

POLITECNICO
MILANO 1863

Esercizio 3 Homework 3 - Laboratorio di elaborazione di bioimmagini

Autore: Francesco Benedetto 10663326

Indice**1 Introduzione****2 Metodo**

2.1	Caricamento e preprocessing dell'immagine	1
2.2	Aspect Ratio	1
2.2.1	Rilevamento dei bordi e selezione delle linee principali	2
2.2.2	Rette e punti di intersezione	2
2.2.3	Ridimensionamento del trapezio	3
2.2.4	Nuove rette e punti di intersezione	3
2.2.5	Warping dell'immagine e confronto con bounding box rettangolare	4
2.2.6	Calcolo dell'aspect ratio del blister raddrizzato	5
2.3	Rilevamento delle pillole <i>PRESE</i> e <i>NON PRESE</i>	5
2.3.1	Maschera delle pillole <i>NON PRESE</i>	5
2.3.2	Maschera di <i>TUTTE</i> le pillole	6
2.3.3	Maschera delle pillole <i>PRESE</i>	7

3 Risultati**4 Conclusioni****1 Introduzione**

1 L'obiettivo di questo esercizio è sviluppare un sistema per l'analisi automatica delle immagini dei blister di pillole, con lo scopo di rilevare quante pillole sono state utilizzate, quante sono ancora presenti e calcolare l'*aspect ratio* originale del blister.

2 Nel lavoro svolto, si è considerato anche il caso di immagini riprese con angolazioni diverse rispetto a quella dell'immagine data, cercando di generalizzare il più possibile il processo per renderlo applicabile ad altre immagini simili.

2 Metodo

3 L'approccio adottato nel codice è suddiviso in vari passaggi. Ogni passaggio ha lo scopo di preparare l'immagine per una corretta elaborazione e miglioramento. Di seguito sono descritti i passaggi fondamentali.

2.1 Caricamento e preprocessing dell'immagine

4 L'immagine di input, denominata `blister.jpg`, è stata caricata e sono state calcolate le sue dimensioni che serviranno nei passaggi successivi.



Figura 1: Immagine originale

2.2 Aspect Ratio

Per poter procedere con il calcolo dell'**Aspect Ratio**, il primo passo è stato separare il blister dallo sfondo. Dopo aver analizzato diversi spazi di colore tramite `colorThresholder`, si è osservato che la trasformazione nello spazio *YCbCr* consente di distinguere efficacemente il blister dallo sfondo verde.

Pertanto, l'immagine è stata convertita in tale spazio di colore, e successivamente è stato estratto il canale *Cr*, rivelatosi particolarmente efficace per la segmentazione. Il canale *Cr* è stato quindi binarizzato applicando una soglia (*threshold*) pari a 125, ottenendo una maschera binaria che evidenzia il blister rispetto allo sfondo.

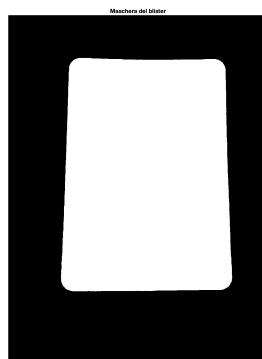


Figura 2: Maschera del blister

Si è osservato che la forma del blister non è rettangolare, bensì trapezoidale. Questo fenomeno è dovuto alla prospettiva con cui è stata acquisita l'immagine. Di conseguenza, si rende necessario un processo di raddrizzamento (*warping*) dell'immagine per allineare il blister agli assi principali.

2.2.1 Rilevamento dei bordi e selezione delle linee principali

Per raddrizzare l'immagine del blister, è stato necessario individuare le linee principali che delimitano l'oggetto. A tale scopo, si è utilizzato l'algoritmo di rilevamento dei bordi di *Canny*, seguito da un processo di dilatazione per enfatizzare i bordi rilevati.

Successivamente, è stata applicata la trasformata di *Hough* per identificare le linee principali presenti nell'immagine. Sebbene il numero massimo di picchi della trasformata fosse impostato a 4, sono state rilevate 6 linee, di cui 2 risultavano molto corte e irrilevanti, posizionate in basso a sinistra sul bordo (ombra dovuta all'angolo rialzato del blister, non perfettamente appoggiato alla base verde).

