



UNIVERSITÀ DI PADOVA

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN INGEGNERIA BIOMEDICA

TESI DI LAUREA

SEGMENTAZIONE AUTOMATICA DI LESIONI PSORIASICHE

Relatore: **Dottor Prof. Enoch Peserico Stecchini Negri De Salvi**
Correlatore: **Dottor Alberto Silletti**

Laureando: **Paolo MASSARI**

Anno Accademico: 2010-2011

Sommario

Questo lavoro discute la realizzazione e l'implementazione di un algoritmo per la segmentazione di lesioni cutanee, con particolare riferimento alla psoriasi. Il capitolo primo presenta un'introduzione sulla malattia della psoriasi; il secondo descrive le fonti e i lavori precedenti e il terzo descrive le quattro operazioni fondamentali: preprocessing, calcolo delle features, segmentazione e postprocessing. Il capitolo quarto presenta i risultati, infine nel quinto si discutono vantaggi e difetti chiudendo la tesi con la discussione degli sviluppi futuri.

Indice

1	La psoriasi	1
1.1	Che cosa è	1
1.2	Sintomatologia	1
1.3	Eziologia	1
1.4	Le forme di psoriasi	2
1.5	Trattamento psoriasi	4
1.6	Indice Pasi	4
2	Previuos work	6
2.1	State of the art	6
3	Tecniche di segmentazione	9
3.1	Preprocessing	10
3.1.1	Individuazione pelle	10
3.1.2	Rimozione peli	11
3.1.3	Equalizzazione luce	12
3.1.4	Smoothing	14
3.2	Metriche	14
3.2.1	Range	15
3.2.2	Deviazione standard	15
3.2.3	Entropia	15
3.2.4	Edges	16
3.2.5	Conclusioni	16
3.3	Segmentazione	18
3.3.1	Istogramma 2d delle features	18
3.3.2	Fuzzy C-Clustering	18
3.3.3	Utilizzo di tre metriche	21
3.4	Postprocessing	22
3.4.1	Operazioni morfologiche	22
3.4.2	Ricostruzione contorni e macchie	22
3.4.3	Eliminazione forme geometriche	23
3.5	Conclusione	25
4	Appendice risultati	26
4.1	Individuazione pelle	26
4.2	Rimozione dei peli	27
4.3	Equalizzazione ombre	28
4.4	Canali di colore e metriche	29

<i>INDICE</i>	IV
4.5 Sogliatura	30
4.6 Operazioni binarie	31
4.7 Eliminazione forme	32
4.8 Risultati	34
4.9 Listati programmi in pseudocodice	38
5 Conclusioni	39
5.1 Possibili sviluppi futuri	39

Capitolo 1

La psoriasi

1.1 Che cosa è

La psoriasi è una delle più comuni forme croniche di malattia della pelle nel mondo. Viene riscontrata nello 0, 1-3% della popolazione mondiale, di cui il 75-80 % dei casi presenta forme lievi (psoriasi minima). È una malattia infiammatoria della pelle, non infettiva, solitamente di carattere cronico e recidivante (per questo un soggetto affetto da psoriasi non sarà mai completamente guarito, ma avrà momenti in cui gli effetti della malattia sono meno incisivi). Può presentarsi a qualunque età, ma è più comune dai 10 ai 40 anni, e in particolare al momento della pubertà e della menopausa. Non è una malattia contagiosa.

1.2 Sintomatologia

Le manifestazioni più comuni sono papule e placche eritematose ben delimitate ricoperte di scaglie argentee o opalescenti. Le lesioni sono di varie dimensioni e la severità può variare da pochi punti di desquamazione di tipo forforoso a dermatosi generali con artrite (artrite psoriasica), esfoliazioni ed eruzioni debilitanti. Nonostante il nome significhi "condizione pruriginosa" il prurito non è sempre presente.

I siti più comuni per le lesioni sono lo scalpo (inclusa la zona retroauricolare), le zone di estensione di gomito e ginocchio e la zona lombo-sacrale, ma in alcune sue forme si trova nelle zone di flessione, sui genitali e sulla pianta dei piedi e il palmo delle mani. Le lesioni guariscono senza lasciare cicatrici e senza disturbare la crescita dei peli.

1.3 Eziologia

L'eziologia della psoriasi non è ancora conosciuta, ma si ritiene che vi siano fattori di rischio che possano predisporre allo sviluppo della patologia. Vi sono poi alcune condizioni che, pur non essendo classificate come fattori di rischio, possono essere la causa scatenante la psoriasi in soggetti che sono considerati predisposti; tali condizioni sono quindi definite come fattori scatenanti. Tra i fattori di rischio citiamo:

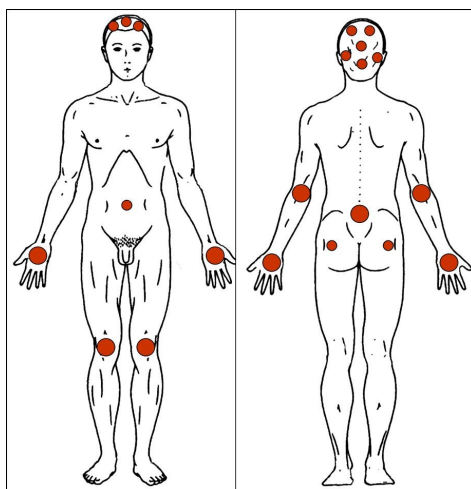


Figura 1.1: Zone comuni affette da psoriasi

- predisposizione di tipo genetico
- processi infettivi
- stile di vita
- presenza di altre patologie (comorbidità).

Predisposizione di tipo genetico - Circa il 33% dei casi di psoriasi riguarda soggetti che hanno familiari affetti da tale patologia; ciò suggerisce la presenza di una componente genetica ereditaria della patologia.

Processi infettivi - Alcuni soggetti si ammalano di psoriasi dopo essere stati colpiti da un'infezione virale o da un'infezione batterica. Si ritiene che un'eccessiva risposta del sistema immunitario a determinate infezioni possa provocare la comparsa della psoriasi in soggetti predisposti.

Stile di vita - Molti studi sembrano indicare che le persone con un buon stile di vita abbiano una minore tendenza allo sviluppo della psoriasi; alcuni autori ritengono che sia l'abuso di alcol che quello di fumo predispongano allo sviluppo della malattia. Anche l'obesità è considerato un fattore di rischio.

Comorbidità - È stato osservato che i soggetti affetti da morbo di Crohn, colite ulcerosa o da problemi di tipo metabolico sviluppano frequentemente la malattia. Tra i fattori scatenanti sono compresi lo stress, le lesioni cutanee, le ustioni solari, alcuni tipi di farmaci, le alterazioni di tipo ormonale ecc.

1.4 Le forme di psoriasi

Le diverse forme di psoriasi vengono distinte a seconda delle loro peculiari caratteristiche, e si dividono in:

- psoriasi a placche (anche psoriasi volgare)
- psoriasi guttata

- psoriasi pustolosa
- psoriasi invertita
- psoriasi eritrodermica

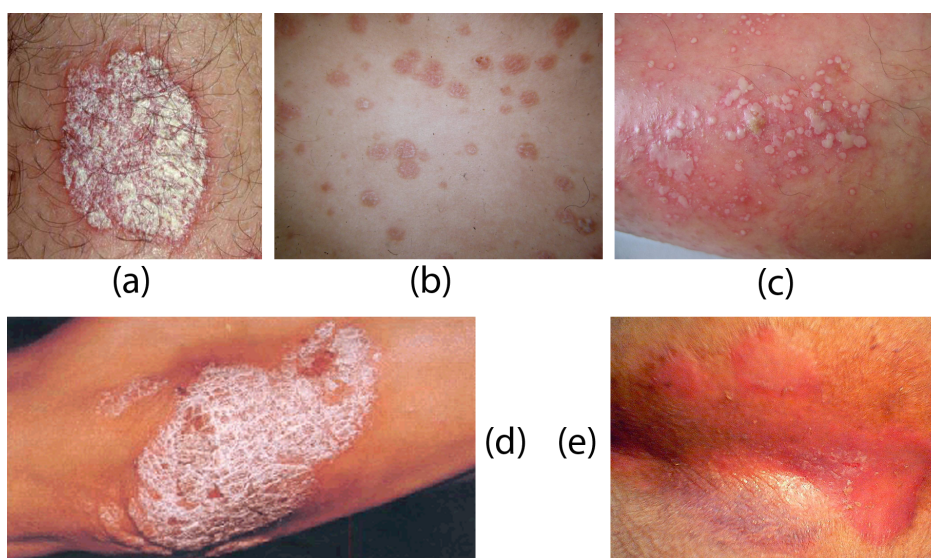


Figura 1.2: psoriasi: volgare (a), guttata (b), pustolosa (c), eritrodermica (d), e invertita (e)

La psoriasi a placche - costituisce circa l'80% di tutti i casi di psoriasi. È una forma generalmente lieve della patologia e colpisce la superficie corporea per meno del 2%. Si presenta con placche ispessite e arrossate poco più grandi di un cm e di forma ovale o rotonda.

La psoriasi guttata - riguarda circa il 18% dei casi di psoriasi. Colpisce con più frequenza i bambini e i giovani adulti. La psoriasi guttata è considerata una forma mediamente più severa rispetto alla psoriasi a placche. Si presenta con piccole lesioni il cui diametro va da 1mm a circa 1cm dalla caratteristica forma a goccia. Fra i fattori scatenanti più comuni della psoriasi guttata vi sono le tonsilliti e le faringiti.

La psoriasi pustolosa - è una forma di psoriasi abbastanza rara (meno del 2% dei casi); solitamente la sua comparsa è preceduta da altre varianti di psoriasi.

La psoriasi invertita - è una forma di psoriasi che si presenta molto spesso con la forma a placche. Colpisce con una certa frequenza i soggetti in sovrappeso e si presenta con zone cutanee eritematose, ma senza la presenza di squame.

La psoriasi eritrodermica - è una forma molto rara di psoriasi, ma è certamente la più grave e può debilitare chi ne è colpito in modo molto severo e può avere complicanze di notevole gravità. Colpisce più frequentemente i soggetti di sesso maschile e l'età di insorgenza è media è intorno ai 50 anni. Solitamente la psoriasi eritrodermica rappresenta un'evoluzione di altre forme psoriasiche.

