



UNIVERSITÀ DI PADOVA FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Biomedica

TESI DI LAUREA

AUTOMATIC REMOVAL OF HAIR FROM DIGITAL DERMATOSCOPIC IMAGES

Relatore: **Chiar.mo Prof. Enoch Peserico Stecchini Negri De Salvi**

Correlatore: **Ing. Alberto Silletti**

Laureando: **Michele Fiorese**

Anno Accademico: 2009-2010

Alla mia famiglia

Abstract:

Nell'elaborazione di immagini in campo dermatologico si riconosce il nevo come una struttura scura che spicca su di uno sfondo chiaro, la presenza di peli nella foto in esame può rendere difficoltoso il lavoro di osservazione e diagnosi.

La relazione inizierà con una classificazione delle varie tipologie di nevi e di melanomi, evidenziando i parametri medici più importanti per una diagnosi precoce. Seguirà una descrizione del metodo che abbiamo sviluppato per la rimozione di peli dalle foto di nevi.

L'approccio che adottiamo è l'uso di operazioni morfologiche con diverse angolazioni, per evidenziare le parti in contrasto con lo sfondo, a cui segue una rimozione mirata delle strutture che non rappresentano peli (forme caratteristicamente lunghe e strette) in modo da ottenere una maschera. La maschera viene ultimata con l'utilizzo di un metodo atto a riconoscere i peli interrotti unendoli con una retta che approssima l'andamento del pelo. Infine si rimpiazzano i peli contenuti nella maschera con porzioni di pelle adiacente con un *inpainting* radiale.

Indice

1	Il Melanoma	1
1.1	Generalità	1
1.2	Classificazione	2
1.3	Proliferazione e fattori di rischio	6
1.4	Diagnosi	7
1.5	Utilità della rimozione	9
2	State of the art	11
2.1	Feature-preserving artifact removal from dermoscopy images . . .	11
2.2	Dullrazor: a software approach to hair removal from images . . .	13
3	Automatic removal of hair	15
3.1	Hair mask detection	15
3.1.1	Top-hat	16
3.1.2	False positives treatment	19
3.2	Hair fitting	21
3.2.1	End points detection	21
3.2.2	Fitting	23
3.3	inpainting	25
4	Results	29
5	Conclusions e future works	35

Capitolo 1

Il Melanoma

In questa parte iniziale verrà introdotto il melanoma con le principali caratteristiche ed i principali metodi di diagnosi.

1.1 Generalità

Il melanoma è una forma di cancro che nasce dai melanociti, esso può insorgere in tutti i distretti corporei in cui sono normalmente presenti i melanociti, quindi la cute ovviamente, ma anche le mucose, le meningi e l'occhio.

Fra tutte le malattie ad insorgenza cutanea è quella che presenta il più alto rischio di recidiva e di morte, ogni anno in Europa vengono diagnosticati circa 60000 nuovi casi di melanoma maligno, in Italia 7500, circa 13 persone ogni centomila abitanti. Si calcola che ogni 5 anni tale incidenza sia aumentata del 30-50% e che il numero dei pazienti tra il 1971 e il 2000 sia più che duplicato. L'incremento ha interessato uomini e donne di ogni fascia d'età, indipendentemente dalle differenze nei criteri diagnostici. L'incidenza del melanoma cutaneo è tre volte più alta tra i Paesi più sviluppati.

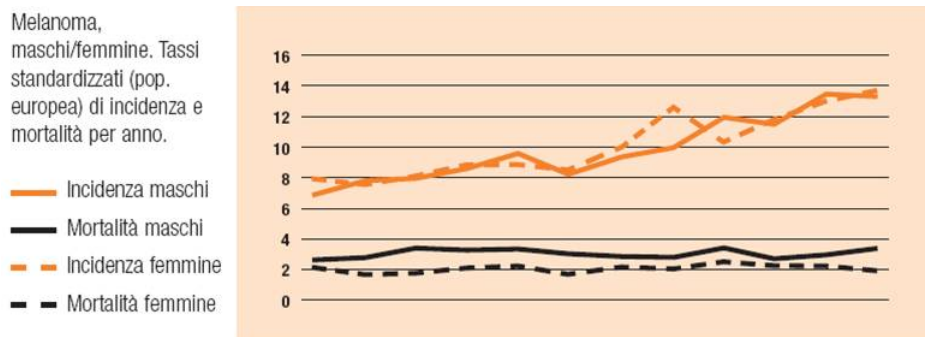


Figura 1.1: tasso incidenza e mortalità

I melanociti sono i produttori di melanina, il pigmento che dà alla pelle il suo colore naturale. Quando la pelle è esposta al sole, i melanociti aumentano la produzione del pigmento, questo processo causa la nota abbronzatura. Può capitare che un ammasso di melanociti e tessuto circostante formi delle escrescenze non cancerose chiamate nevi.

Il cancro nasce dalle cellule, da un mal funzionamento nel loro ciclo vitale, si presenta un' autonomia moltiplicativa. Questa massa di cellule non controllate possono formare un accumulo di tessuto chiamato tumore. Non tutti i tumori sono cancro, esistono:

- **Tumori Benigni:** non sono cancro, sono raramente minacciosi, si possono rimuovere facilmente senza che possano ricomparire e le cellule da cui sono composti non si espandono attaccando altri tessuti.
- **Tumori Maligni:** rappresentano la definizione di cancro, possono portare a recidiva o morte, attaccano e danneggiano i tessuti e gli organi circostanti. Inoltre le cellule possono migrare, attraverso vasi ematici e linfatici, creando nuovi tumori in altri organi (metastasi).

Il melanoma nasce quando sono i melanociti a diventare maligni (fig.1.2).

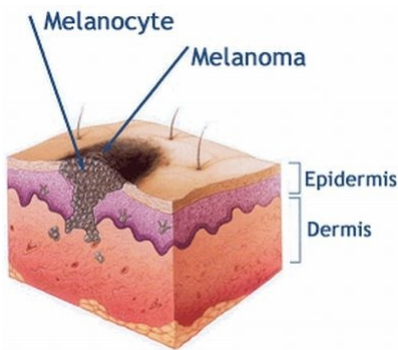


Figura 1.2: stratigrafia del melanoma a crescita verticale

1.2 Classificazione

I melanomi vengono suddivisi in base a caratteristiche e localizzazione in questi tipi:

1. **Melanoma a diffusione superficiale:** è il più comune (65% circa dei melanomi), è una lesione piatta o poco rilevata, disomogeneamente pigmentata, marrone, nera o roseo-grigia, con aree bianche di depigmen-

tazione, asimmetrica, a margini frastagliati e irregolari, da 1 a più centimetri di diametro, che presenta uno o più noduli. I noduli sono interamente o parzialmente pigmentati, talora acromici. Istologicamente la lesione è grande e asimmetrica. La componente invasiva è composta da melanociti atipici rotondi epitelioidi, fusati o nevocitosimili, che invadono il derma e l'ipoderma, in nidi discreti, in formazioni alveolari o più massivamente. Le melanina è contenuta nel tumore in quantità variabile, sia nelle zone superficiali che profonde, e può anche mancare (forme acromiche). Nelle forme invasive iniziali i melanociti atipici invadono il derma papillare in nidi o in formazioni alveolari discrete; in seguito tendono a riempire tutto il derma papillare e dopo infiltrano il derma reticolare. Talora il tumore assume un aspetto polipoide, esofitico, con eventuale ulcerazione epidermica. L'epidermide adiacente alla componente invasiva mostra un quadro tipo melanoma in situ: numerosi melanociti atipici rotondeggianti, isolati o in nidi polimorfi, confluenti, anisodimensionali, invadono tutti gli strati epidermici (quadro pagetoide). Più distalmente la severità della proliferazione melanocitica si attenua fino alla cute sana. Il tratto di epidermide interessato in genere è esteso, comunque più di tre creste interpapillari. Alla base del tumore e continuantesi al di sotto della componente in situ, si trova un denso infiltrato linfoistiocitico a banda. A volte zonalmente la proliferazione melanocitica scompare, persistendo solo la banda flogistica sottostante con melanofagi, vasi e fibrosi (regressione).