Per garantire l'accuratezza della selezione delle linee principali, si è proceduto al calcolo della lunghezza di ciascuna linea utilizzando la distanza euclidea tra i punti estremi di ogni segmento. Le linee sono state quindi ordinate in ordine decrescente di lunghezza, selezionando infine le 4 linee più lunghe, che rappresentano i bordi principali del blister.

Nella Figura 3 vengono mostrate le 4 linee principali selezionate, sovrapposte ai bordi del blister nell'immagine originale.



Figura 3: Maschera del blister

2.2.2 Rette e punti di intersezione

Per determinare i 4 vertici del contorno del blister (punti di riferimento per il successivo raddrizzamento del blister), si sono calcolate le equazioni delle rette che giacciono sulle quattro linee principali rilevate. Ogni retta è stata descritta utilizzando la propria *pendenza* (*m*) e *intercetta* (*b*). Successivamente, si sono individuati i punti di intersezione tra le rette, che rappresentano i potenziali vertici del blister.

I punti di intersezione, inizialmente sei in numero, sono stati filtrati per garantire che si trovassero all'interno dei limiti dell'immagine, eliminando così i *vanishing points* generati dall'intersezione di rette non parallele. La presenza di due *vanishing points* conferma che le due coppie di rette non sono parallele e si intersecano in punti al di fuori dell'area del blister.

Infine, i punti validi sono stati ordinati in senso orario, basandosi sull'angolo calcolato rispetto al baricentro di tutti i punti di intersezione. Questo ordinamento è risultato fondamentale per successivamente mappare correttamente i vertici del blister.



Figura 4: Rette principali e punti di intersezione rilevati. I punti validi, ordinati in senso orario, rappresentano i vertici del blister.

2.2.3 Ridimensionamento del trapezio

Prima di effettuare la trasformazione proiettiva per raddrizzare il blister, si è scelto di applicare un ridimensionamento (*rescaling*) al trapezio individuato dalle rette. Questo passaggio è stato fondamentale per preservare il rapporto di proporzioni originale (*aspect ratio*) dell'oggetto, evitando distorsioni geometriche indesiderate.

Se la trasformazione fosse stata eseguita direttamente mappando il trapezio sul rettangolo con dimensioni dell'immagine originale, l'*aspect ratio* del blister avrebbe assunto le proporzioni del rettangolo di destinazione, distorcendo così la forma reale dell'oggetto. Ciò equivale a imporre arbitrariamente un rap-

porto di proporzioni al blister, compromettendone la fedeltà geometrica. Ridimensionando il trapezio, invece, si include una piccola porzione di sfondo attorno al blister, garantendo che la sua geometria reale venga mantenuta.

Il ridimensionamento è stato effettuato calcolando la distanza tra i vertici adiacenti del trapezio e applicando un fattore di scalatura pari a 1.2. Questo coefficiente è stato scelto per includere una porzione adeguata di sfondo senza influenzare significativamente l'area dell'oggetto. I nuovi vertici del trapezio ridimensionato sono stati calcolati traslando i vertici originali secondo il fattore di scalatura.

Infine, sia il trapezio originale che quello ridimensionato sono stati tracciati sull'immagine per verificare visivamente l'efficacia del ridimensionamento.



Figura 5: In rosso il trapezio originale in blu quello scalato

2.2.4 Nuove rette e punti di intersezione

Dopo aver ridimensionato il trapezio che contorna il blister, si sono calcolate le nuove rette passanti per i vertici del trapezio ridimensionato (*rescaled*). Le equazioni delle rette sono state ottenute utilizzando i primi 2 punti consecutivi del trapezio, calcolandone la *pendenza* (m) e l'*intercetta* (b).

Per garantire un corretto allineamento del blister con gli assi orizzontali dell'immagine finale, si è deciso di forzare a zero la pendenza delle due rette con inclinazione minore (ossia le due rette quasi orizzontali). Questo

accorgimento consente di mappare tali rette agli assi orizzontali dell’immagine durante la trasformazione proiettiva, evitando che il blister risulti ruotato dopo il warping.

Il risultato di questa operazione è un trapezio che mantiene i lati obliqui paralleli a quelli del blister originale, ma con i lati orizzontali perfettamente allineati agli assi orizzontali dell’immagine.

Si osserva, infine, che nel caso specifico i lati obliqui del blister sono speculari (ossia hanno pendenze opposte). In scenari in cui ciò non fosse verificato, sarebbe necessario imporre esplicitamente che le pendenze delle due rette oblique siano l’una l’opposto dell’altra per preservare la simmetria del blister.



