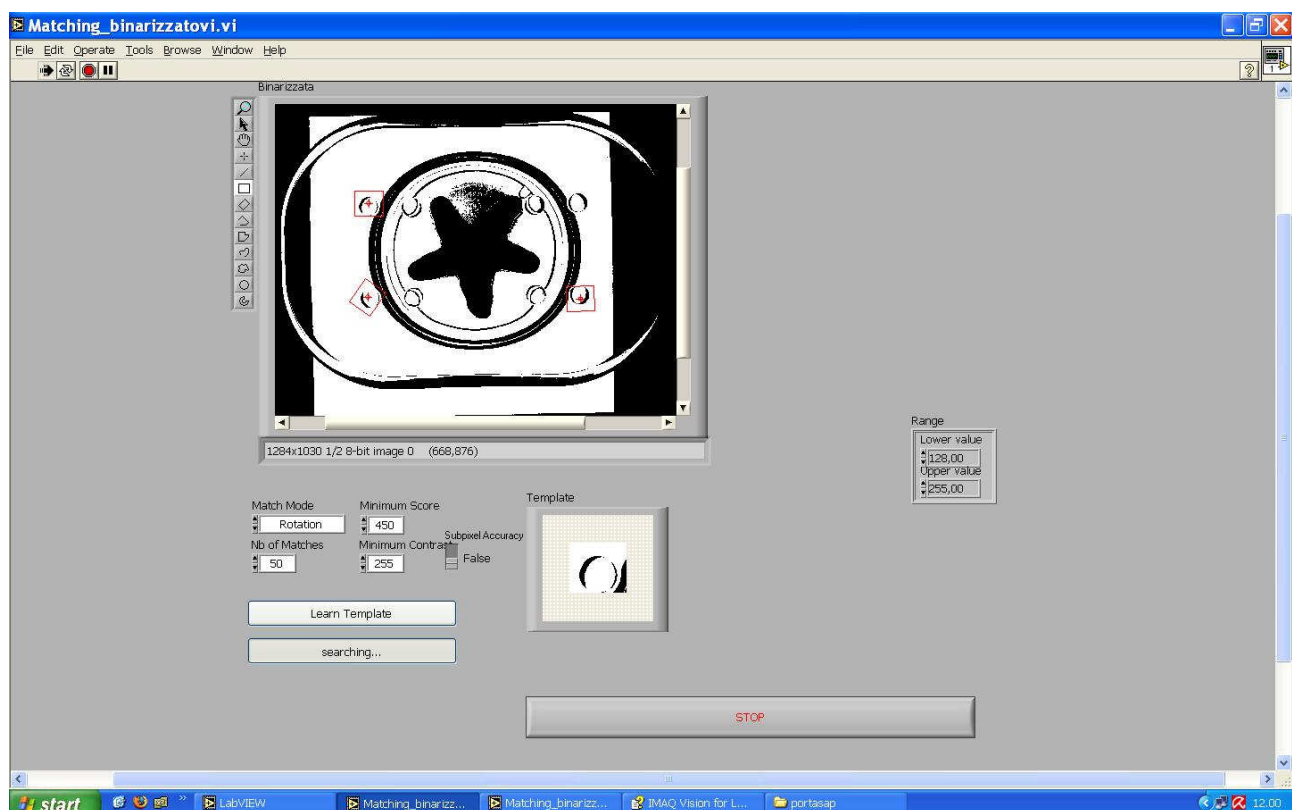
Per poter eseguire la conversione pixel/centimetri è indispensabile l’utilizzo delle informazioni di calibrazione.

#### 4.1 SCELTA DEI TEMPLATES

Le scelte dei templates deve essere molto accurata e precisa. Si deve scegliere una foto effettuata da telecamera in condizioni di set-up sperimentale e di illuminazione ottimali.

#### Le cuspidi.

Poiché le cuspidi hanno medesima forma e dimensione, si è inizialmente pensato di poter utilizzare un singolo template per eseguire il riconoscimento delle otto presenti nel porta saponetta. I risultati però non sono stati soddisfacenti, in quanto vi sono comunque differenze sostanziali di livello di grigio e fenomeni di ombreggiatura tra quelle poste all’interno della base e quelle al di fuori. La prova è stata eseguita anche sull’immagine binarizzata ma i risultati sono stati i medesimi.



*Fig. 6: Pattern Matching con singolo template su immagine binarizzata. Il programma riesce a rilevare solo 3 cuspidi esterne.*

Sono stati scelti quindi due templates, uno relativo ad una cuspidi esterna alla base ed uno relativo ad una interna. La ricerca dei pattern da parte del programma è dunque suddivisa in 2 blocchi simmetrici.

Il problema maggiore riguarda una cuspidi posta vicino ad una linguetta in prossimità della base; si deve settare il parametro “Minimum Match Score” del VI “IMAQ Match Pattern 2” piuttosto basso, cercando però di rimanere all’interno del limite di corretto funzionamento.