2. **Melanoma Nodulare:** ha una frequenza del 10-15% ed è caratterizzato dalla comparsa di un nodulo, talora polipoide e/o ulcerato, di colore nero, bluastro o roseo; la cute adiacente non è pigmentata. Istologicamente è un nodulo costituito da melanociti atipici, rotondi, talora pagetoidi, con ampio citoplasma, chiaro o debolmente roseo, talora contenenti melanina in fini granuli, che infiltrano profondamente il derma, talora anche l'ipoderma, in formazioni alveolari o solide. Sono rare le forme che infiltrano solo il derma papillare (III livello). I nuclei sono grandi, atipici, iper- o ipocromatici, vescicolosi (nuclei vuoti), con nucleolo prominente ed eosinofilo. Le mitosi e necrosi cellulare sono presenti. La melanina è contenuta nel tumore in quantità variabile, sia nelle zone superficiali che profonde, e può anche mancare (forme acromiche). Alla base del tumore o tra le cellule neoplastiche si può osservare un infiltrato linfoistiocitico. L'epidermide è infiltrata dai melanociti atipici e può essere ulcerata, ma le cellule tumorali tendono soprattutto a infiltrare verso il basso; il quadro epidermico francamente pagetoide manca o è minimo. Lateralmente alla componente invasiva si osserva l'epidermide indenne da proliferazione melanocitica atipica o coinvolta solo per un breve tratto, non superiore a tre creste interpapillari.
3. **Melanoma Lentigo Maligna:** è una macchia estesa, bruno-nera, irregolarmente pigmentata, con uno o più noduli rilevati, in aree fotoesposte (faccia, collo, estremità) di soggetti anziani. Comprende circa il

5% dei melanomi. Istologicamente il nucleo centrale della lesione, asimmetrica, è formato da melanociti atipici, perlopiù fusati, che infiltrano il derma o talora anche l'ipoderma. Le cellule mostrano spiccato polimorfismo e anisodimensionalità e formano fasci irregolarmente intersecati. Il contenuto di melanina è variabile. Lateralmente l'epidermide, ipotrofica e appiattita, mostra un aumento numerico di melanociti atipici, spesso fusati, singolarmente disposti lungo la giunzione dermo-epidermica e nello strato basale dei follicoli piliferi. E' raro che i melanociti formino piccoli nidi nello strato basale, talora essi si osservano negli strati superiori. Il derma superficiale mostra elastosi solare, melanofagi e un denso infiltrato linfocitico a banda.

4. **Melanoma Acrale Lentiginoso:** è una macchia estesa, marrone-nera, irregolarmente pigmentata, con zone grigie per lo spessore dello strato corneo o biancastre per aree di regressione, a contorno irregolare, localizzata al piede (specie pianta e tallone) o alla mano (palmo), talora subungueale, che presenta noduli bruno-neri, talora ulcerati. Istologicamente la lesione, grande e asimmetrica, è costituita da melanociti atipici perlopiù fusati, che raccolti in fasci infiltrano il derma, talora anche l'ipoderma. Le cellule, anche epitelioidi o nevocito-simili, contengono talora melanina in fini granuli. Le melanina, contenuta nel tumore in quantità variabile, sia nelle zone superficiali che profonde, può anche mancare (forme acromiche). Alla base del tumore si può osservare un infiltrato linfocitico lichenoidale, frequente la desmoplasia, assente l'elastosi solare. L'epidermide, notevolmente iperplastica e con alte papille, è infiltrata dai melanociti atipici e può essere ulcerata; lateralmente mostra un aumento numerico di melanociti atipici, grandi rotondi, pagetoidi, fusati o dendritici, perlopiù singolarmente disposti lungo la giunzione, ma anche negli strati superiori, compreso il corneo, molto ispessito.
5. **Melanoma della Coroide:** si localizza nel bulbo oculare. La sua origine è dovuta a molti fattori: è necessaria l'interazione di fattori genetici ed ambientali perché si sviluppi. Sebbene non siano ancora ben conosciuti i fattori di rischio, è evidente una predisposizione della razza caucasica e un'età compresa tra i 50 e i 60 anni. I melanomi insorgono nella maggioranza dei casi ex novo, mentre in una ridotta percentuale si sviluppano a partire da una lesione di un neo oculare.

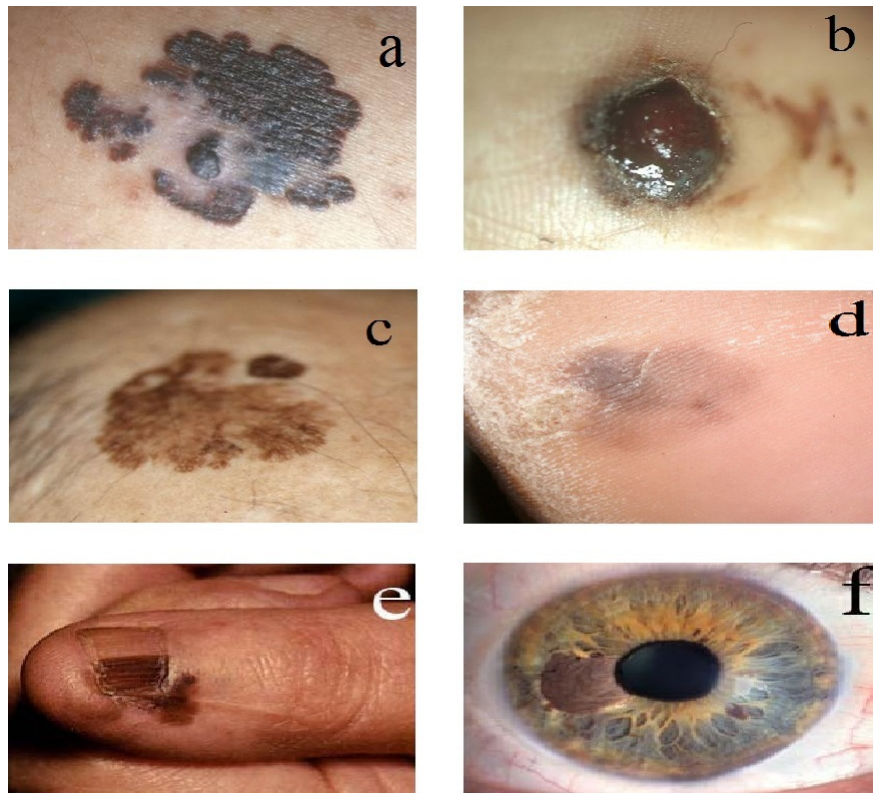


Figura 1.3: Tipologie di melanoma maligno: a) diffusione superficiale, b) nodulare, c) lentigo maligna, d) acro-lentiginoso palmoplantare, e) acrale subungueale, f) oculare.

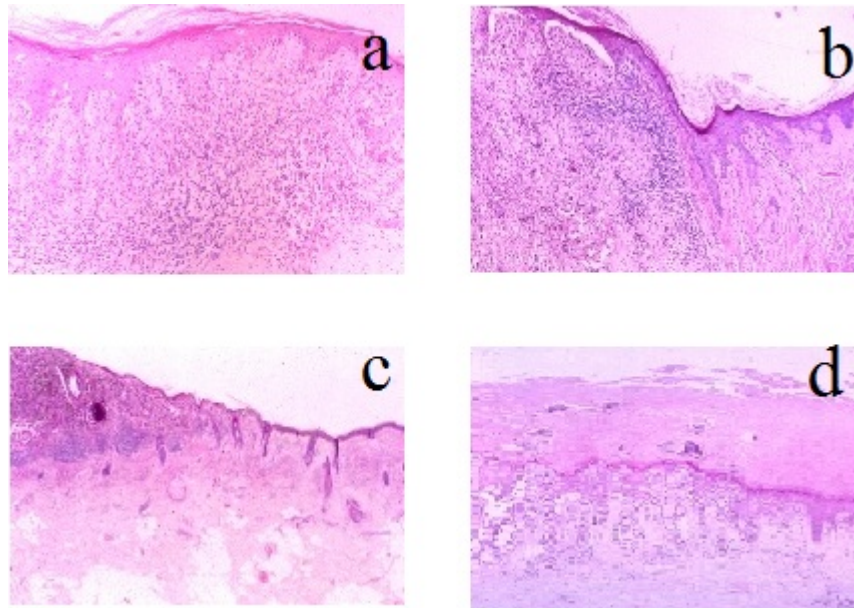


Figura 1.4: Immagini da biopsia: a) diffusione superficiale, b) nodulare, c) lentigo maligna, d) acro-lentiginoso

1.3 Proliferazione e fattori di rischio

Fondamentale per capire la complessa istologia del melanoma maligno è il tipo di proliferazione delle cellule tumorali, in particolare il concetto di crescita radiale e verticale.

Nella fase di crescita radiale, il melanoma cresce orizzontalmente all'interno dello strato epidermico e degli strati dermici superficiali. Esempi di melanomi a crescita radiale sono quello a diffusione superficiale e la lentigo maligna (fig.1.3 a,c). Con il passare del tempo, comunque, il modello di crescita assume una componente verticale ed il tumore si estende agli strati dermici più profondi, come una massa in espansione , senza mostrare alcuna maturazione cellulare.

I principali fattori che caratterizzano l'insorgenza di melanoma sono:

- Razza bianca.
- Età adulta (> 14 anni).
- Elevato numero di nei (> 50).
- Presenza di nevi melanocitici giganti (> 20 cm di diametro).