Figura 6: Nuove rette e nuovi punti di intersezione

2.2.5 Warping dell’immagine e confronto con bounding box rettangolare

In questa fase, si è applicata una trasformazione proiettiva (*warping*) all’immagine binarizzata del blister per raddrizzare il suo contorno e allinearla con gli assi dell’immagine (due a 0 gradi e due a 90). I vertici del trapezio ridimensionato sono stati mappati verso i quattro angoli di un rettangolo avente le stesse dimensioni dell’immagine originale. Questo processo ha permesso di preservare la forma del blister, evitando distorsioni significative. La trasformazione proiettiva è stata calcolata utilizzando una mappatura diretta tra i punti del trapezio e i vertici del rettangolo di destinazione. Successivamente, tale trasformazione è stata

applicata sia all’immagine originale sia all’immagine binarizzata per evidenziare i nuovi contorni del blister. Per verificare la qualità del risultato, si è confrontato il nuovo contorno del blister con la *bounding box* rettangolare calcolata automaticamente sull’immagine raddrizzata (la *bounding box* ha le linee parallele agli assi dell’immagine).

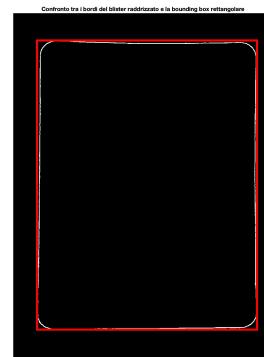


Figura 7: Confronto tra i bordi del blister raddrizzato e la bounding box rettangolare

Si è osservato che il lato sinistro del blister presenta una lieve inclinazione rispetto all’asse verticale. Tale errore è comunque minimo e attribuibile alla particolare geometria del blister in questione, che presenta i bordi negli angoli leggermente rialzati rispetto alla superficie principale, compromettendo la perfetta applicazione della trasformazione proiettiva. Il confronto visivo, evidenziato nei grafici, dimostra come il warping abbia raddrizzato con successo il blister, mantenendo le proporzioni e la geometria originale. La bounding box rettangolare rappresenta una valida approssimazione della forma del blister raddrizzato, utile per il calcolo successivo.



Figura 8: Confronto tra il blister raddrizzato e la bounding box rettangolare

2.2.6 Calcolo dell'aspect ratio del blister raddrizzato

A questo punto si è calcolato l'*aspect ratio* del blister raddrizzato, approssimandolo al rapporto tra la larghezza e l'altezza della *bounding box* rettangolare. Il calcolo è stato effettuato considerando le dimensioni della *bounding box* ottenuta nell'immagine raddrizzata, dove i bordi del blister sono ben allineati con gli assi dell'immagine.

Questo approccio permette di ottenere una stima accurata dell'*aspect ratio*, minimizzando le approssimazioni legate alla deformazione prospettica. Tre dei quattro lati della *bounding box* risultano perfettamente allineati con gli assi dell'immagine (orizzontale e verticale). Questo allineamento è stato verificato applicando la trasformata di Hough, filtrando esclusivamente le linee con angoli di 0 e 90 gradi, per garantire la precisione nella determinazione delle direzioni dei bordi. Solo il lato sinistro, come accennato precedentemente, presenta un'orientazione leggermente diversa rispetto ai 90 gradi, con una deviazione minima che si può considerare trascurabile.

Sebbene si sarebbe potuto semplicemente calcolare la *bounding box* dell'immagine binarizzata originale, questo approccio presenta un vantaggio significativo: tiene conto dei casi in cui l'immagine del blister non è stata scattata perpendicolarmente alla superficie ma

presenta inclinazioni o deformazioni prospettiche. Pertanto, la trasformazione proiettiva consente di ottenere risultati più affidabili e rappresentativi della geometria reale del blister. Il valore dell'*aspect ratio* calcolato per il blister è stato:

$$\text{Aspect Ratio} = \frac{\text{Larghezza}}{\text{Altezza}} = 0.75925$$

2.3 Rilevamento delle pillole *PRESE* e *NON PRESE*

2.3.1 Maschera delle pillole *NON PRESE*

L'idea principale è quella di creare una maschera binaria che identifichi inizialmente le pillole *NON PRESE* dal blister. Queste ultime, rispetto a quelle *prese*, sono più facili da rilevare grazie alla loro texture più uniforme. Dopo un'analisi dei vari spazi di colore, effettuata tramite `colorThresholder`, si è notato che il canale Cb dello spazio YCbCr permette di separare facilmente le pillole *NON PRESE* dal resto del blister tramite un'operazione di *thresholding*. Per facilitare l'analisi, si è innanzitutto *croppata* la *bounding box* risultante dal passaggio precedente, ottenendo così un'immagine contenente solamente il blister raddrizzato. Successivamente, l'immagine è stata trasformata nello spazio YCbCr ed è stato estratto il canale Cb. Tramite un'operazione di *thresholding* con valore 126, si è ottenuta una maschera binaria che rappresenta le aree di interesse.