1.5 Trattamento psoriasi

Il decorso della psoriasi è difficilmente prevedibile e i soggetti colpiti dalla malattia possono presentare forme differenti e il cui grado di gravità è molto diverso. A tutt'oggi non esiste una cura definitiva per la psoriasi e, sfortunatamente, le cure a medio-lungo termine hanno talvolta effetti collaterali anche pesanti. La scelta del trattamento si basa generalmente sul grado di gravità della malattia, sulla forma di psoriasi. Tra esse ricordiamo:

- trattamenti topici
- fototerapia
- trattamenti farmacologici
- trattamenti topici del cuoio capelluto
- trattamenti sistemici.

I trattamenti topici, usati generalmente nelle forme lievi di psoriasi, consistono in farmaci emollienti i cui scopi sono quelli di ammorbidire le squame e rimuoverle. La fototerapia viene generalmente usata per trattare le forme psoriasiche di media e severa gravità e agisce eliminando o comunque migliorando lo stato delle lesioni provocate dalla patologia. Per il trattamento delle psoriasi che colpiscono il cuoio capelluto si utilizzano trattamenti topici a base di corticosteroidi, shampoo al catrame e calcipotriolo. Per la terapia delle psoriasi di una certa gravità si utilizzano invece trattamenti sistemici.

1.6 Indice Pasi

Con Psoriasis Area Severity Index (abbreviato in "PASI") si indica un indice dermatologico introdotto alla fine degli anni '70 per monitorare l'efficacia dei trattamenti utilizzati per la cura della psoriasi. Il punteggio varia da 0 a 72 (valore massimo) e valuta l'estensione, la desquamazione, l'eritema e l'ispessimento delle chiazze psoriasiche. Il corpo è così diviso in quattro sezioni: testa (H) in cui è presente il 10% della pelle di una persona; braccia (A) il 20% ; corpo (T) 30% e gambe (L) il 40%. Ognuna di queste aree è classificata a se stante, e i quattro risultati sono combinati per calcolare l'indice PASI. Per ogni sezione, la percentuale di pelle interessata, è stimata e trasformata con un grado che va da 0 a 6 in questo modo:

- 0% di area interessata, grado: 0
- < 10% di area interessata, grado: 1
- 10-29% di area interessata, grado: 2
- 30-49% di area interessata, grado: 3
- 50-69% di area interessata, grado: 4
- 70-89% di area interessata, grado: 5
- 90-100% di area interessata, grado: 6

Assieme ad ogni area viene valutata la severità della psoriasi, basata principalmente su 3 fatti clinici: l'eritema (il rossore), infiltrazione (spessore) e la desquamazione (scagliatura). Questi parametri sono valutati in base a un valore che va da 0 (nulla) a 4 (massima severità). La somma di questi tre parametri è poi calcolata per ogni sezione della pelle, moltiplicata per un fattore di area e per un peso relativo alla sezione a cui si riferisce: 0.1 testa, 0.2 braccia, 0.3 corpo e 0.4 gambe. La formula è qui riassunta in questo modo:

$$PASI = 0.1 * (E_H + I_H + D_H) * A_H + 0.2 * (E_A + I_A + D_A) * A_A + 0.3 * (E_T + I_T + D_T) * A_T + 0.4(E_L + I_L + D_L) * A_L$$

Capitolo 2

Previuos work

2.1 State of the art

Lo scopo di questa prima fase è quello di prendere atto di come è stata affrontata la segmentazione delle psoriasi in diversi lavori, di annotarne eventuali difetti e punti di forza, e nell'eventualità: migliorarli. Qui di seguito vengono riportati quelli più significativi:

Area Assessment of Psoriatic Lesions based on Variable Thresholding and Subimage Classification In [1] l'immagine subisce un preprocessing per rimuovere l'informazione non necessaria per la segmentazione (rumore di fondo) e per sottolineare meglio e chiarire le parti delle immagini con pelle malata. Essa è poi segmentata usando le informazioni sul colore. La classificazione dei segmenti affetti da psoriasi viene poi estrapolata manualmente.

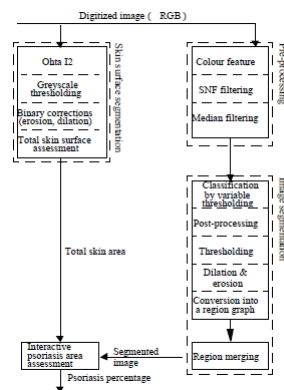


Figura 2.1: schema riassuntivo

Infine la superficie della pelle del corpo intero viene calcolata per determinare la percentuale dell'area della pelle affetta da psoriasi. Il centro del lavoro è basato su una segmentazione derivata da un'analisi precedente delle componenti gerarchiche connesse. Un aspetto importante di questo sistema è il lavoro di preprocessing che include la trasformazione nello spazio OtsuI2, il canale verde

normalizzato, il SNN (Symmetric Nearest Neighbor) e il filtro mediano. Lo scopo di questi filtraggi è quello di rendere il risultato della segmentazione il meno possibile affetto dai falsi positivi. Il metodo di segmentazione usato è di base un metodo da sogliaatura da istogramma. I difetti della classificazione vengono poi rimossi da operazioni di postprocessing operanti con finestre di grandezza 3×3 . Operazioni quali erosione e dilatazione sono aggiunte per rimuovere le strutture più piccole e altre strutture vengono poi eliminate operando tecniche di merging tra regioni che usano informazioni globali come l'intensità media e il contrasto dei bordi medio.

Al contrario di altri lavori, invece che concentrarsi solo su piccole immagini dermatoscopiche, questo tratta immagini di intere zone del corpo di pazienti affetti dalla malattia. Il sistema non è accurato in ogni caso. Molti falsi positivi rimangono presenti nel risultato finale. Un altro difetto di questo progetto è che la segmentazione non è automatica ma ha bisogno di un intervento manuale.

Segmentation of Psoriasis Vulgaris Images Using Multiresolution-Based Orthogonal Subspace Techniques [2] propone una tecnica di segmentazione composta da due parti principali: estrazione delle features e segmentazione dell'immagine. Il vettore delle feature è composto a sua volta da due parti : texture e colore.

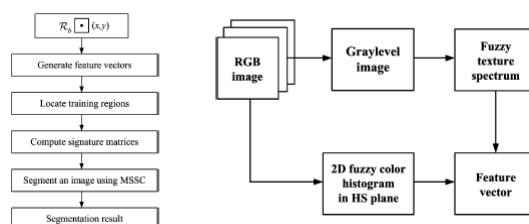


Figura 2.2: a sinistra: diagramma dello schema del progetto; a destra: algoritmo per la estrazione delle features

Lo spettro della texture, basato sull'intensità dell'immagine, selezionata è scelto come prima componente del vettore delle feature. In seguito, per catturare la distribuzione del colore nel blocco dell'immagine, viene calcolato l'istogramma bi-dimensionale del piano hue e saturation che verrà utilizzato come seconda componente del mio vettore delle feature. Questo vettore è poi utilizzato per localizzare le regioni omogenee che verranno poi raggruppate in due classi di regioni di prova: pelle normale e psoriasi. Al momento della segmentazione viene utilizzato un MSSC (multiresolution based signature subspace classifier).

Questo metodo risulta essere abbastanza portato per quanto riguarda il trattamento delle psoriasi di tipo volgare. L'algoritmo utilizzato per la segmentazione non è di nostro interesse (infatti non viene visto nel dettaglio) ma viene presa in considerazione tutta la parte riguardante la trasformazione HSV e le caratteristiche che assumono le psoriasi in questa rappresentazione.

Segmentation of light and dark hair in dermoscopic images [4] tratta in maniera accurata la segmentazione di peli chiari e scuri nelle immagini dermoscopiche. Nella prima parte si cerca di introdurre una metodologia per cercare di individuare e, nel caso, eliminare l'influenza dei peli sulla pelle. Lo scopo del lavoro è quello della segmentazione e per farlo utilizza tecniche di smoothing, di sogliaatura, operazioni di filtraggio e infine tecniche di ricostruzione binaria tramite filtri morfologici. Viene pure trattato un modo per cercare di sostituirli utilizzando una tecnica di interpolazione.

Particolare interesse in questo articolo è una sezione che tratta della possibile eliminazione o riduzione dei peli tramite l'utilizzo di filtri morfologici su canali di colore.

Color Information for Region Segmentation [3] tratta in modo specifico le varie trasformazioni nei diversi spazi di colore : RGB, YIQ, HSV, XYZ, Lab, etc. Esso cerca di approfondire in che modo si comportano le diverse cromature dei colori in ognuna delle trasformazioni al fine di ottimizzare la segmentazione. In particolar modo introduce una nuova trasformazione in uno spazio-colore definita in questo modo:

- $I1 = \frac{R+G+B}{3}$;
- $I2 = R - B$;
- $I3 = \frac{2G-R-B}{2}$;

Essa viene chiamata Otha e viene considerata come trasformazione ideale da utilizzare per la segmentazione dei colori.

Degli argomenti trattati in questo lavoro si è dato particolare interesse alla trasformata Otha, in particolare al livello I2. Esso infatti è in grado di estrapolare in maniera abbastanza evidente i colori caratteristici delle psoriasi.

Conclusioni La maggior parte degli articoli trattati si concentra su uno specifico tipo di psoriasi (come quella volgare), trascurando una sua caratterizzazione generale. Infatti esse si manifestano con caratteristiche di forma e colore differenti (cfr. cap.1.4) da soggetto a soggetto il quale rende una loro trattazione generica alquanto difficoltosa. Nonostante questo, essendo che, l'80% dei casi di psoriasi comprende quella comune, l'algoritmo dovrebbe avere una genericità abbastanza soddisfacente. Per realizzare questa tesi è stato preso spunto da [1] per quanto riguarda la fase di preprocessing, da [2, 4] per quanto riguarda le trasformazioni spaziali e da [3] per la dilatazione e per la rimozione dei peli. Per tutto il resto delle operazioni sulle immagini si è consultata documentazione online o il libro di testo [5].

Capitolo 3

Tecniche di segmentazione

Il PASI (cfr. par. 1.6) è un indice che esprime la gravità della psoriasi. Valori elevati di quest'ultimo inducono la necessità di intervenire con farmaci dall'elevato costo. L'obiettivo di questo lavoro è quello di sviluppare una serie di tecniche da applicare a immagini digitali di pazienti affetti da psoriasi in modo da poter segmentare le zone malate della pelle. Quindi, permettere, in un futuro, un calcolo e una valutazione molto più rapida di questo indice rispetto alle tecniche moderne.