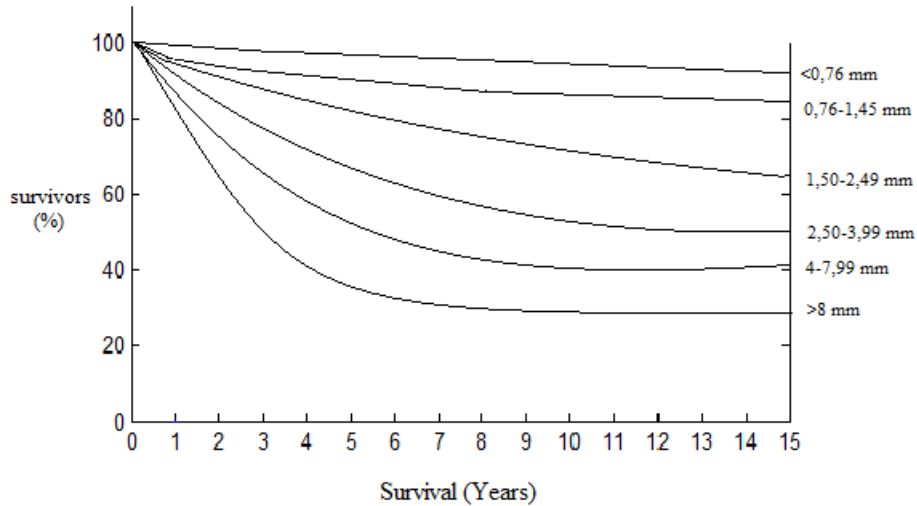


Figura 1.5: Relazione tra spessore del melanoma e sopravvivenza

- Nevi displastici.
- Storia personale o familiare di melanoma o di altri tumori della pelle.
- Esposizioni solari acute e ripetute o ustioni soprattutto nell'infanzia.

1.4 Diagnosi

L'unico rimedio efficace per la cura del melanoma è la rimozione chirurgica prima che raggiunga uno spessore di Breslow maggiore di 1 mm, cioè prima che le cellule tumorali intacchino i linfonodi provocando così una diffusione veloce del tumore.

La diagnosi istologica del melanoma è una conquista recente, è infatti solo dalla seconda metà degli anni 60 che è cominciato faticosamente ad emergere il profilo patologico del tumore. La diagnosi del melanoma è resa difficile, in tutto o in gran parte, dalla esistenza dei nevi. Queste entità, così comuni e tuttavia così enigmatiche, possono mostrare infatti caratteri citologici e architettonici molto variabili, talora allarmanti e straordinarie analogie col melanoma: le cellule nevice iniziano a proliferare alla giunzione dermoepidermica, come le cellule di melanoma, e, caso forse unico in patologia benigna, ad un certo momento attraversano la membrana basale epidermica, passando nel derma, come le cellule di melanoma, ma, a differenza di queste, senza malignità. Queste impressionanti somiglianze morfologiche associate a comportamenti biologici fortemente

divergenti creano spesso grandi difficoltà nella diagnosi del melanoma. Nevi e melanomi hanno certamente caratteristiche proprie che ne permettono la distinzione, ma in entrambi gli schieramenti si annidano formidabili simulatori. Innanzitutto i nevi che simulano il melanoma: il nevo di Spitz che spesso mostra marcate anomalie citologiche e architetturali, ma che ha un comportamento benigno; il nevo di Reed, caratteristico di pazienti di sesso femminile e localizzato spesso agli arti inferiori, considerato una sorta di variante iperpigmentata del precedente; il nevo desmoplastico, speciale variante di nevo ove la desmoplasia e alcuni caratteri citologici possono creare quadri inquietanti; il cosiddetto nevo profondo penetrante, lesione imparentata in qualche modo coi nevi blu e coi nevi combinati che può raggiungere anche l'ipoderma, proponendo preoccupanti interrogativi, il nevo ricorrente dopo parziale asportazione, ove la rigenerazione irregolare dei melanociti giunzionali crea quadri di difficile interpretazione, i nevi di determinate sedi come i nevi dei genitali, i nevi plantari e palmari, che possono mostrare irregolari architetture e fenomeni di pseudoinfiltrazione, e infine il nevo displastico, entità sulla quale non si è raggiunta una concordanza sui parametri diagnostici, ma che mostra proliferazione lentiginosa, proliferazione a nidi disordinati, discariosi, fibrosi e flogosi dermiche. Poi i melanomi che simulano i nevi: il melanoma nevoide che mostra architettura e citologia falsamente tranquillizzanti e blanda citologia e il melanoma a piccole cellule, con cellule piccole nevocitosimili, di difficile differenziazione rispetto alle vere cellule nevice. Ancora, lesioni che simulano i simulatori come il melanoma spitzoide, melanoma a cellule fusate che simula il più classico dei simulatori, il nevo di Spitz. Ma non è tutto, nevi e melanoma non si escludono a vicenda, ma esiste la possibilità che un melanoma insorga su un preesistente nevo: il melanoma su nevo. Per orientarsi in questo intricato labirinto di lesioni che qualche volta dicono la verità, ma che troppo spesso mentono, accanto alla istologia tradizionale (ematossilina-eosina e istochimica) sono state messe in campo numerose nuove tecniche: immunistochemica (proteina S 100, HMB45, NK1/C3, Ki 67 [MiB1], PCNA, NSE, PALM 1, PALM2, etc.), cinetica cellulare (label index con timidina triziata), citofluorimetria e biologia molecolare (PCR), ma a tutt'oggi non esiste la molecola magica che rivela la malignità, che distingue il melanoma dal nevo. Di queste tecniche speciali, solo alcune sono utilizzate nella diagnostica. Uno dei metodi ad oggi più utilizzati, tuttavia, nel campo della diagnosi è la dermatoscopia, metodo che permette di vedere ad occhio nudo dettagli microscopici e normalmente non visibili. Per un semplice monitoraggio del nevo è sufficiente la regola dell'ABCDE:

- **A**simmetria della lesione
- **B**ordi irregolari
- **C**olore, usualmente il melanoma ha una varietà di colori
- **D**iametro, nevi con diametro maggiore ai 5 mm sono più a rischio rispetto nevi più piccoli
- **E**voluzione temporale, crescita

La dermatoscopia digitale può offrire al dermatologo un valido ausilio diagnostico basato su valutazioni oggettive, arrivando in alcuni casi addirittura ad una diagnosi assistita basata sull'analisi delle immagini; in questo elaborato, infatti, andremo ad analizzare un metodo di pulizia delle foto per permettere un'elaborazione più dettagliata in questa direzione.

1.5 Utilità della rimozione

La presenza di peli nelle foto dermatoscopiche è un disturbo non indifferente nell'analisi del nevo, essi possono essere identificati come strutture lunghe, strette e scure (molte volte anche più scure del nevo). Queste strutture vanno a minare molti dei criteri usati per differenziarlo dal melanoma, e rendono più complicate le analisi di forma, colore ed evoluzione. Per questi motivi è necessario rimuoverli dalla foto, per avere un'elaborazione più accurata delle immagini, e fornire al medico uno strumento fidato su cui appoggiarsi nell'osservazione e nella diagnosi di questa patologia.

Per quanto riguarda, per esempio, la registrazione dei nevi in foto prese a distanza di tempo, la presenza dei peli va ad influire negativamente. I peli, posizionati in modo diverso nelle immagini in esame, possono sovrapporsi e disturbare la correlazione tra le foto del nevo (fig.1.6), nella segmentazione, invece, possono essere confuse con il nevo a causa del colore simile (fig.1.7).

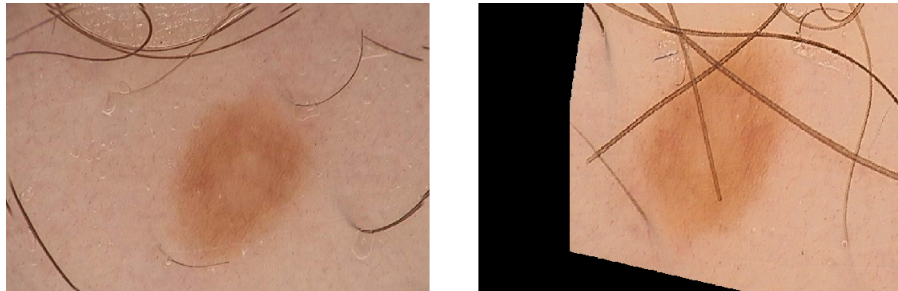


Figura 1.6: Metodo di registrazione di foto con peli. Come si può notare la foto è ruotata di 180° rispetto a come dovrebbe essere.

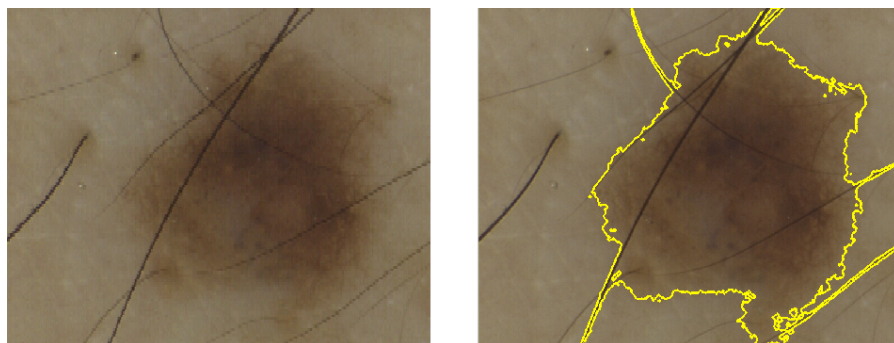


Figura 1.7: Errore nella segmentazione, vengono segmentati come nevo anche i peli che fuoriescono da esso.