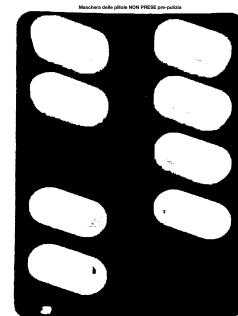


Figura 9: Maschera delle pillole *NON PRESE* pre pulizia

Per migliorare il risultato, sono stati applicati i seguenti passaggi:

- **Rilevamento dei bordi:** è stato utilizzato l'algoritmo di Canny con un *sigma* pari a 20, per ridurre il rumore e ottenere bordi più definiti.
- **Dilatazione:** i bordi sono stati enfatizzati utilizzando un elemento strutturale disco con raggio 5.
- **Pulizia delle imperfezioni:** piccole aree indesiderate sono state rimosse applicando la funzione `bwareaopen` con soglia pari a 4000.
- **Rimozione dell'oggetto più grande:** per eliminare il contorno del blister e conservare solo le pillole *NON PRESE*, si è calcolata l'area degli oggetti presenti nella maschera. L'oggetto con l'area maggiore è stato identificato e rimosso.
- **Riempimento:** le aree all'interno degli oggetti sono state riempite utilizzando la funzione `imfill`, al fine di ottenere una maschera completa.

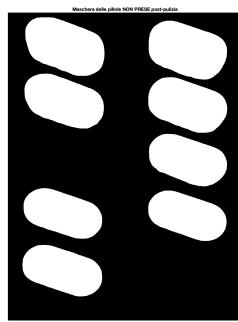


Figura 10: Maschera delle pillole *NON PRESE* post-pulizia

2.3.2 Maschera di *TUTTE* le pillole

Per ottenere la maschera delle pillole *PRESE*, si è pensato di sfruttare la differenza tra la maschera in cui sono presenti *TUTTE* le pillole e quella in cui sono presenti solo le pillole *NON PRESE*. La maschera di

TUTTE le pillole è stata generata applicando un'operazione di *thresholding adattativo* sull'immagine del blister raddrizzato in scala di grigi.

Passaggi principali:

- **Conversione in scala di grigi:** l'immagine del blister è stata convertita in scala di grigi.
- **Thresholding adattativo:** è stato utilizzato un approccio *adaptive thresholding*, con una sensibilità relativamente bassa impostata a 0.55, per rilevare anche le pillole *PRESE*, più difficili da individuare rispetto a quelle *NON PRESE*.

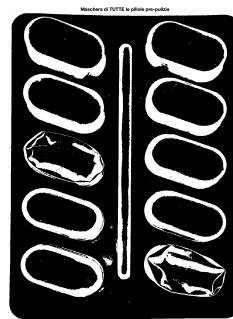


Figura 11: Maschera di *TUTTE* le pillole pre-pulizia

- **Dilatazione:** la maschera ottenuta è stata dilatata utilizzando un elemento strutturale disco con raggio 5, per enfatizzare i contorni esterni delle pillole *NON PRESE*.
- **Rimozione delle impurità:** sono state eliminate piccole imperfezioni e riflessi di luce, applicando una soglia minima di area pari a 15000.
- **Rimozione del blister e di oggetti non desiderati:**

- È stato individuato e rimosso l'oggetto con area massima, corrispondente al contorno del blister.
- È stato individuato e rimosso l'oggetto con eccentricità massima, corrispondente all'escrescenza centrale del blister.

- **Riempimento dei contorni:** per completare la maschera, lo spazio interno ai contorni delle pillole è stato riempito utilizzando la funzione `imfill`.