La segmentazione La segmentazione è un'operazione alla base di molti sistemi di elaborazione di immagini che prevedono l'identificazione di oggetti, il riconoscimento di pattern, separazione degli oggetti di interesse dal background etc. L'operazione di segmentazione ha come ingresso un'immagine elaborata e come uscita un insieme di oggetti estratti dall'immagine.

Caratteristiche delle psoriasi Caratteristica comune delle psoriasi è il fatto che la maggior parte di esse risulta, anche se in piccola quantità, in contrasto con la pelle. Le forme più frequenti sono caratterizzate principalmente da un colore rossastro, rappresentante le psoriasi con eritema, e da uno bianco rappresentante zone desquamate. Entrambe queste proprietà vengono sfruttate per operare la segmentazione.

Le foto trattate sono state scattate con una fotocamera Nikon modello D700 ad alta risoluzione con le seguenti specifiche:

- sensore cmos da 36x23,9 mm;
- 12,1 megapixel;
- risoluzione massima [pixel]: 4.256 x 2.832;

Le immagini interessano, non una specifica zona della pelle affetta da malattia, ma un'intera parte del corpo del paziente come può essere il busto, la schiena, le gambe, ecc.. Due foto, da due fotocamere diverse, possono essere poi combinate per ottenere un'unica immagine dell'intero corpo del paziente detta: immagine full body.

Introduzione Il progetto è suddiviso in quattro parti principali:

- preprocessing
- metriche
- sogliatura
- postprocessing

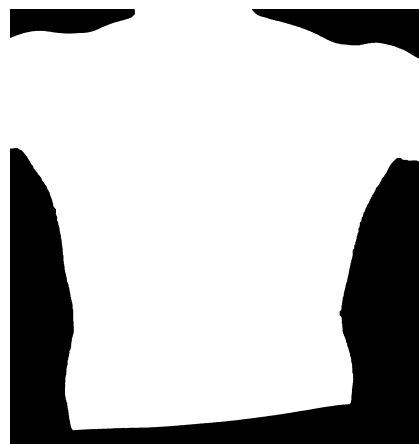
3.1 Preprocessing

La fase di preprocessing ha come obiettivo quello di rendere l'immagine il più possibile omogenea, cioè: isolata dai rumori di fondo, dalle ombre e da punti isolati presenti sull'immagine. Per realizzarla vengono utilizzati filtri di eliminazione rumore e operazioni di equalizzazione delle ombre e dei peli. Possiamo quindi riassumere questa prima fase il lavoro in 3 punti:

- individuazione della pelle
- rimozione ombre e peli
- smoothing

3.1.1 Individuazione pelle

Con individuazione della pelle si intende la generazione di una maschera binaria rappresentante le zone dell'immagine in cui è presente appunto della pelle. Viene utilizzata sovrapposta all'immagine originale per stabilire le zone su cui andranno a lavorare i nostri algoritmi.



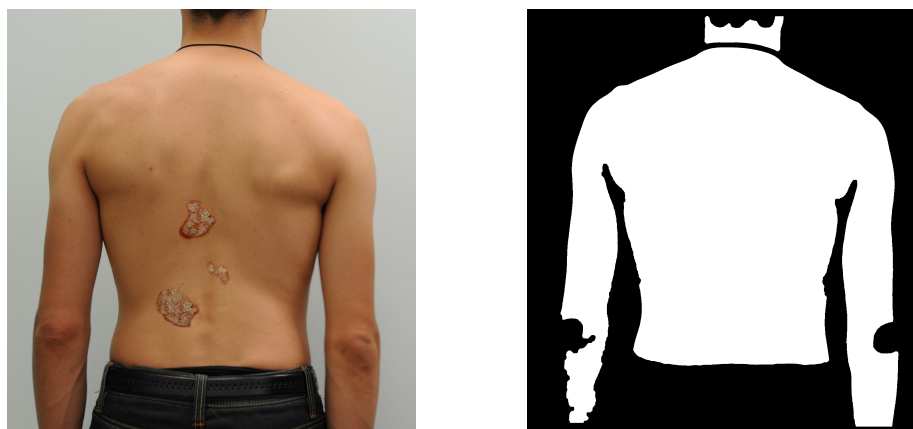


Figura 3.1: individuazione pelle

Per individuarla si è fatto ricorso a un sistema di condizioni, detto classificatore di Peer, che opera sui diversi livelli di colore (RGB) in questo modo:

- $\max(R, G, B) - \min(R, G, B) > 15$;
- $(R > 95), (G > 40), (B > 20)$;
- $|R - G| > 15, R > G, R > B$;

L'immagine risultante viene poi elaborata con una dilatazione, un erosione e un'operazione di riempimento dei buchi. Più contrastata è la pelle dallo sfondo e più facile sarà generare la sua maschera binaria (fig. 3.1).

Altri esempi di maschera binaria sulla pelle sono mostrati nel capitolo (4.1).

3.1.2 Rimozione peli

Lo scopo di questa fase del lavoro è quella di individuare un metodo per ridurre sensibilmente il contrasto dei peli e delle ombre sulla pelle. Quest'ultime possono essere dovute a pieghe, avvallamenti o ingrossamenti della stessa e spesso vengono classificate in maniera errata come macchie di psoriasi.

I peli scuri e i punti neri indicano spesso valori di RGB bassi (si tenga presente che il valore $[0\ 0\ 0]$ corrisponde al nero) i quali sono associati a pixel scuri dell'immagine che, se isolati, rappresentano rapidi avvallamenti in contrasto con la pelle. I tre livelli RGB vengono invertiti in modo che queste zone scure diventino chiare e che a tali avvallamenti corrispondano invece picchi. A questo punto viene effettuata un'operazione di apertura morfologica (par. 3.4.1) con un disco nei tre diversi canali RGB invertiti [4]. L'operazione di apertura su un singolo canale è meglio illustrata nella figura¹ (3.2)

In questo modo il colore scuro dei peli e dei nevi viene attenuato perché l'operazione tende a erodere dettagli chiari (cioè i picchi) e a supportare maggiormente quelli scuri (le valli). L'immagine infine viene invertita nuovamente.

Altri esempi sono riportati nel capitolo successivo (4.3).

¹Immagine tratta dal libro di testo [5]

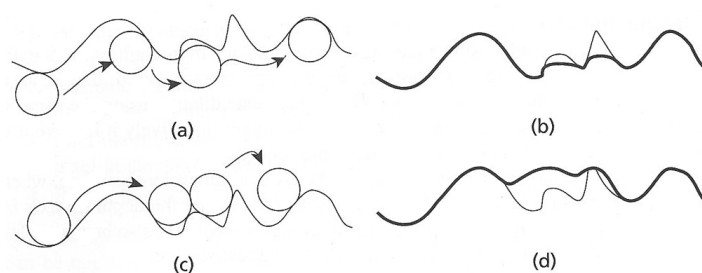


Figura 3.2: Interpretazione geometrica dell'apertura morfologica del livello del grigio (a) e (b); della chiusura morfologica (c) e (d)



Figura 3.3: prima: immagine normale, seconda : erosione diametro disco 2, terza : diametro 9

3.1.3 Equalizzazione luce

Per poter elaborare al meglio le informazioni sulle luci e sulle ombre dell'immagine si sono considerate due diverse trasformazioni dello spazio RGB : HSV e YCbCr.

RGB Nel modello RGB ogni colore è rappresentato dalle sue componenti spettrali di rosso, verde e blu. Il modello è basato su un sistema di coordinate cartesiane, mentre il sottospazio di interesse è un cubo di spigolo unitario sui cui vertici sono disposti i colori primari, quelli secondari, il bianco (1,1,1) ed il nero (0,0,0). I livelli di grigio sono disposti sul segmento che congiunge (0,0,0) con (1,1,1). Come riportato in figura:

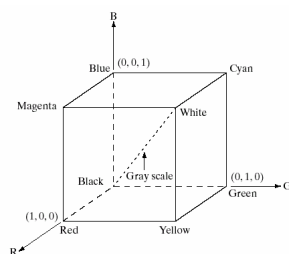


Figura 3.4: Modello RGB

HSI Il modello HSI (Hue Saturation Intensity) invece è una rappresentazione di colori basati sulle caratteristiche con cui un essere umano usualmente definisce un colore: tinta, saturazione e luminosità. Un vantaggio di tale modello è che permette all'utente di specificare i colori in modo intuitivo. Per questo motivo sono molto usati nelle interfacce di applicativi dedicati alla gestione del colore. Tale modello viene calcolato considerando una proiezione del cubo RGB su un piano ortogonale all'asse dei livelli di grigio, ottenendo una forma triangolare o esagonale, i cui punti corrispondono a colori che hanno la stessa intensità.

YCbCr Infine il modello YCbCr indica una famiglia di spazi colore usata nei sistemi video e di fotografia digitale. Y è il componente di luma mentre Cb e Cr indicano rispettivamente la differenza-blu e la differenza-rossa delle componenti di cromaticità.

Equalizzazione Analizziamo quindi il livello Value (V) nella prima, e il Luma (Y) nella seconda. Entrambe sottolineano in maniera abbastanza significativa l'influenza delle luci, delle ombre e pure dei peli (che vengono considerate come una sorta di ombra scura).

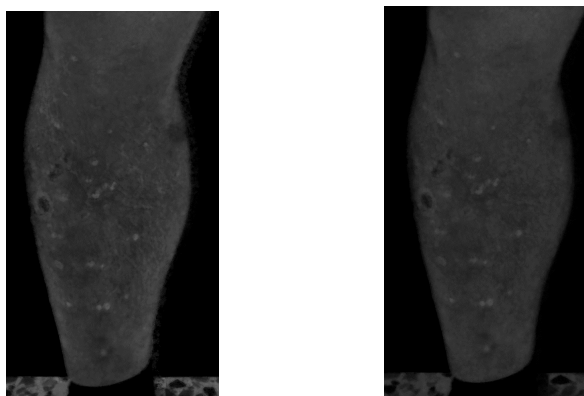


Figura 3.5: A sinistra: equalizzazione con il livello Value, a destra con Y (Luma).

Solo dopo un'analisi sperimentale, però, si è notato che il livello Luma rappresenta la luce in maniera più intensa.

Con Y si opera quindi l'equalizzazione grafica delle ombre nel seguente modo:

$$Y_{new} = \frac{\sum_{r=1}^t \sum_{c=1}^h Y(r, c)}{N} \quad (3.1)$$

con: t =ampiezza immagine, h =altezza immagine, N =numero di pixel totali.