Tale sistema ha ottenuto risultati ottimi per il software offline e discreti per quello online, le difficoltà maggiori si presentano se l’oggetto è ruotato.

Occorre precisare che, per il corretto funzionamento del programma, l’oggetto deve essere posto il più possibile al centro dell’illuminatore, in modo da ricreare al meglio l’immagine dalla quale sono stati ricavati i templates.

L’illuminatore risulta altresì piuttosto piccolo, non riuscendo ad illuminare completamente la bacinella contenitiva. Ciò crea alcuni problemi nelle operazioni di matching in quanto, se il bordo del porta saponetta è vicino all’estremità dell’illuminatore, il VI denota la presenza di presunte cuspidi tra i due falsificando la misura.

Si è inoltre cercato di applicare il Geometrical Matching per il riconoscimento delle cuspidi ma i risultati non sono stati soddisfacenti: le cuspidi posizionate all’interno della base davano templates molto diversi l’una rispetto all’altra dovute alle differenti ombreggiature, rendendone impossibile il riconoscimento.

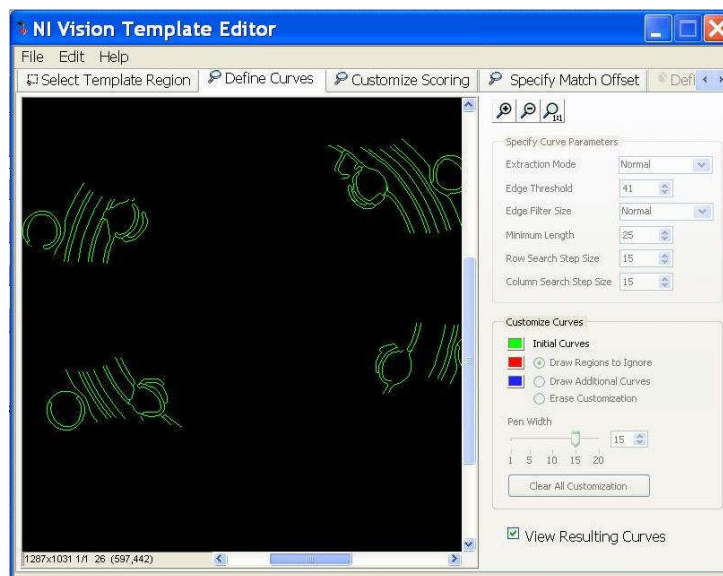


Fig. 7: Curve ottenute per il geometrical matching delle cuspidi. Si nota una differenza sostanziale specialmente tra quelle poste all’interno della base

### La saponetta

La tecnica utilizzata per il riconoscimento della saponetta è il Pattern Matching comune. E’ stato sperimentato anche il Geometrical Matching ma anche in questo caso i risultati non sono stati soddisfacenti. Con il Pattern Matching si riesce a riconoscere la saponetta anche ad oggetto ruotato, occorre però che essa sia illuminata dall’illuminatore in ogni suo lato.

### La base

Il template della base è stato creato per operazioni di Geometrical Matching, essendo essa di forma circolare. A tal scopo è stato utilizzato il programma NI Template editor, con il quale è stato possibile eliminare dalla foto tutte le parti non riguardanti la base, compresa la stella posta al centro

della stessa. Si è mantenuta solo l'informazione riguardante il contorno. Il template creato per il Geometrical Matching funziona in modo ottimale anche se l'oggetto si presenta ruotato.

### 4.2 LA SCELTA DEI PARAMETRI PER IL MATCHING

I parametri impostabili per le operazioni di Matching sono il "Minimum match Score", "Number of Matches", il "Minimum Contrast" ed un operatore booleano denominato "Subpixel Accuracy".

Si deve cercare di trovare un buon compromesso tra gli stessi, in modo che la ricerca sia più accurata possibile.

Sono state effettuate diverse prove atte ad ottimizzare la ricerca dei Matches, i risultati sono stati ottimi per il software offline e buoni per quello online.

Si è preferito impostare tali parametri come costanti all'interno del programma, in modo che, ottimizzati, non siano modificabili.

## **5 Conclusioni**

Il presente lavoro ha dato risultati soddisfacenti. La tecnica di illuminazione Backlight si presta bene per l'oggetto in questione non creando riflessioni rilevanti, occorre però un illuminatore più uniforme possibile e di dimensione maggiore rispetto a quello utilizzato, in grado cioè di contenere l'oggetto nella sua interezza.

Il software online dà risultati soddisfacenti, funzionando discretamente anche se l'oggetto si presenta ruotato. Con gli accorgimenti sopra citati si potrebbero ottenere ulteriori miglioramenti.

Va ovviamente esclusa qualsiasi illuminazione parassita per evitare fenomeni di riflessione che andrebbero a rendere difficili le operazioni di Matching.

I risultati ottenuti per il calcolo del raggio, della circonferenza e dell'area della base sono conformi alla realtà.