Capitolo 2

State of the art

Di seguito verranno illustrati dei metodi alternativi.

2.1 Feature-preserving artifact removal from dermoscopy images

Il seguente metodo di rimozione peli è stato realizzato al centro medico dell'Università di Pittsburgh.

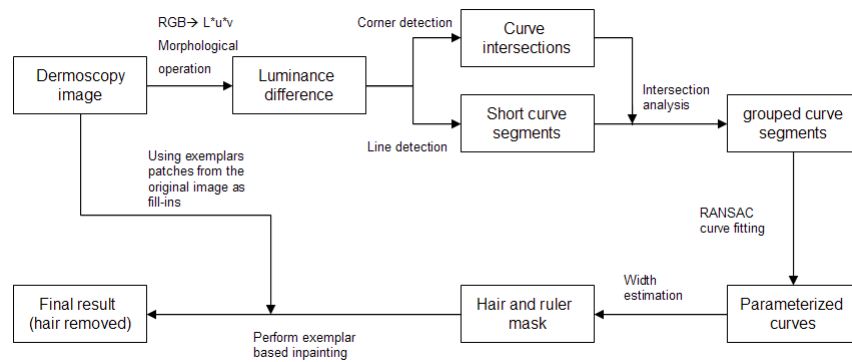


Figura 2.1: Feature-preserving Artifact Removal from Dermoscopy Images

L'approccio iniziale adottato è quello di una combinazione di operazioni morfologiche basate sulla luminosità della foto, si ottiene un'immagine "differenza" in base alla luminosità, così da evidenziare le strutture più scure. A questa immagine ottenuta si applica l'algoritmo di Steger per il riconoscimento dei punti

che compongono le linee (“punti di linea”), l’algoritmo viene eseguito a scale multiple così da riconoscere linee appartenenti ad un certo range di ampiezze, l’unione di essi in segmenti che individuano l’andamento dei peli viene effettuata applicando una versione modificata dell’algoritmo di Peter Kovesi per l’approssimazione dei punti, trovati, in segmenti (gruppi di punti collegati tra loro).

A questo punto si nota che oltre ai peli vengono estratti anche macchie o parti di nevo che presentano un punteggiato, riguardante il risalto rispetto al contesto calcolato con gli algoritmi precedenti, anche maggiore dei peli, così da rendere inutile l’uso di qualsiasi soglia; inoltre a causa di disturbi nell’immagine molti segmenti rappresentanti peli risultano interrotti e spezzettati, così da rendere inutile anche un eventuale soglia sulla lunghezza delle strutture. Per ovviare a questi problemi si realizza un “curve fitting” riconoscendo i peli come strutture lunghe, scure, strette e con una bassa differenza di curvatura, cioè con un’ampiezza circa costante. Si cerca di eliminare preventivamente i non-peli tracciando una curva, con il metodo dei minimi quadrati, passante per i segmenti, dopo questo passaggio si procede ad approssimare con l’espressione base della curva di Bézier i peli unendo i punti di linea trovati in principio, rendendo robusto il metodo con l’implementazione dell’algoritmo di RANSAC durante il curve fitting.

Infine la maschera dei peli viene rimpiazzata nella foto con un “exemplar-based inpainting” rilasciato da Criminisi che rimpiazza i pixel della maschera, partendo dai bordi, seguendo una variabile che verifica l’affidabilità dei pixel vicini.

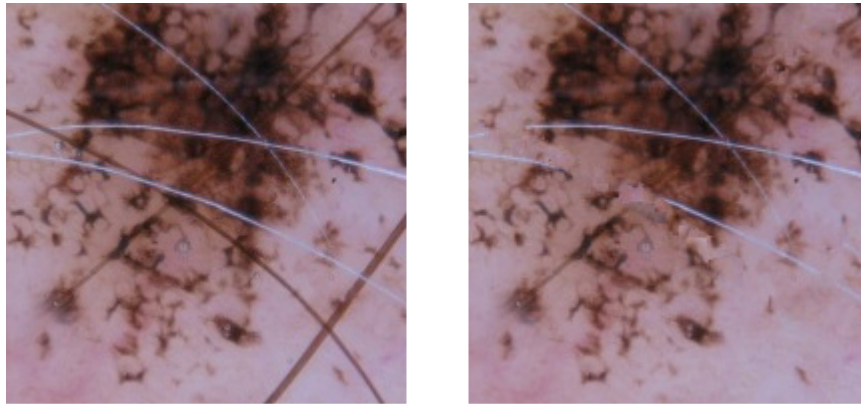


Figura 2.2: risultato dell’applicazione del metodo appena illustrato

2.2 Dullrazor: a software approach to hair removal from images

Questo è un altro metodo realizzato per la rimozione di peli dalle foto dermatologiche.

L'algoritmo di Dullrazor consiste di tre passi:

1. identificare la posizione del pelo: si applica un'operazione morfologica di chiusura sulle tre bande di colore, separatamente, con strutture angolate in tre direzioni ($0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$), poi si binarizza la maschera ottenuta sogliando il valore assoluto della differenza tra l'immagine normale e la chiusura.

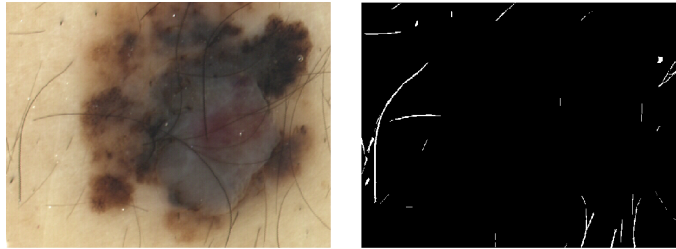


Figura 2.3: Maschera con Dullrazor

2. rimpiazzare i peli: con la maschera ottenuta nel primo passaggio si procede a rimpiazzare i pixel appartenenti ai peli con un inpainting basato sull'interpolazione bilineare prendendo a riferimento il pixel più vicino non appartenente al pelo nell'intervallo tra 10 e 50 pixel.
3. infine si applica un'operatore mediano adattato, atto ad eliminare il bordo che viene a crearsi nei peli rimpiazzati a causa della sogliatura, si utilizza una dilatazione con struttura quadrata 5×5 ed un filtro mediano sempre 5×5 che diminuisce questo effetto.

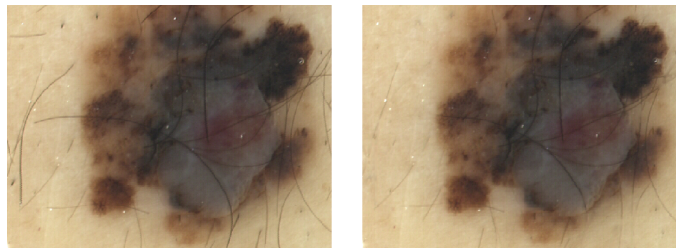


Figura 2.4: risultato con dullrazor

Capitolo 3

Automatic removal of hair from digital dermatoscopic images

Ora verrà illustrato per gradi il programma oggetto della tesi.

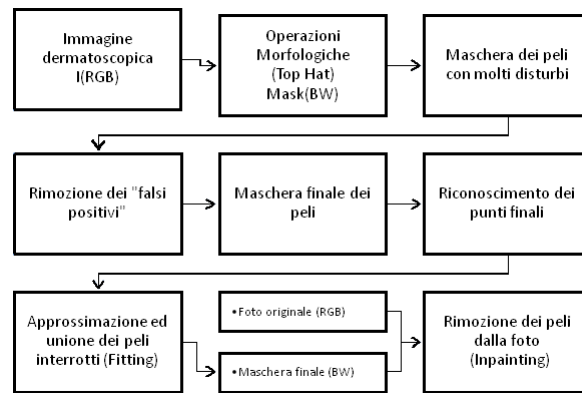


Figura 3.1: schema a blocchi del metodo

3.1 Hair mask detection

Affrontando la trattazione per gradi illustriamo come si calcola la maschera dei peli, cioè lo strumento che permette di individuare nell'immagine la posizione dei peli da rimuovere; essa è frutto di operazioni morfologiche sui singoli livelli ma entriamo più nel dettaglio.

3.1.1 Top-hat

Il *top-hat* è un'operazione morfologica che consiste nel sottrarre all'immagine la sua chiusura. Questa operazione mette in risalto le parti molto contrastate amplificandole rispetto allo sfondo.

In principio abbiamo creato le strutture per effettuare la chiusura; abbiamo realizzato che la scelta migliore era agire in tutte le direzioni principali, poichè i peli possono essere rappresentati come una sorta di curve molto dritte che però non seguono direzioni precise, quindi adottiamo angolazioni di 0° , 45° , 90° e 135° (fig.3.2), e con due tipi di struttura con spessori di 1 e 2 pixel così da poter riconoscere tutte le diverse tipologie di pelo, spessi o sottili.