In pratica viene calcolata l'intensità della luce media della pelle e questo valore viene assegnato come costante a tutto il livello. In seguito si ripassa alla rappresentazione RGB. Si nota come pure i peli del soggetto vengono rimossi dalla nostra equalizzazione a patto che essi siano presenti in maniera leggera.

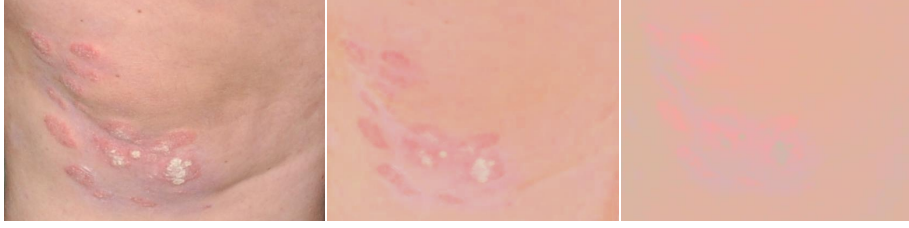


Figura 3.6: immagine non equalizzata, immagine equalizzata con HSV e infine con YCbCr

Altri esempi di equalizzazione sono riportati nel paragrafo (4.3).

3.1.4 Smoothing

Come ultima operazione per rendere l'immagine più omogenea viene effettuata un'operazione di filtraggio con un filtro gaussiano. Tali filtri, appartenenti alla categoria dei filtri lineari spazio invarianti di smoothing, si dimostrano molto efficaci per attenuare il rumore di tipo gaussiano presente nell'immagine.

La funzione di trasferimento $h(l,k)$, modellata dalla funzione gaussiana discreta con media zero, è data da:

$$h(l, k) = ce^{-\frac{(l^2+k^2)}{2\sigma^2}} \quad (3.2)$$

Esso è ideato in modo da far pesare di più i campioni vicini a quello sotto esame. Il peso dei coefficienti della maschera è inversamente proporzionale alla distanza dei pixel rispetto a quello centrale (i pixel a distanza maggiore di circa 3σ non avranno nessuna influenza per il filtraggio). La deviazione standard σ è l'unico parametro che modella la funzione ($c = 1$) e definisce la grandezza della campana, nonché l'area di influenza del filtro. Tale maschera viene utilizzata poi nella convoluzione dell'immagine ottenuta con la seguente formula:

$$f_e(x, y) * g_e(x, y) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f_e(m, n)g_e(x - m, y - m) \quad (3.3)$$

Con $f_e(x, y)$ e $g_e(x, y)$ definite come due array discreti bidimensionali di dimensioni $A \times B$ e $C \times D$ rispettivamente.

3.2 Metriche

Le metriche sono funzioni da $R^2 \rightarrow R^2$ che vengono utilizzate applicate a un'immagine al fine di ottenere, dall'istogramma dell'immagine risultante, due curve ben distinte: una rappresentante l'insieme della mia pelle sana e l'altra quella delle mie zone malate (fig.3.7).

Le metriche che utilizziamo sfruttano il fatto che le psoriasi hanno, anche se piccolo, un contrasto con la pelle. Esse sono: range, deviazione standard, entropia e edges. Le operazioni vengono calcolate nei vari canali RGB separati o tra varie combinazioni di essi.

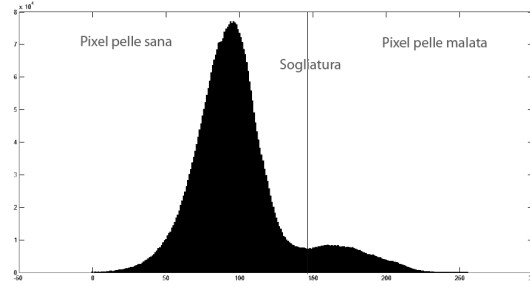


Figura 3.7: sogliatura pelle sana e malata

3.2.1 Range

Viene calcolato il range locale: si prende cioè il massimo e viene sottratto al minimo valore presente nella finestra che scorre per tutta l'immagine e viene assegnato al pixel centrale. Questa finestra è una matrice quadrata composta da tutti 1 e di una grandezza predefinita N .

3.2.2 Deviazione standard

Calcolo della deviazione standard locale σ della finestra. Viene quindi calcolata la media di tutti i pixel e poi la sua deviazione standard, in questo modo:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}, \text{ con : } \bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.4)$$

Con \bar{x} che rappresenta la media, x_i che indica il valore del pixel centrale e n la grandezza della finestra. Utilizzando questa operazione si ottiene quindi, nei pressi di una macchia di psoriasi, una misura della deviazione standard rispetto alla media più elevata rispetto a quella che si può riscontrare nella pelle stessa.

3.2.3 Entropia

Per poter definire l'entropia è prima necessario cercare di definire il concetto di informazione. Assimiliamo il kernel da analizzare come una realizzazione di una sequenza di simboli emessi da una certa sorgente. Ciascun simbolo si può considerare estratto da un alfabeto di M possibili simboli:

$$A = \{s_1, s_2, s_3, s_4, \dots, s_M\} \quad (3.5)$$

Ogni simbolo dell'alfabeto s_k ha quindi la sua probabilità $p_k = P(s_k)$ e reca un'informazione pari a:

$$i(s) = \log_2 \frac{1}{p_k} [\text{bit}] \quad (3.6)$$

Si osserva come i simboli che compaiono con una frequenza relativa minore, cioè i simboli meno probabili sono i più informativi. Data una sorgente X a M

simboli $\{s_k\}$, estratti in A con probabilità $\{p_k\}$, definiamo quindi la sua entropia come:

$$H(X) = \sum_{k=1}^M p_k i(s_k) = \sum_{k=1}^M \log_2 \frac{1}{p_k} \text{ [bit/simbolo]} \quad (3.7)$$

L'entropia della sorgente X è cioè data dall'informazione media recata dai simboli da essa emessi. La nostra entropia sarà quindi massima nella nostra sorgente X a M simboli se tutti i simboli M sono equiprobabili; mentre risulta minima, e pari a zero, se un simbolo ha probabilità unitaria. Nel nostro caso l'utilizzo dell'entropia nell'immagine risulta utile in quanto nei pressi delle macchie di psoriasi viene riscontrato un aumento di entropia misurabile.

3.2.4 Edges

Esistono diversi operatori direzionali per il calcolo della derivata prima e vengono chiamati in questo modo perchè sono calcolati lungo una direzione (orizzontale, verticale, obliqua). Queste matrici valutano la derivata prima tramite un'operazione di filtraggio che ha come maschera di convoluzione l'operatore stesso. Noi consideriamo quello di sobel, orizzontale, definito in questo modo:

$$S = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

Viene poi calcolato il gradiente verticale utilizzando la sua trasposta, cioè S^T , e dai due si ricava il modulo come la radice quadrata delle due immagini risultanti, in questo modo:

$$|\nabla_x| = \sqrt{\left(\frac{\delta x}{\delta m}\right)^2 + \left(\frac{\delta x}{\delta n}\right)^2} \quad (3.9)$$

con $x(m, n)$ immagine in ingresso.

3.2.5 Conclusioni

Tra questi tipi di metriche viene utilizzata l'entropia e la deviazione standard (fig. 3.9). La prima applicata alla differenza tra il canale rosso e quello blu (OthaI2 [3]) e la seconda applicata al canale verde (fig.3.8).

Utilizzando il canale verde si elaborano più informazioni riguardanti il colore, mentre utilizzando la sottrazione del rosso con il blu si ottengono maggiori dettagli per quanto riguarda le zone desquamate della psoriasi. In entrambe i casi si preserva una buona equalizzazione delle ombre della pelle anche se, nella seconda immagine sono un po' più accentuate. La metrica del range viene scartata perché risulta simile a quella ottenuta con la deviazione standard mentre quella con gli edges perché produce troppi disturbi di fondo (fig.3.10).



Figura 3.8: immagine rispettivamente del canale verde e del canale OthaI2



Figura 3.9: A sinistra: immagine deviazione standard, a destra: entropia



Figura 3.10: Immagine calcolata con gli edges a sinistra, con il range a destra

3.3 Segmentazione

3.3.1 Istogramma 2d delle features

In base all'istogramma dell'immagine, si sceglie una soglia in grado di discriminare i pixel in base al loro 'valore'. L'ipotesi alla base è che i pixel di un oggetto, nel nostro caso la psoriasi, abbiano la caratteristica di far parte di una range specifico di 'valori'. Più sono identificabili le due curve che rappresentano la pelle sana e quella malata nell'istogramma e più è facile trovare una giusta sogliatura per esse. Dalle immagini derivate dalle metriche viene quindi generato un istogramma bidimensionale in cui ogni suo elemento rappresenta quante volte sono presenti determinate coppie di entropia-deviazione standard nelle nostre immagini. Nel nostro caso le psoriasi saranno discriminate in particolar modo da un valore elevato di queste coppie.

3.3.2 Fuzzy C-Clustering

Un algoritmo di clustering permette di suddividere gruppi di oggetti in K partizioni sulla base dei loro attributi. Il suo obiettivo è quello di determinare K gruppi di dati. Si assume che gli attributi degli oggetti possano essere rappresentati come vettori. L'algoritmo prende spunto dal k -means clustering [6] che ha come obiettivo quello di minimizzare la varianza totale intra-cluster con ogni cluster che viene identificato mediante un centroide o punto medio. Inizialmente l'algoritmo crea K partizioni e assegna ad ogni partizione i punti del grafico che gli appartengono; poi calcola il centroide di ogni gruppo e costruisce quindi una nuova partizione associando ogni punto del grafico al cluster il cui centroide è più vicino ad esso. Quindi vengono ricalcolati i centroidi per i nuovi cluster e così via, finché l'algoritmo non converge seguendo una procedura iterativa.

In altre parole, dati N oggetti con i attributi, modellizzati come vettori in uno spazio vettoriale i -dimensionale, definiamo $X = X_1, X_2, \dots, X_N$, come insieme degli oggetti. Ricordiamo che si definisce partizione degli oggetti il gruppo di insiemi $P = P_1, P_2, \dots, P_K$, che soddisfano le seguenti proprietà:

- $\bigcup_1^K P_i = X$: l'unione di tutti i cluster deve contenere tutti gli oggetti di partenza;
- $\bigcap_1^K P_i = \emptyset$: ogni oggetto può appartenere ad un solo cluster;
- $\emptyset \subset P_i \subset X$: almeno un oggetto deve appartenere ad un cluster e nessun cluster può contenere tutti gli oggetti;

Ovviamente deve valere anche che $1 < K < N$; non avrebbe infatti senso né cercare un solo cluster né avere un numero di cluster pari al numero di oggetti. Nel nostro caso le partizioni che vogliamo ottenere sono principalmente due: pelle sana e malata ($K=2$). L'algoritmo è suddiviso nelle seguenti fasi principali:

- inizializzazione
- procedura iterativa
 - controllo sulla distanza
 - condizioni uscita ciclo

- calcolo soglia

Vediamo più in dettaglio ognuna delle fasi.