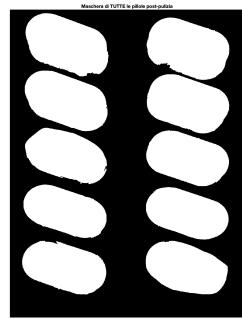


Figura 12: Maschera di TUTTE le pillole post-pulizia

2.3.3 Maschera delle pillole *PRESE*

Una volta ottenute la maschera di *TUTTE* le pillole e quella delle pillole *NON PRESE*, è possibile calcolare la maschera delle pillole *PRESE* come differenza tra le due.

Come si può notare la maschera ottenuta non è perfetta, infatti include ancora sagome di pillole *NON PRESE*.

- **Filtraggio basato sulla solidità:** Le pillole *NON PRESE* hanno lo spazio all'interno di esse vuoto (grazie alla precedente sottrazione), mentre le pillole *PRESE* hanno contorni pieni. Per questo motivo si è deciso di filtrare solo gli oggetti con solidità (che indica quanto un oggetto è pieno) maggiore di 0.8 eliminando le sagome delle pillole *NON PRESE*.

- **Pulizia della maschera:**

- Sono state rimosse le piccole imperfezioni tramite `bwareaopen` con una soglia minima di area pari a 1000.
- I bordi delle pillole *PRESE* sono stati enfatizzati utilizzando il rilevamento di bordi di Canny seguito da una dilatazione con un elemento strutturale disco.

Passaggi principali:

- **Calcolo della differenza:** La maschera delle pillole *PRESE* è stata ottenuta come differenza tra la maschera di *TUTTE* le pillole e quella delle pillole *NON PRESE*. La Figura in basso mostra il risultato grezzo, che include ancora sagome di pillole *NON PRESE*.

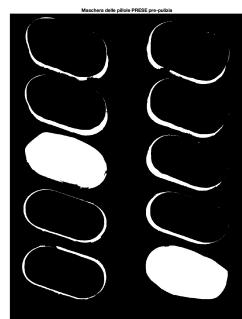


Figura 13: Maschera delle pillole PRESE pre-pulizia

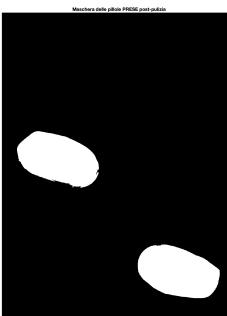


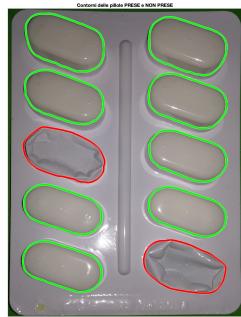
Figura 14: Maschera delle pillole PRESE post-pulizia

3 Risultati

L'analisi dell'immagine ha prodotto i seguenti risultati:

Aspect Ratio del blister: Il valore calcolato per l'*aspect ratio* del blister è risultato pari a **0.75925**. Questo valore rappresenta il rapporto tra la larghezza e l'altezza della *bounding box* del blister raddrizzato.

Rilevamento delle pillole *PRESE* e *NON PRESE*: I contorni delle pillole *PRESE* e *NON PRESE* sono stati identificati con successo, come mostrato nella figura in basso.



PILLOLE per l'immagine originale, ottenendo un'immagine in cui lo sfondo è nero e le pillole mantengono il loro colore originale. Da questa immagine, si potrebbero estrarre ulteriori caratteristiche basate sulla *texture* per distinguere in modo più robusto tra pillole *PRESE* e *NON PRESE*

Figura 15: Pilole *PRESE* in rosso e pilole *NON PRESE* in verde

4 Conclusioni

È stato sviluppato un metodo automatizzato per analizzare l'utilizzo delle pillole in un blister, con particolare riferimento a:

- **Raddrizzamento del blister:** è stata implementata una procedura automatica che permette di raddrizzare il blister anche nel caso in cui la foto venga scattata inclinata, purché la foto sia scattata mantenendo il blister centrale rispetto all'asse orizzontale.
- **Condizioni richieste per l'acquisizione delle immagini:** per garantire il corretto funzionamento del metodo, le foto devono essere scattate su uno sfondo verde uniforme (simile a un *green screen*). Tuttavia, variazioni di luminosità eccessive possono compromettere il rilevamento delle pilole *PRESE* e *NON PRESE*, rendendo il metodo sensibile a condizioni di luce non ottimali.

Possibili miglioramenti: Per migliorare la fase di rilevamento delle pillole, potrebbe essere utile integrare analisi statistiche sulla *texture* delle pillole. Un possibile approccio è moltiplicare la maschera di *TUTTE LE*