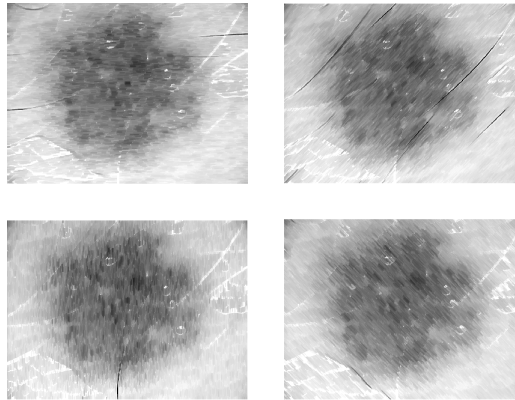


Figura 3.2: Chiusure direzionali a 0° , 45° , 90° e 135° del livello rosso

Dopo aver effettuato la chiusura in tutte le modalità stabilite si prende il massimo tra i risultati, così da non perdere nessuna informazione, e si effettua il *top-hat*, sempre singolarmente, per diversi livelli di colore (fig.3.3).

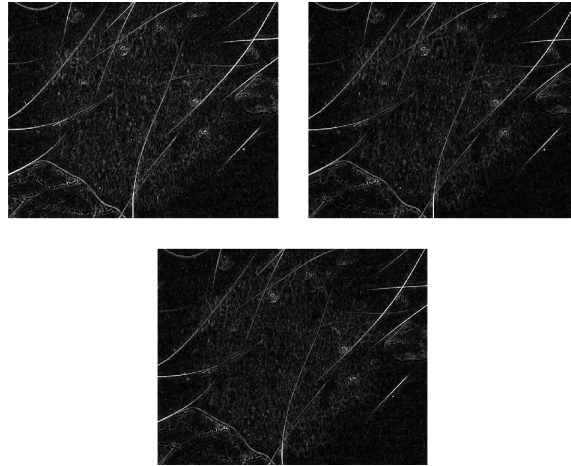


Figura 3.3: Top-hat rispettivamente dei livelli R, G, B

Data G_r l'immagine in scala di grigi risultante dal *top-hat* del livello rosso della foto originale O_r , ed espresse come $S_0, S_{45}, S_{90}, S_{135}$ le possibili direzioni di chiusura, si può esprimere:

$$G_r = |O_r - \max \{O_r \cdot S_0, O_r \cdot S_{45}, O_r \cdot S_{90}, O_r \cdot S_{135}\}|$$

A questo punto cerchiamo una soglia accettabile per poter trasformare la maschera in bianco e nero, utilizziamo due soglie:

- Una soglia fissa: data dal 5% calcolato sull'istogramma dell'immagine (fig.3.4 in rosso).
- una soglia mobile: calcolata sfruttando il metodo di *Otsu*, cioè scegliendo una soglia accettabile per minimizzare la varianza intraclassa tra pixel bianchi e pixel neri (fig.3.4 in verde).

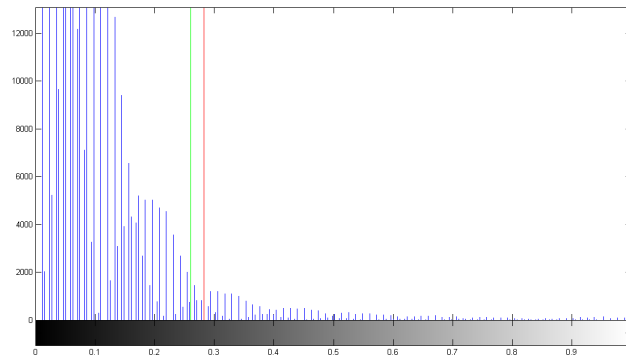


Figura 3.4: Istogramma con le due soglie a confronto nel livello R

La soglia fissa è considerata di “sicurezza”, cioè se il metodo di *Otsu* è troppo selettivo allora si usa il 5% dell’istogramma così da non rischiare di perdere dei dati. Infine dopo aver trasformato in bianco e nero i tre livelli della maschera li uniamo (fig.3.5).

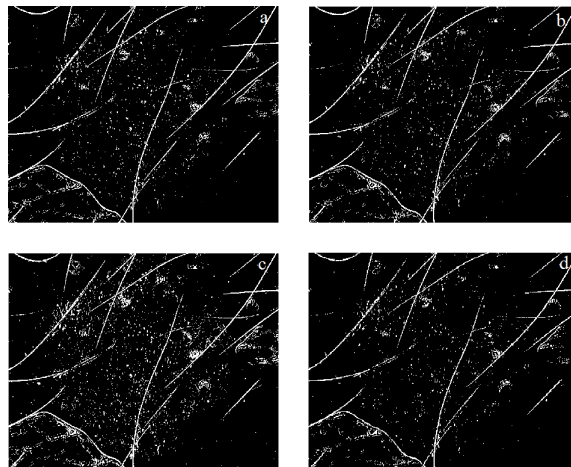


Figura 3.5: Maschere parziali R (a), G (b), B (c) e finale (d)

3.1.2 False positives treatment

A questo punto eliminiamo dalla maschera i “falsi positivi”, cioè tutte quelle strutture che non fanno parte dei peli ma che sono state inserite nella maschera perché scure o in contrasto con lo sfondo. Questa operazione è necessaria poiché altrimenti si andrebbero a rimuovere parti di nevo che devono rimanere inalterate. Usiamo tre approcci in serie, basati sulle caratteristiche fondamentali dei peli:

Area: in primo luogo rimuoviamo le strutture che hanno un’area inferiore ad una soglia affidabile, da noi impostata, così da ripulire la maschera da tutte le macchie e i punti di dimensioni molto piccole (fig.3.6).

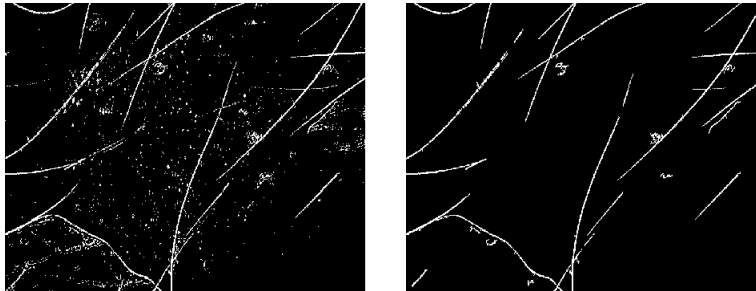


Figura 3.6: Risultato della rimozione sull’area

Sfericità: successivamente definiamo sfericità S un parametro geometrico caratteristico della struttura in esame che esprime quanto essa tende ad avere forma sferica, dati i valori di area A e perimetro p essa è espressa come:

$$S = \frac{A}{4 \cdot \pi \cdot p^2}$$

essa più è vicina ad 1 più la struttura in esame si avvicina ad un cerchio, per questo viene impostata una soglia atta a rimuovere le strutture circolari.

Convex Hull: in matematica la convex hull di una serie di punti X in uno spazio vettoriale reale V è l’insieme minimo convesso contenente X ; di cui è possibile calcolare l’area ed i punti che la compongono (fig.3.7 linea blu).

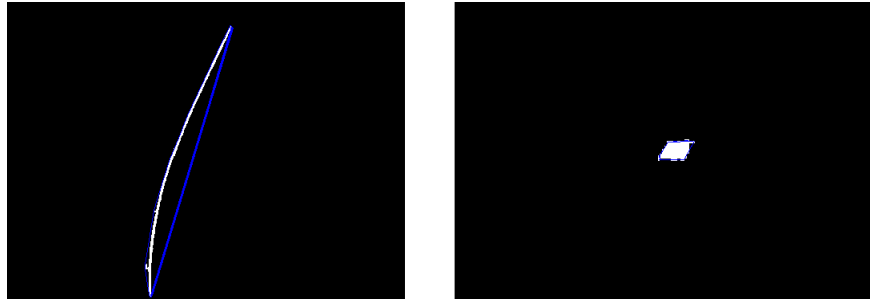


Figura 3.7: Convex Hull di un pelo e di una macchia.

Come si può notare dalla figura 3.7 c'è una differenza sostanziale tra la convex hull di un pelo e quella di una macchia. Per averne una dimostrazione concreta andiamo ad analizzare un altro parametro geometrico della struttura in esame: la *vuotezza* V della convex hull, data dal rapporto tra l'area della convex hull A_c e l'area della struttura calcolata col conteggio dei pixel A :

$$V = \frac{A_c}{A}$$

più il rapporto si avvicina ad 1 più la convex hull è “piena” e, con l'uso di una soglia, viene rimossa. Inoltre ripetiamo il controllo sulla sfericità, citata prima, con l'area della Convex Hull a sostituire l'area calcolata sui pixel.