Inizializzazione Essenziale per lo sviluppo dell'algoritmo è decidere i due punti da dover far partire i cluster; infatti differenti posizioni possono dare differenti risultati. Partendo dal presupposto che l'istogramma avrà quasi sempre la stessa distribuzione spaziale, vengono scelti specifici punti del grafico che saranno vicini ai picchi dove andranno a distribuirsi le due curve. In questo modo si ottiene pure una velocizzazione dell'algoritmo. Si costruiscono poi le partizioni (o membership) che indicano le zone di influenza del cluster nell'istogramma, e che vengono rappresentate mediante una matrice U in $\mathbb{N}^{K \times N}$, in questo modo:

$$U_{k,x} = \frac{1}{d(x, c_k)^\alpha} \quad (3.10)$$

con:

x = punto dello spazio;

c_k = centro del cluster k ;

α = costante utilizzata per decidere quanto far pesare la membership;

Procedura iterativa L'operazione di spostamento dei cluster verso i centroidi avviene attraverso una formula che richiama quella dell'inertza e che deve essere minimizzata:

$$\forall k : \arg \min_{C_k} I_k = \int_A (U_{k,x})^\beta |x, c_k|^\gamma h(x)^\lambda dx \quad (3.11)$$

in cui:

$|\cdot|$ = distanza euclidea tra il punto x e il cluster;

h = istogramma;

A = immagine;

β, γ, λ = costanti utilizzate per far pesare i singoli membri nella formula;

Questa formula viene applicata per ogni cluster nella sua posizione centrale e in tutte le quattro posizioni che il cluster può assumere attorno ad essa. La posizione successiva del cluster sarà quella che risulterà avere il valore minore tra i cinque.

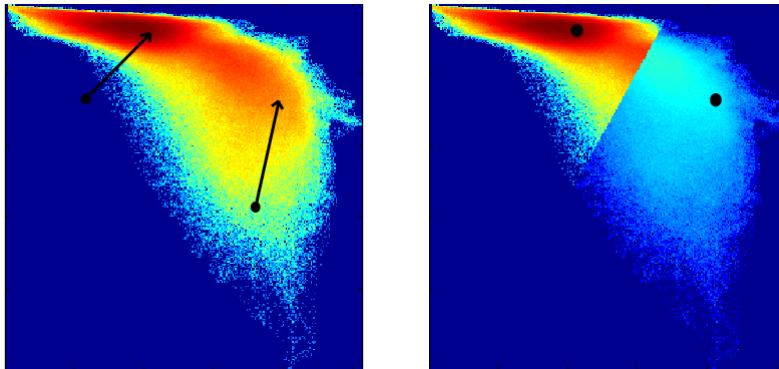


Figura 3.11: istogramma 2d prima e dopo sogliatura

Per entrambe i cluster viene ricalcolata la membership (3.10) e riapplicata la formula (3.11) fino a che non viene raggiunto un punto di stabilità. In sostanza questo algoritmo permette di muovere i due centri dei cluster nelle zone dell'istogramma che presentano una maggior distribuzione dei pixel di una data classe (pelle sana e malata) e di poterle partizionare. Questo però implica il fatto che l'istogramma deve presentare una disposizione delle due classi abbastanza significativa, come, per esempio, se fossero disposte come due curve gaussiane.

Controllo sulla distanza Può capitare però che, se le macchie di psoriasi sono presenti in piccola quantità, la curva rappresentante le zone sane della pelle tende a sovrastare quella delle zone malate. In questo modo il cluster rappresentante la pelle malata si avvicina troppo a quello della pelle sana causando una partizione e una sogliatura errate. Si è deciso quindi di introdurre un fattore che potesse pesare la distanza tra i cluster con questo criterio: più la distanza tra i due risulta minore e più i due tendono a respingersi, come se si trattasse di una sorta di barriera potenziale. Per realizzarlo viene utilizzata la formula della parabola (utilizzata proprio come funzione che ricorda tale barriera) in questo modo:

$$f(x) = \frac{x^2 - 2 \cdot x \cdot dist + 1 + dist^2}{2 \cdot \alpha} \quad (3.12)$$

α e $dist$ sono due costanti, e l'ingresso x rappresenta la distanza tra i due cluster:

$$x = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad x \geq 0$$

Il fattore di distanza viene calcolato per ogni direzione che può assumere il cluster e si aggiunge come fattore moltiplicante nella mia formula per l'inerzia, prima del calcolo del minimo, in questo modo:

$$I_x = I_x \cdot f(x)$$

La formula (3.12) rappresenta una parabola con concavità rivolta verso l'alto avente vertice in $(1, dist)$ e intersecante l'asse y nel punto $(0, \frac{1+dist^2}{2\alpha})$.

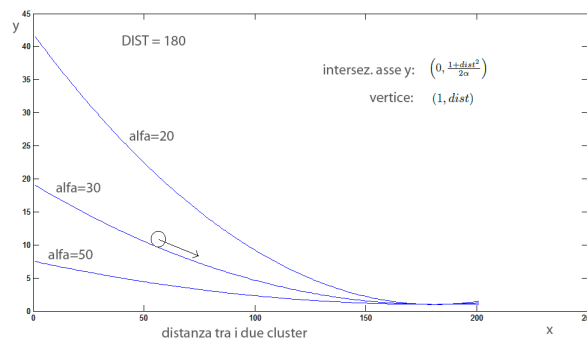


Figura 3.12: Equazione parabola per la distanza

Dato che x in ingresso è una quantità positiva, a interessarci è quell'arco di parabola che va da un intorno del vertice fino all'asse y . Tale curva è decrescente e raggiunge il minimo nel vertice stesso. Con α modifichiamo la sua pendenza e quindi di quanto far pesare questa condizione sulla formula.

$F(x) \geq 1$ e coincide con 1 se la distanza tra i due cluster è proprio $dist$. Al diminuire della distanza tra i due, essa assume un valore sempre più elevato. Siccome nella formula (3.11) viene calcolato il valore minimo, questo permette ai due di mantenere una certa distanza. Si è cercato in ogni caso di impostare valori di α e $dist$ che non avessero un peso eccessivo e in modo che i cluster seguano principalmente la distribuzione dell'istogramma.

Condizioni uscite La procedura iterativa termina quando il cluster raggiunge la stabilità cioè: la sua posizione precedente coincide con quella attuale. Ma può capitare che, a causa della condizione sulla distanza vista in precedenza, i due cluster continuino a slittare da una stessa posizione a un'altra, avanti e indietro, in loop. Si introducono quindi delle matrici di differenza di posizioni definite in questo modo:

- $mdif1$ che rappresenta la differenza tra la posizione precedente e quella attuale;
- $mdif2$ che indica invece la differenza tra la posizione attuale e quella futura;

Esse sono matrici (2×2) in cui ogni colonna rappresenta la posizione x e y dei cluster. Quest'ultimo è tornato nella posizione precedente se la somma tra colonne della matrice precedente e quella attuale è zero. Se così fosse viene incrementato un contatore, il quale raggiunto un determinato valore (nel nostro caso 10), fa terminare la procedura iterativa.

Determinazione soglia La matrice delle membership U viene utilizzata, assieme alla posizione finale dei cluster, per determinare la soglia dell'istogramma. Viene valutata la distanza tra i due cluster e tracciata una retta di punti per separarli con le seguenti caratteristiche: la retta deve avere ogni punto equidistante da entrambe i cluster (fig.3.11). Infine tutte le coppie di entropia e deviazione nell'istogramma che rientrano nella zona partizionata come pelle malata vengono utilizzate, assieme alle due immagini di partenza, per impostare a 1 i pixel di una terza immagine rappresentante le psoriasi sogliate.

3.3.3 Utilizzo di tre metriche

Per poter rendere la segmentazione più precisa si è provato a modificare l'algoritmo di c-clustering per adattarlo a lavorare con un istogramma ricavato da 3 immagini calcolate con 3 metriche differenti (entropia - canale verde, deviazione standard - Otha2 e edges - canale verde) invece che con 2. L'algoritmo infatti può essere generalizzato per poter lavorare su N dimensioni e con K cluster differenti (che nel nostro caso rimangono sempre 2). Il tempo di elaborazione però risultava troppo elevato in rapporto alla qualità aggiuntiva della segmentazione risultante; perciò si è ritenuto opportuno concentrarsi solamente su quello a due metriche.

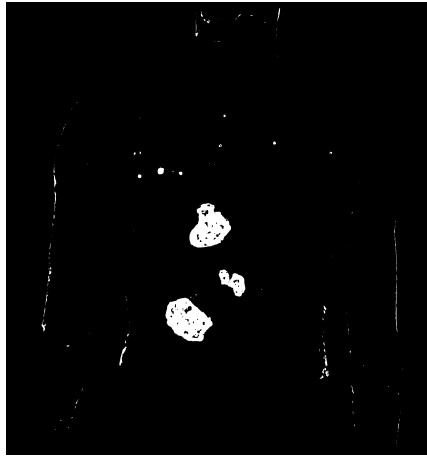


Figura 3.13: immagine binaria risultato della sogliatura

3.4 Postprocessing

3.4.1 Operazioni morfologiche

Le operazioni morfologiche binarie sono operazioni morfologiche definite su immagini a due livelli (bianco e nero). Le operazioni base sono la dilatazione e l'erosione. Prima di tutto dev'essere definito un elemento strutturale che è solitamente una matrice binaria rappresentante una specifica forma geometrica (linea, cerchio, quadrato, disco..), in seguito è possibile definire matematicamente la dilatazione come:

$$A \oplus B = \{c \mid c = a + b, a \in A, b \in B\}$$

Con A che rappresenta l'immagine su cui viene eseguita l'operazione e B l'elemento strutturale. Mentre l'erosione (operazione complementare alla dilatazione) è definita così:

$$A \ominus B = \{c \mid (B)_c \subseteq A\}$$

Dove un qualsiasi pixel che non combacia con i pixel neri dell' elemento strutturale, non apparterrà al risultato.

Infine l'operazione di apertura morfologica consiste in una erosione seguita da una dilatazione con lo stesso elemento strutturale, mentre la chiusura è l'operazione opposta: dilatazione seguita da erosione.

3.4.2 Ricostruzione contorni e macchie

Può capitare che il bordo di una psoriasi presenti piccole zone con basse coppie di entropia e deviazione e quindi che il bordo sia irregolare a tratti. Perciò si cerca di ricostruirlo mediante piccole operazioni di dilatazione morfologiche con elementi strutturali composti da 4 linee inclinate rispettivamente di 0, 45, 90, 135 gradi. In seguito i contorni vengono riempiti per poter formare un immagine piena e estesa a tutta la superficie della macchia. Esse vengono infine erose per

poter ristabilire la loro forma originale (dato che precedentemente sono state dilatati). I quattro elementi strutturali sono definiti nel seguente modo:

$$se_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad se_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad se_3 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad se_4 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Risultato dell' applicazione di tali operazioni è riportato in figura sottostante:



Figura 3.14: ricostruzione contorni e macchie

3.4.3 Eliminazione forme geometriche

Con questa operazione si cercano di eliminare tutte le zone dell'immagine binaria che non rientrano sotto determinate specifiche di: area, perimetro e forma. Dall'immagine vengono prima estratti i contorni di ogni forma geometrica presente in essa (tramite la funzione *contour*) che vengono salvati in un array di 2 righe e n colonne strutturato in questo modo: la prima delle due righe rappresenta le coordinate *x* della curva nell'immagine binaria, la seconda quelle *y*. Prima che inizi l'elenco delle coordinate spaziali di una curva, è presente una colonna contraddistinta dal resto perché ha come elemento nella prima riga sempre il numero 0.3333 e come elemento della seconda la lunghezza di elementi totali *r* con cui è rappresentata la curva nell'array. Questo viene sfruttato per realizzare la funzione *getIsocrome* utilizzata per estrarre l'*n*-esima curva. Essa passa da una curva a un'altra semplicemente scalando da una di queste celle a un'altra di un valore pari alla lunghezza *r*.

2.1177e+03	2.1177e+03	2118	0.3333	2097	2.0977e+03	2.0977e+03	2097	2.0963e+03	2.0963e+03	2097	0.3333	2092	2.0927e+03
1628	1627	1.6267e+03	2.7837e+03	2783	2782	2.7813e+03	2782	2783	2.7837e+03	2783	55	2.9327e+03	2932
fine curva precedente				lunghezza curva successiva						inizio altra curva			

Figura 3.15: Array perimetri delle curve

L'analisi delle curve consiste nel calcolo dell'*area* come la somma dei pixel interni alla curva, del *perimetro* come la sommatoria della distanza euclidea



Figura 3.16: applicazione eliminazione forme

di tutti i punti campionati del perimetro (presenti nell'array), e del fattore di forma come il rapporto tra i due: $Fattore\ di\ forma = \frac{Area}{Perimetro}$.

Le condizioni per l'area e il perimetro sono necessarie per poter eliminare macchie di piccole dimensioni che possono rappresentare nei o zone in cui sono rimasti residui di peli; mentre il fattore di forma per cancellare strutture molto lunghe e sottili. Queste ultime, che possono essere interi peli o bordi della maschera calcolata male, non corrispondono sicuramente a psoriasi, le quali presentano normalmente una forma perlopiù circolare. In questo modo, imponendo che questo rapporto non possa essere inferiore a una determinata costante, si impone che il perimetro non sia molto maggiore dell'area e quindi che non siamo in presenza di una struttura lungilinea. Riassumendo: le condizioni necessarie affinché una zona della mia immagine in bianco e nero, rappresentante le macchie di psoriasi, venga preservata o no, sono :

$$Area < limArea \quad Per. < limPer \quad \frac{Area}{Perimetro} < limRapporto$$

Nel nostro caso vengono usati i parametri: $limArea=450$, $limPer=60$ e $limRapporto=4$. Esempi di parametri calcolati su macchie sono riportati qui sotto:

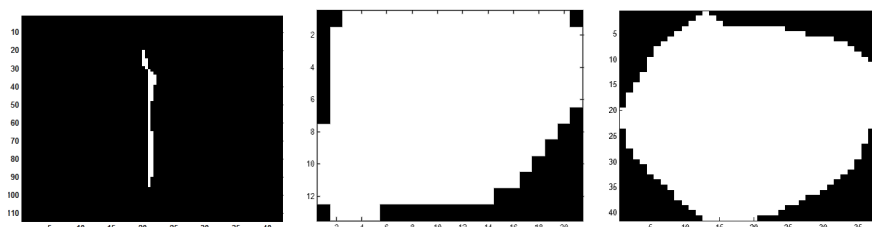


Figura 3.17: Prima forma: $perim = 160.7$; $area = 23$; $rapp = 0.14$, seconda forma: $perim = 55.7$; $area = 225$; $rapp = 4.0$, terza forma: $perim = 123.4$; $area = 1111$; $rapp = 9.0$

Nel caso della prima e della seconda macchia esse vengono eliminate perchè non rientrano rispettivamente nei limiti di rapporto, di area o di forma; l'ultima invece viene preservata. Il risultato di tale condizione applicata all'immagine binaria (fig.3.14) è riportato nella figura (fig. 3.16).

3.5 Conclusione

Vengono infine estratti i contorni dell'immagine binaria che, se ottenuta una corretta segmentazione, dovrebbero coincidere con i bordi veri e propri della macchia di psoriasi. Tali contorni vengono poi messi in contrasto con l'immagine RGB di partenza per poter valutare meglio se la segmentazione è avvenuta in maniera corretta o no. Risultati sono visibili nel prossimo capitolo (Fig. 4.9, 4.10, 4.13).

Capitolo 4

Appendice risultati

4.1 Individuazione pelle



Figura 4.1: Individuazione della pelle

Lo sfondo è il più possibile contrastante con il colore della pelle. Più si erode la maschera e meno la pelle sarà influenzata dalle ombre presenti nei bordi.

4.2 Rimozione dei peli



Figura 4.2: Equalizzazione peli con diversi dischi: prima immagine normale, la seconda diametro 2 mentre la terza 8.

All'aumentare del diametro del disco, diminuisce l'influenza dei peli nel contesto della pelle, ma allo stesso tempo si ottiene una perdita di dettagli. Nel nostro caso si è utilizzato un disco di diametro 2 pixels.

4.3 Equalizzazione ombre



Figura 4.3: Equalizzazione dei peli e delle ombre: la prima immagine normale, poi equalizzata con i peli e poi con le ombre

4.4 Canali di colore e metriche

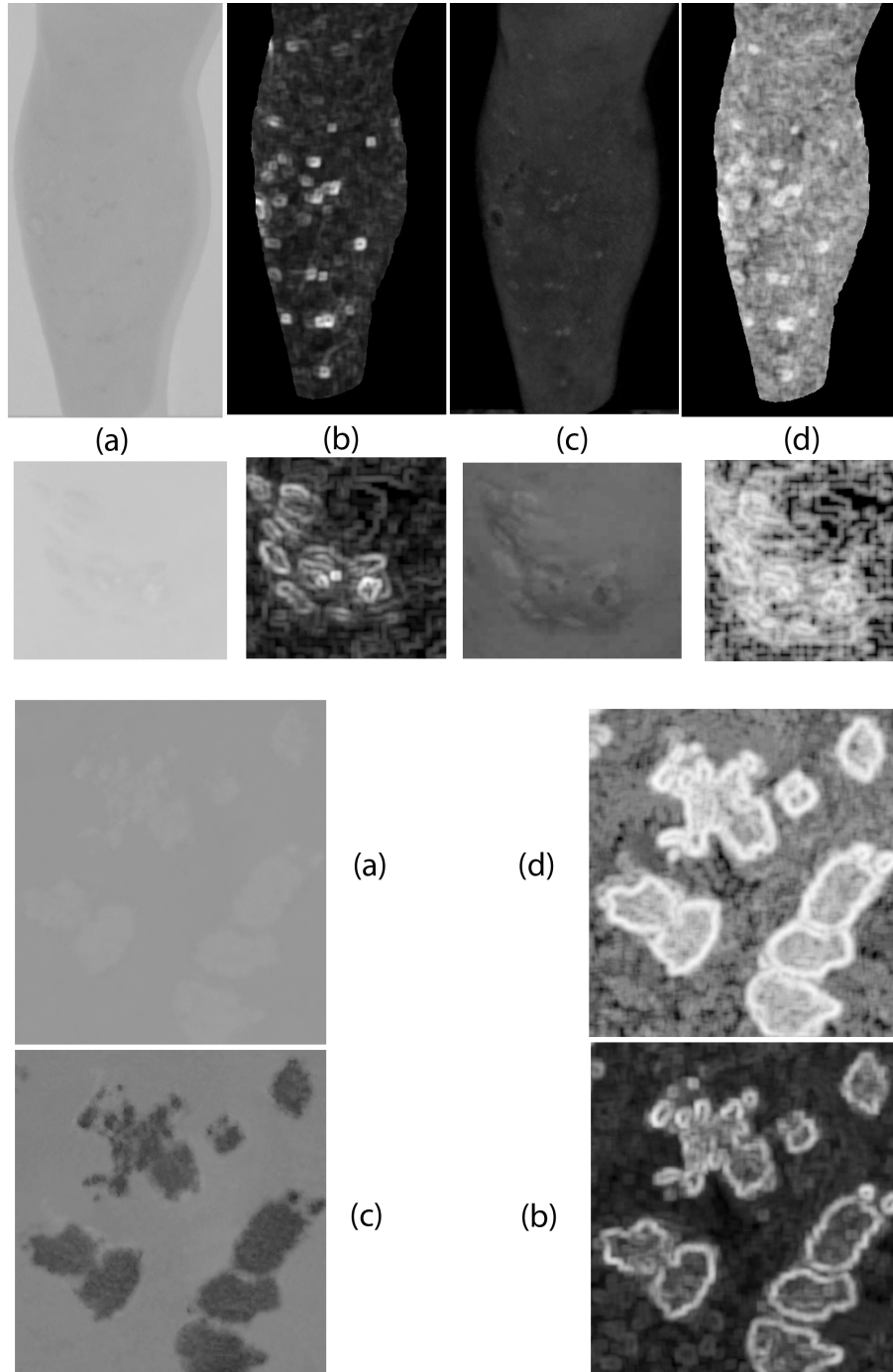


Figura 4.4: (a) immagine canale verde (b) deviazione standard ($N=17$) (c) canale Otsu e (d) entropia ($N=15$).