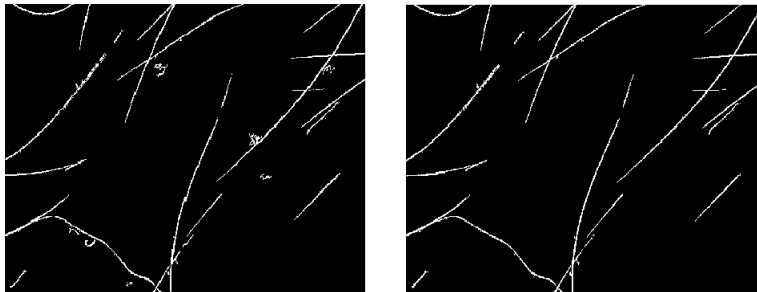


Figura 3.8: risultato del metodo basato su convex hull

Dopo questo trattamento otteniamo la maschera finale dei peli (fig.3.9).

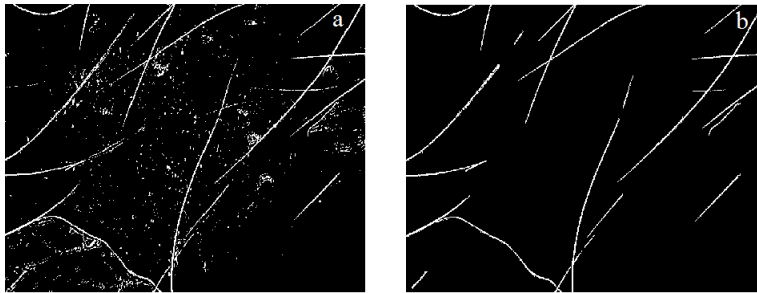


Figura 3.9: Maschera iniziale (a) risultante dalle operazioni morfologiche e finale (b) dopo il trattamento.

3.2 Hair fitting

A questo punto abbiamo ottenuto una maschera con solamente i peli, purtroppo però a causa dei disturbi presenti nelle immagini, delle alterazioni di colore e di contrasto è possibile che alcune strutture che rappresentano i peli risultino interrotte. Per risolvere questo eventuale problema andiamo a calcolare delle rette che approssimano le parti finali di ogni struttura, così da individuare l'andamento di ogni pelo, in seguito le confrontiamo in modo da capire se rappresentano parti interrotte o meno e, nel caso soddisfino le condizioni che abbiamo posto, procediamo ad unirle.

3.2.1 End points detection

Il primo passo di questa operazione è trovare i punti finali di ogni struttura. Per raggiungere questo obiettivo otteniamo lo scheletro di ogni struttura, cioè un segmento di un pixel di larghezza che rappresenta il nucleo della struttura, e poi calcoliamo tutti i pixel sporgenti, cioè i punti finali di ogni struttura.

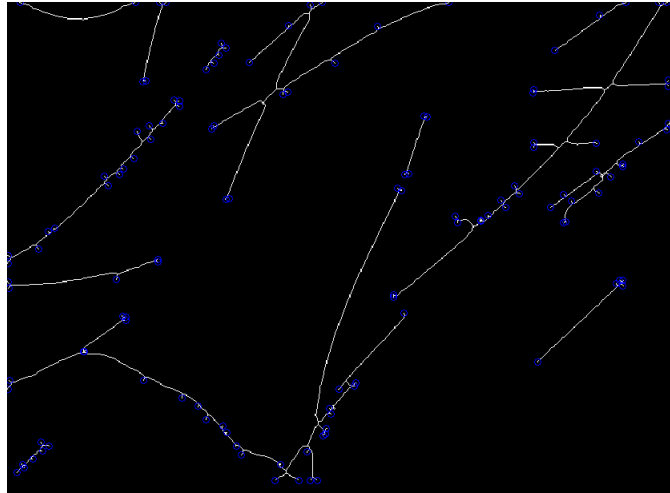


Figura 3.10: risultato delle operazioni di primo calcolo dei punti finali

Come si nota in figura 3.10 queste operazioni rilevano molti punti tra i quali pochi sono realmente punti finali, questo accade perché dobbiamo considerare punti finali anche i punti che rappresentano semplici prominenze all'interno del pelo. Per risolvere questo problema facciamo dei controlli per capire quali sono realmente dei punti finali e quali no.

Per prima cosa filtriamo i punti togliendo quelli che hanno solo un pixel isolato, cioè quelli che confinano con altri due o più pixel bianchi e che, di conseguenza, non possono essere finali.



Figura 3.11: punti “falsi” finali con due o più pixel bianchi vicini

In seguito togliamo i restanti punti che non ci interessano con un controllo sulla lunghezza della parte considerata finale. Se essa è inferiore alla soglia

impostata (14 pixel) si tratta di una diramazione secondaria e non di una parte effettivamente finale (fig.3.12).

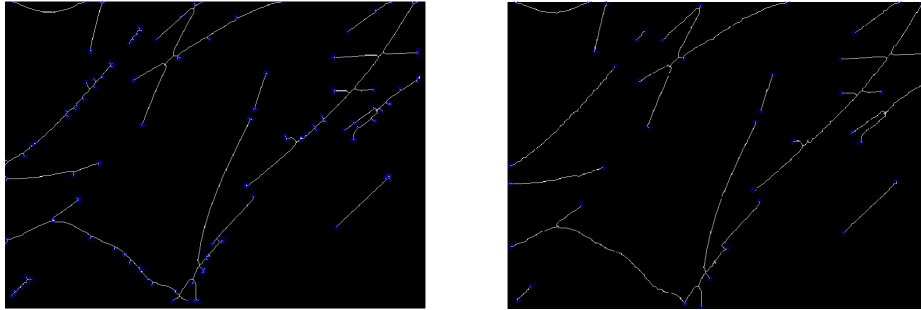


Figura 3.12: immagine con gli effettivi punti finali di ogni struttura

Dopo queste operazioni abbiamo un insieme di punti che rappresentano la fine di ogni pelo.

3.2.2 Fitting

Per poter valutare in modo affidabile quali strutture costituiscono lo stesso pelo utilizziamo alcuni parametri dipendenti dalle rette di approssimazione e le distanze tra le strutture. Per trovare le rette che approssimano la struttura, dal punto finale risaliamo, verso l'interno del pelo, fino a trovare un segmento di 18 pixel. Per ogni segmento, quindi, calcoliamo i parametri ρ e θ identificativi della retta che lo approssima, usando la Trasformata di Hough.

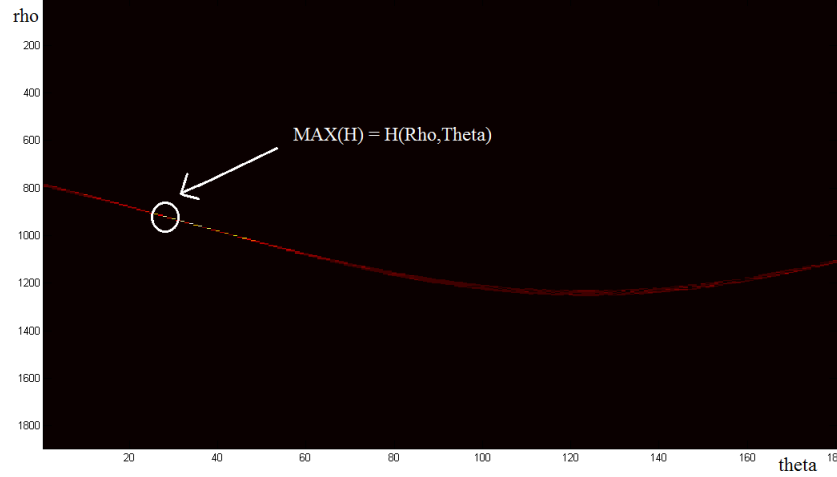


Figura 3.13: rappresentazione della matrice di Hough, per calcolare un ρ ed un θ accettabili prendiamo e mediamo i tre picchi massimi della matrice.

Dopo aver trovato la distanza tra ogni struttura abbiamo tutti i parametri che ci servono per calcolare un punteggio che può dirci quali strutture sono parte di un unico pelo, usiamo la combinazione di tre gaussiane. Sommiamo alla gaussiana dipendente dalla distanza G_d la media delle gaussiane dipendenti da θ G_t e ρ G_r , in questo modo diamo ugual peso alla distanza e alla retta di approssimazione (rappresentata dalla media dei punteggi di θ e ρ). Dato un punto P relativo ad una struttura generica, siano: $k_{d,t,r}$ delle costanti moltiplicative arbitrarie, $\sigma_{d,t,r}$ l'ampiezza desiderata per le gaussiane, d la distanza di P dal punto della struttura con cui è confrontato e $\Delta_{t,r}$ la differenza tra il θ e il ρ della retta che approssima l'intorno di P ed il θ e il ρ della retta che approssima l'intorno del punto con cui viene confrontato; si calcola quindi il punteggio G_P come :

$$G_P = k_d \cdot \frac{1}{\sigma_d \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{d}{\sigma_d}\right)^2} + \frac{1}{2} \cdot \left(k_t \cdot \frac{1}{\sigma_t \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\Delta_t}{\sigma_t}\right)^2} + k_r \cdot \frac{1}{\sigma_r \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\Delta_r}{\sigma_r}\right)^2} \right)$$

Calcolati i punteggi, sopra un certo valore di massimo accettabile poniamo una soglia al 60% di esso, altrimenti lasciamo una soglia fissa, e prendiamo le coppie di strutture che hanno un punteggio superiore a questo valore.