4.5 Sogliatura

In questa sezione viene mostrato invece un altro risultato dell'applicazione dell'algoritmo di fuzzy *c*-clustering (3.3.2) sull'istogramma ricavato dalle due immagini derivate dalle metriche della figura (fig.4.1):

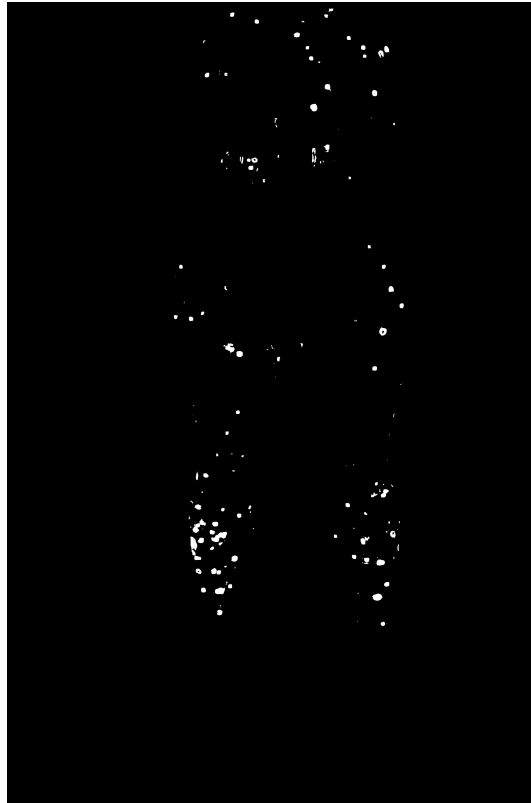


Figura 4.5: Risultato segmentazione

Si possono giocare su molti parametri per modificare la segmentazione come: la distanza tra i due cluster, le costanti per pesare l'istogramma e per calcolare le membership. Più i due centri si avvicinano e più l'immagine risultante dalla segmentazione contiene pixels appartenenti alla classe della pelle sana.

4.6 Operazioni binarie



Figura 4.6: Risultato ricostruzione contorni e erosione

I parametri che influenzano questo tipo di operazione sono molteplici. L'operazione di ricostruzione di bordi viene fatta con linee costruite su matrici di grandezza 3×3 ma tale grandezza può essere modificata in base alle esigenze: maggiore la si prende e maggiori saranno i bordi ricostruiti a una distanza più elevata. Bisogna stare attenti perchè può capitare che punti vicino alle macchie possano, non rappresentare la continuità di un bordo, ma un'altra macchia. Infine, dopo aver dilatato l'immagine con i suoi bordi, si applica un'erosione con un disco di diametro pari a 6 pixel (e qui si può giocare sulla sua grandezza e sul tipo di elemento strutturale).

4.7 Eliminazione forme

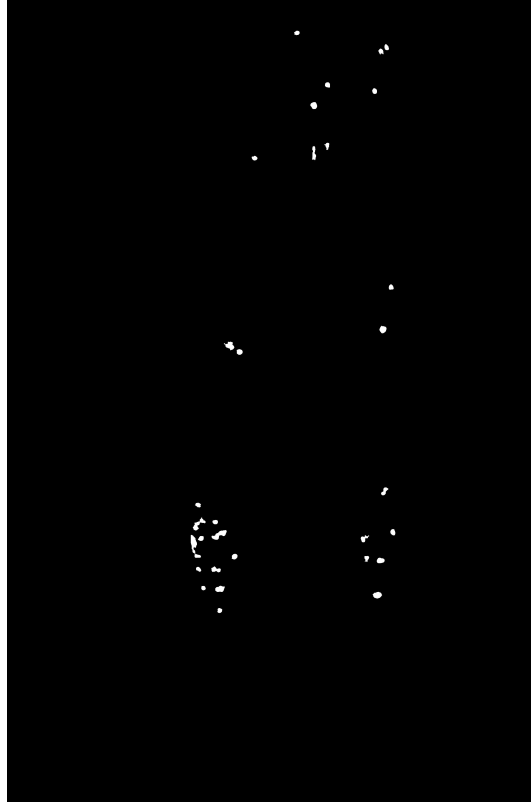


Figura 4.7: Eliminazione forme

La funzione che elimina le forme dipende da 3 parametri che possono essere modificati: il perimetro, l'area e il fattore di forma.

Altri risultati della fase di preprocessing sono riportati nella pagina successiva.

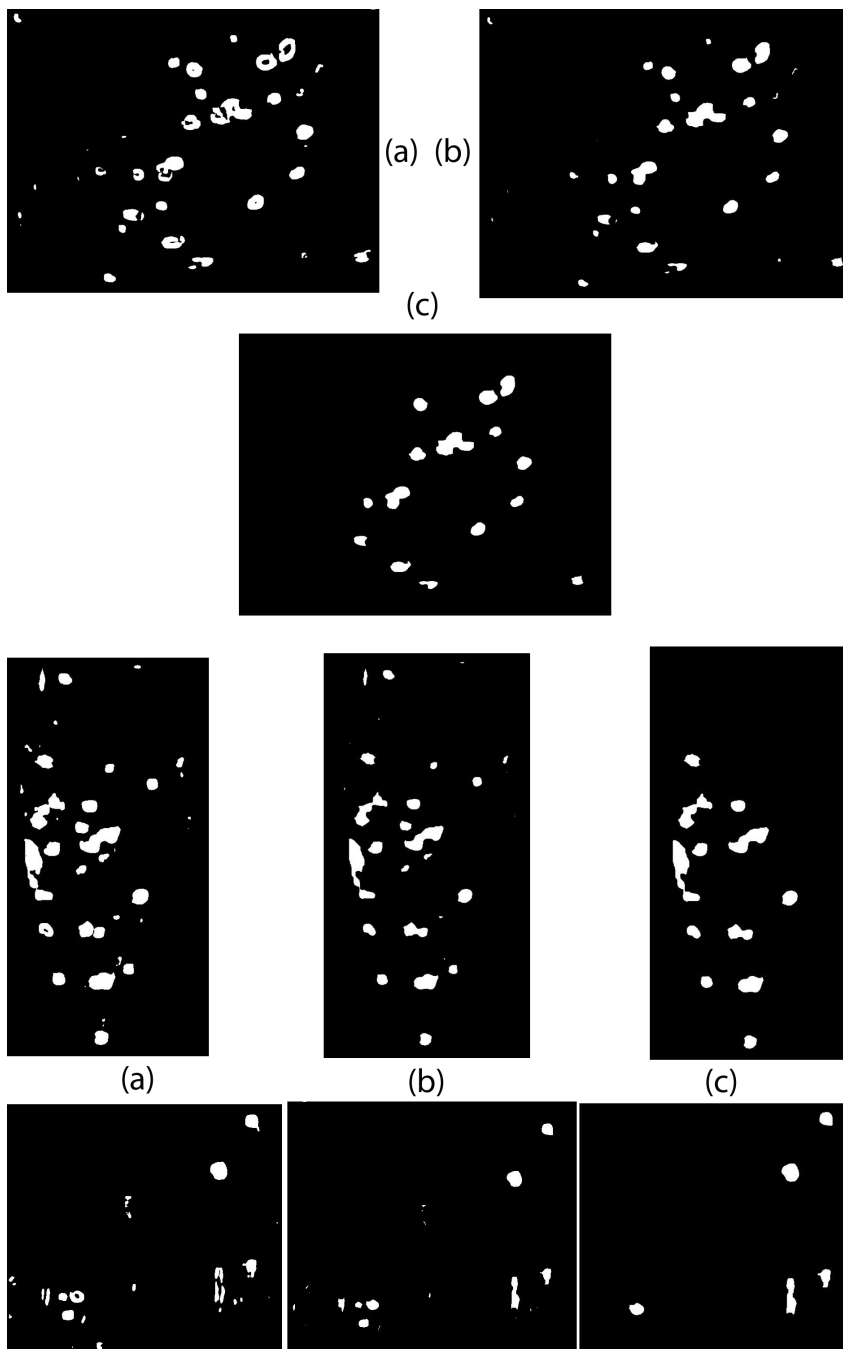


Figura 4.8: Immagine originale (a), con operazioni binarie (b) e infine con eliminazione forme (c)

4.8 Risultati



Figura 4.9: risultato

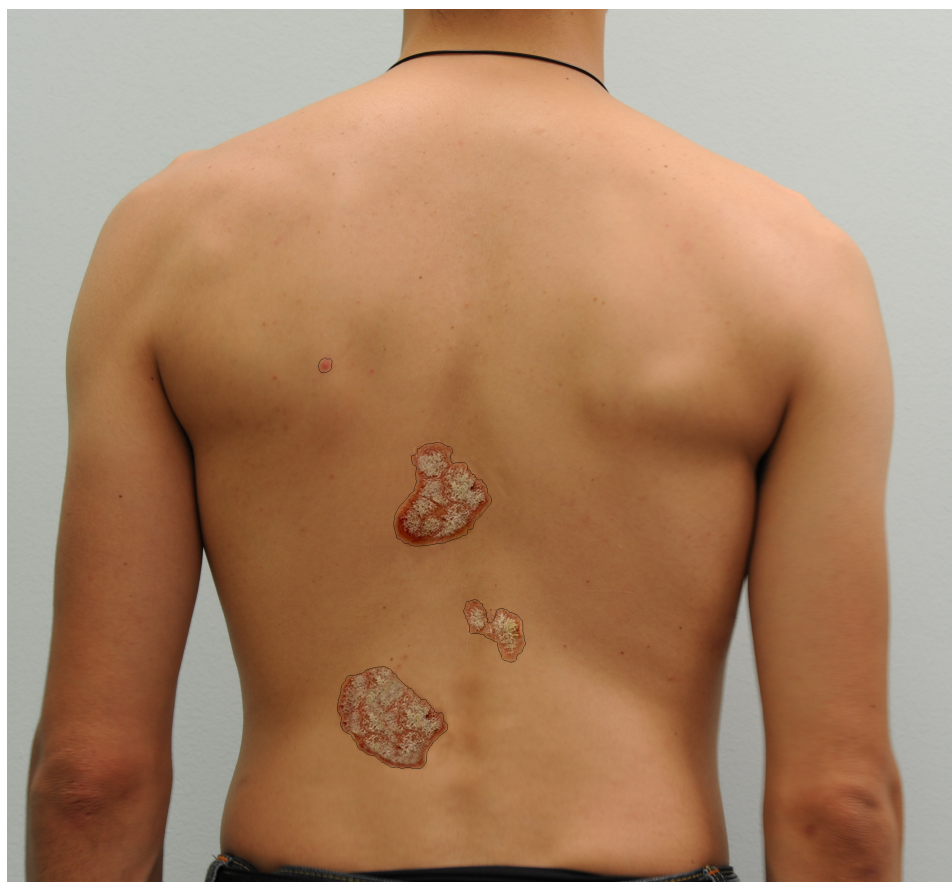


Figura 4.10: secondo risultato

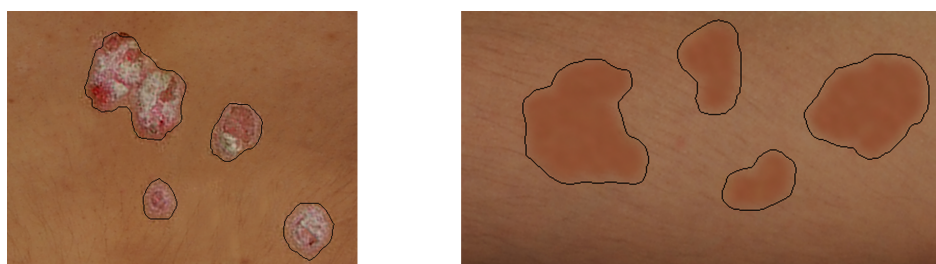


Figura 4.11: altri risultati

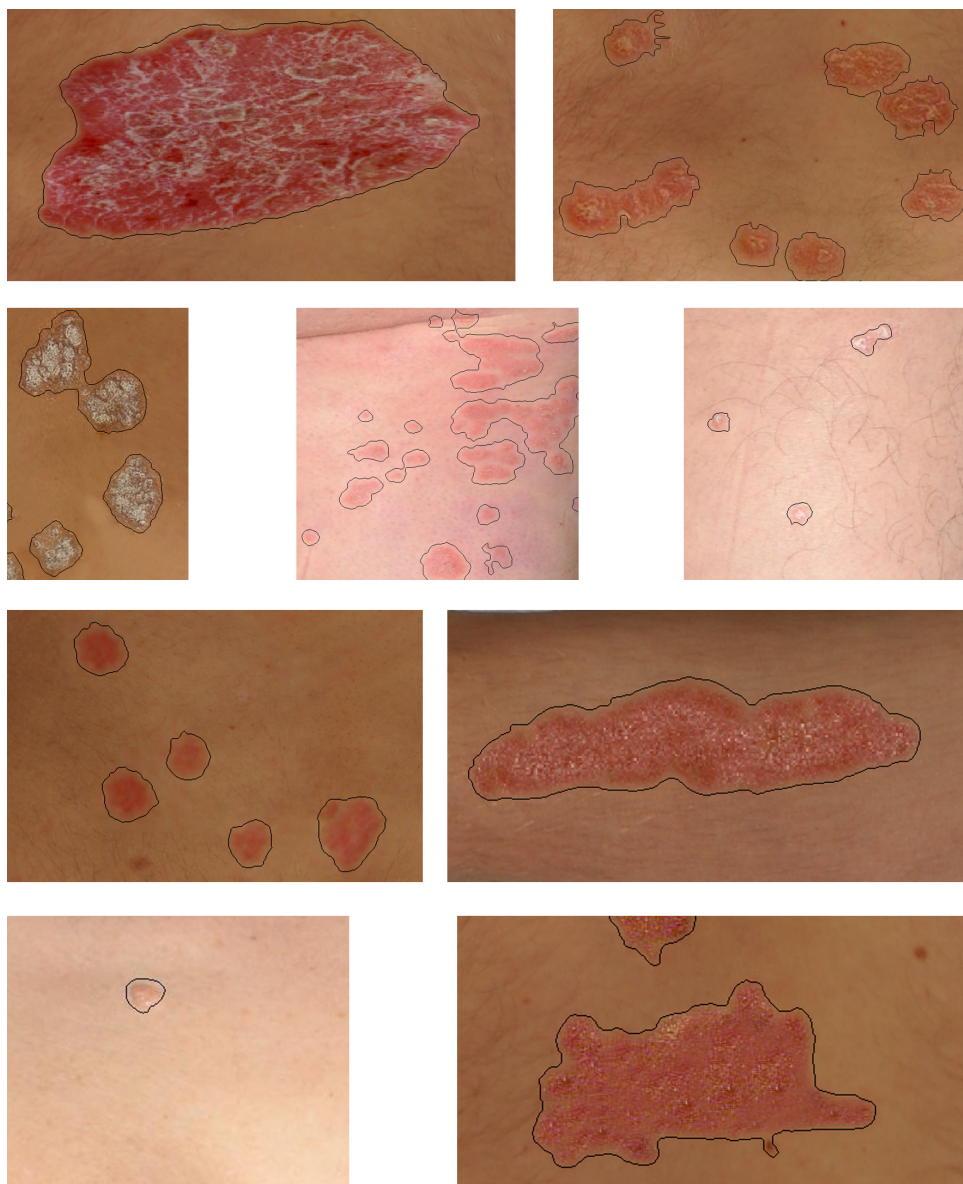


Figura 4.12: altri risultati



Figura 4.13: terzo risultato

4.9 Listati programmi in pseudocodice

funzione equalizzazione funzione per l'equalizzazione delle ombre:

```

input: immagine,maschera;
output: immagineEqualizzata
inizio
  conversione immagine RGB in YCbCr con la funzione rgb2YCbCr
   $Y_{new}$ =media del livello Y contenuto nella maschera
   $Y=Y_{new}$ 
  riconverto in RGB con la funzione YCbCr2rgb
fine

```

funzione C fuzzy Clustering funzione per la sogliatura istogramma:

```

input: hist_2d, posizione_centri_iniziale;
output: membership_U, Posizione_centri
inizio
  inizializzazioni costanti : ro=6; beta=1; k1=4; DIST=180; alfa=30;
  normalizzazione istogramma
  stabilita' = false;
  inizializzazione delle membership U e delle matrici posizioni centri
  count=0;
  while (stabilita')
    per ogni cluster
      muovo i centri verso le zone con minor inerzia calcolando
      e controllando la distanza sulle quattro direzioni
      se nn si muove oppure count == 10 allora stabilita' = true
      se si muove sulla posizione precedente (loop) allora count=count+1;
      ricalcolo matrici di membership
  endwhile
fine

```

funzione eliminazione forme l'array posizione curve () è ottenuto mediante la funzione *contour* che riceve in ingresso un immagine binaria e il numero di livelli su cui operare (nel nostro caso 2)

```

input: ImmagineBW, ArrayPosCurve, CondArea, CondPer, Rapporto;
output: ImmagineBW, NuovoArrayPosCurve
inizio
  finche ci sono ancora curve nell'array
  P=dammi la curva n-esima corrente # funzione getIsocrome
  calcolo perimetro, area e rapporto di forma
  se non viene soddisfatta la condizione allora viene
  eliminata la curva n-esima dall'array
  endwhile
viene ricostruita l'immagine binaria con il nuovo array delle curve
fine

```

Capitolo 5

Conclusioni

Per aumentare la qualità della segmentazione, è preferibile che il paziente venga fotografato in un ambiente ben illuminato con luce bianca e abbia come sfondo un pannello di un colore che contrasti bene con quello della pelle. La fase di pre-processing elimina molte delle variabili dovute alle condizioni ambientali come per esempio ombre proprie o peli presenti sulla pelle dei pazienti. Confrontando con altri lavori il nostro approccio risulta più completo in quanto considera i canali di colore applicati a diverse metriche; quindi, non solo sfrutta la caratterizzazione cromatica della lesione, ma pure la sua irregolarità nei confronti della pelle. La condizione sulla distanza nell'algoritmo di clustering permette di scegliere una soglia adeguata per evitare l'ispessimento dei bordi e l'aggiunta di troppi falsi positivi. La ricostruzione dei bordi permette invece a psoriasi con un bordo irregolare di essere considerate come continue.

Data la vasta gamma di colori di pelle e di lesioni psoriatice risulta, in ogni caso, difficoltosa una sua caratterizzazione generale; molti lavori, infatti, tendono a concentrarsi solo su tipi specifici di psoriasi. Nel nostro caso si ottengono buoni risultati con psoriasi che presentano arrossamento o desquamazione.

Infine, se la pelle dovesse presentare ulteriori irregolarità, come possono essere arrossamenti, tagli, nei di grandi dimensioni, sarà invece a descrizione del medico valutare queste zone e nell'eventualità scartarle.

5.1 Possibili sviluppi futuri

Possibili sviluppi di questo lavoro sono molteplici. Una volta individuato il bordo della psoriasi è possibile a questo punto valutarne i colori e le forme per poter classificarne il tipo e la gravità. Può essere costruito un modello 3d per calcolare la sua estensione (tenendo quindi conto della concavità della pelle) per poi poter avere una valutazione automatica tramite l'indice PASI. Altri possibili sviluppi potrebbero essere, come accennato nel cap (3.3.3), l'utilizzo di istogrammi a tre dimensioni utilizzando tre metriche differenti, puntando sulla ottimizzazione della velocità.

Bibliografia

- [1] Juha Rönning, Robrect Jacques, Jukka Kontinen, Area Assessment of Psoriatic Lesions based on Variable Thresholding and Subimage Classification, Machine Vision and Media Processing Group, Infotech Oulu and Department of Electrical Engineering, University of Oulu, B.O. Box 4500, FIN-90401 Oulu, Finland (1999);
- [2] J. S. Taur, Senior Member, IEEE, G. H. Lee, C. W. Tao, Senior Member, IEEE, C. C. Chen, and C. W. Yang, Segmentation of Psoriasis Vulgaris Images Using Multiresolution-Based Orthogonal Subspace Techniques, (2006);
- [3] Yu-ichi Otha, Takeo Kanade, and Toshiyuki Sakai, Color Information for Region Segmentation, Departement of Informatic Science, Kyoto University, Kyoto, Japan (1980);
- [4] Nhi H. Nguyen, Tim K. Lee, Segmentation of light and dark hair in dermoscopic images: a hybrid approach using a universal kernel, M. Stella Atkins School of Computing Science, Simon Fraser University, Burnaby BC, Canada (2010);
- [5] J.R. Parker, Algorithms For Image Processing And Computer Vision, (1997);
- [6] P. Schmid, Segmentation of Digitized Dermatoscopic Images by Two-Dimensional Color Clustering Comparison, IEEE Trans. on Medical Imag. 18(2): 164-171, 1999