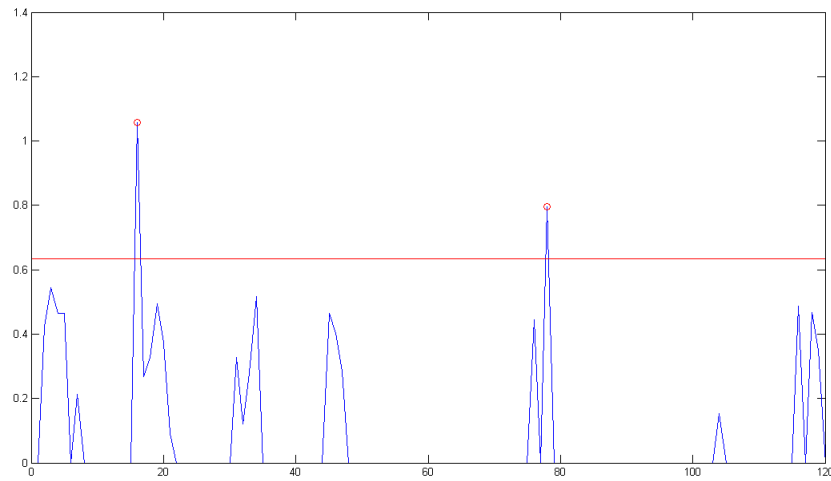


Figura 3.14: grafico dei punteggi in ordine di struttura, la linea rossa rappresenta la soglia.

A questo punto individuate le strutture che appartengono allo stesso pelo andiamo ad unirle.

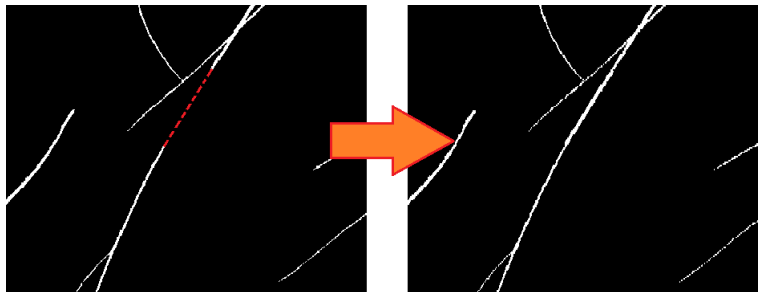


Figura 3.15: risultato del processo di HairFitting

3.3 inpainting

Inpainting è il processo di ricostruzione di parti di immagini o di video deteriorate o perse. Ci sono molti obiettivi per cui viene utilizzata questa tecnica e molte applicazioni con cui viene realizzata, ripristinare l'immagine per eliminare

il rumore, migliorare la luminosità, il colore e i dettagli. Essendo i peli strutture semplici, lunghe, strette e senza particolari curvature, l'inpainting che abbiamo implementato è semplice ma molto efficace. Raggiungiamo i pixel puliti, cioè che non appartengono ai peli, basandoci su una versione dilatata della maschera creata, in modo da eliminare l'ombra che fa da cornice ai peli, ci muoviamo radialmente così da individuare il pixel da rimpiazzare ad una distanza minima (fig.3.16).

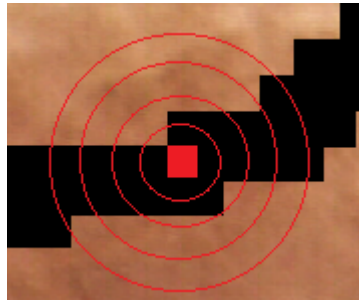


Figura 3.16: inpainting radiale

In questo modo il risultato è ottimo e l'algoritmo è molto leggero e robusto.

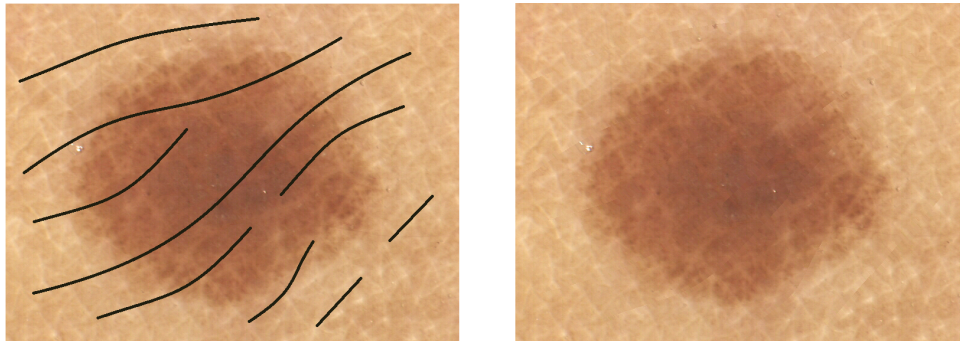


Figura 3.17: inpainting di un'immagine con peli creati artificialmente

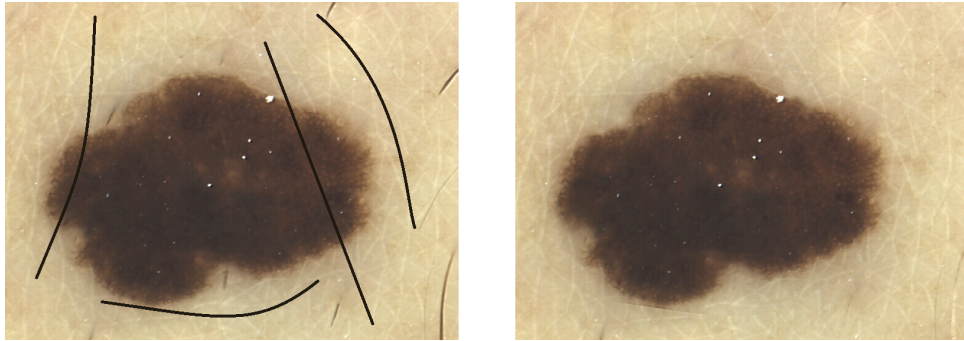


Figura 3.18: altro esempio di inpainting su un nevo modificato manualmente

Capitolo 4

Results

Evidenziamo la necessità del metodo per la buona riuscita delle operazioni principali di diagnosi assistita, in relazione alla figura 1.6 dove si nota che, nell'operazione di registrazione, con il disturbo dei peli, la foto risulta ruotata di 180° rispetto a come dovrebbe essere, e nella figura 1.7 dove la segmentazione del nevo include, erroneamente, anche i peli. Con l'utilizzo del metodo di rimozione appena illustrato entrambe le operazioni vanno a buon fine (fig.4.1, fig.4.2).

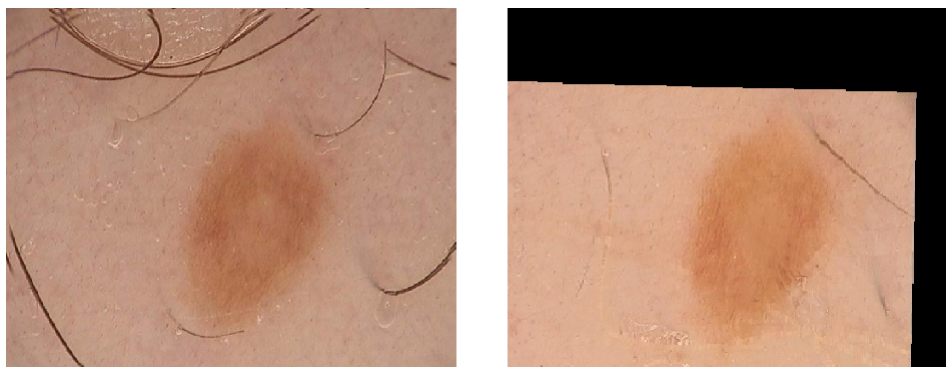


Figura 4.1: Metodo registrazione con rimozione peli

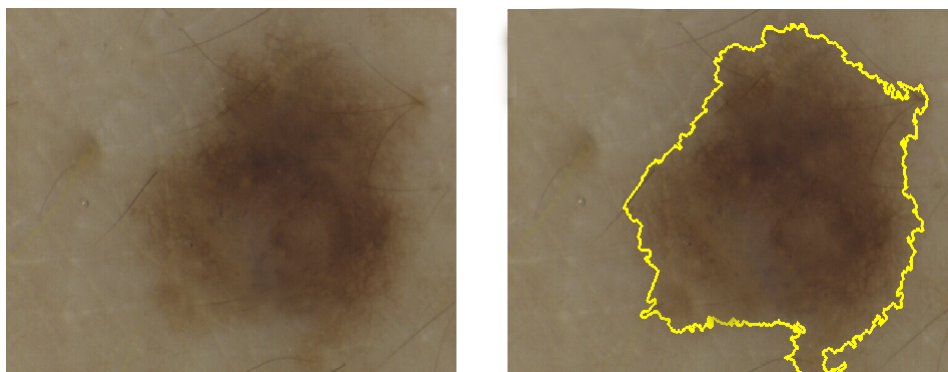


Figura 4.2: metodo di segmentazione con operazione di rimozione peli

Andremo ora a presentare i risultati ottenuti con questo metodo, le foto sono di nevi reali.

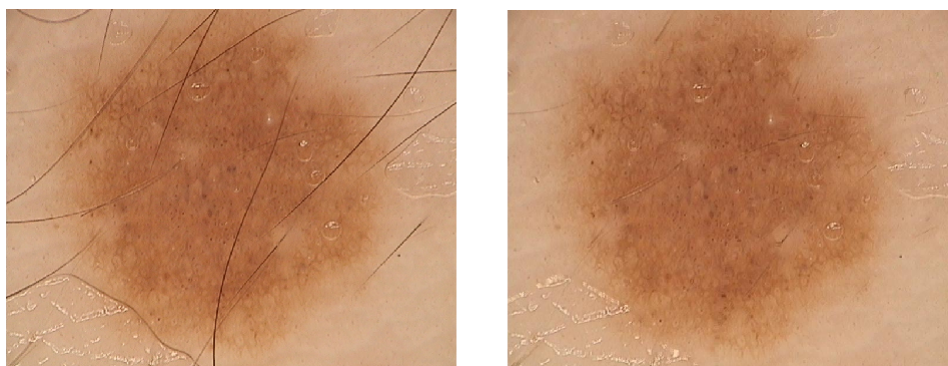


Figura 4.3: esempio di rimozione peli su un nevo grande

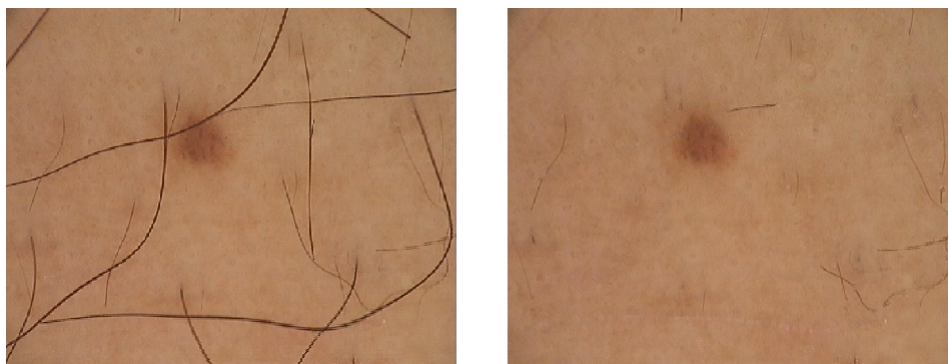


Figura 4.4: esempio di rimozione peli su un nevo piccolo



Figura 4.5: esempio di rimozione peli su un nevo chiaro

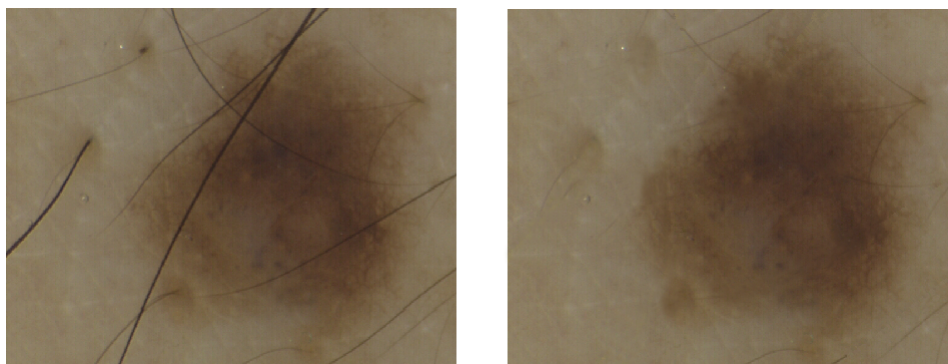


Figura 4.6: esempio di rimozione peli su un nevo scuro

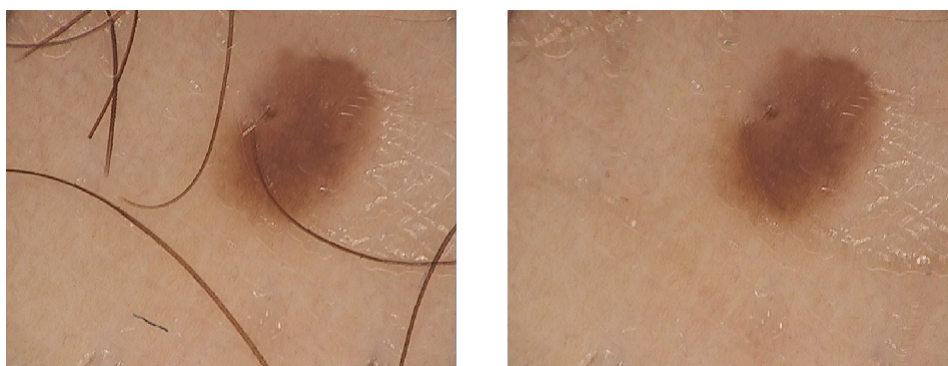


Figura 4.7: altri esempi di rimozione

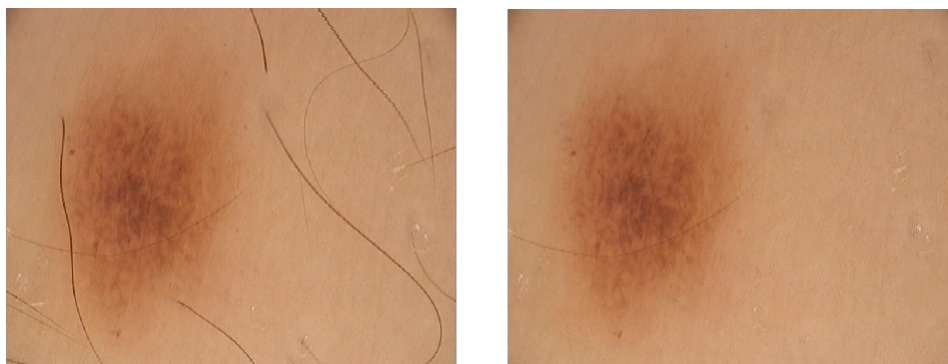


Figura 4.8: altri esempi di rimozione

Capitolo 5

Conclusions e future works

Il melanoma, tra le varie tipologie di tumori alla pelle, sta diventando una causa di morte sempre più diffusa. L'unica cura che realmente garantisce percentuali molto alte di guarigione è la diagnosi precoce e la rimozione chirurgica. Questo lavoro si inserisce in un contesto di elaborazione di immagini dermatoscopiche al fine di aiutare la diagnosi medica. La rimozione dei peli dalle immagini rende più efficaci i diversi passaggi che portano all'elaborazione per la diagnosi assistita del melanoma. Il metodo appena illustrato è molto veloce e leggero quindi può essere utilizzato come supporto per qualsiasi operazione che possa risentire della presenza dei peli, senza che le prestazioni ne risentano. Il metodo, inoltre, ha un buon margine di miglioramento a causa del poco tempo in cui è stato possibile applicarsi. Nella parte del *Hair Fitting* (3.2), soprattutto, si può accrescere la precisione dell'identificazione dei segmenti di pelo interrotti o mancanti, inserendo ulteriori controlli basati sulle rette di approssimazione. L'algoritmo di *inpainting* (3.3) è molto semplice, veloce ed efficace e nonostante si potrebbe migliorare riteniamo che per quanto riguarda i peli, strutture lunghe e sottili sarebbe controproducente appesantirlo.

Bibliografia

- [1] AAVV, (1999), "Enciclopedia Medica Italiana", Firenze, USES.
- [2] Leigheb, G. (1995) "Testo e atlante di dermatologia", Pavia, Edizioni medico scientifiche.
- [3] Panconesi, E. (1982), "Manuale di dermatologia", Firenze, Edizioni Medico Scientifiche.
- [4] Zhou H, Chen M, Gass R, et al.,(2008), "Feature-Preserving Artifact Removal from Dermoscopy Images", SPIE Medical Imaging.
- [5] C. Steger, "An unbiased detector of curvilinear structures," IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.
- [6] A. Criminisi, P. Pérez, and K. Toyama, "Object removal by exemplar-based inpainting," in CVPR, 2, (Madison, WI), June 2003.
- [7] T. Lee,(1997) "Dullrazor: A software approach to hair removal from images", British Columbia Cancer Agency.
- [8] Otsu, N.,(1979) "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 9, No. 1, pp. 62-66.
- [9] Duda, R. O. & P. E. Hart (1972), "Use of the Hough Transformation to Detect Lines and Curves in Pictures," Comm. ACM, Vol. 15, pp. 1115 (January, 1972)