



Università degli studi di Genova

Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e
Naturali

Corso di Laurea in Informatica

Anno Accademico 2005/2006

ELABORAZIONE DI IMMAGINI PER IPOVEDENTI

**Davide Fiocco
Valentina Todaro**

Relatrice: Prof. Patrizia Boccacci

Indice

1. Introduzione	3
1.1 Il problema dell'accessibilità	3
1.2 La legge Stanca	6
2. Il software ImageJ	7
3. L'implementazione del prodotto	9
3.1 Conversione dei colori	9
3.2 L'istogramma	11
3.3 L'algoritmo di Canny	14
4. IPO_Edges	20
4.1 Installazione	20
4.2 Le interfacce	22
4.3 Risoluzione dei colori	24
4.4 Scelta delle soglie e del tratto	24
4.5 Caricamento ed elaborazione immagini	25
5. Discussione	29
6. Bibliografia	30
7. APPENDICE: Manuale d'uso	32

1. Introduzione

1.1 Il problema dell'accessibilità

Per problema sull'accessibilità intendiamo la difficoltà che i disabili incontrano nell'accesso alle informazioni scritte, in particolare nell'utilizzo delle tecnologie informatiche, che discendono da carenze nella progettazione del software e dei contenuti dei siti web, che non tengono conto dei principi della progettazione universale e dell'usabilità.

La maggiore incidenza di malattie oculari ha aumentato notevolmente il numero di persone coinvolte in questo problema, per alcune delle quali la leggibilità diventa un'autentica barriera nella vita quotidiana.

Si pensi, ad esempio, a quanto può essere difficile leggere i numeri sulla pulsantiera di un ascensore; è complicato leggere i numeri dei piani incisi sul metallo senza alcun contrasto di colore.



Alcune pulsantiere hanno aggiunto i numeri in Braille per permettere ai non vedenti di riconoscere i pulsanti, ma risultano poco leggibili a chi ha problemi lievi di vista.



Il presente lavoro è nato in relazione ad un incontro con Silvia Dini, direttrice dell'Istituto David Chiossone per ipovedenti e ciechi di Genova. La cooperativa incentra la propria attività sull'accessibilità in vari ambiti quali i siti web, i musei, spazi espositivi e prodotti editoriali.

Gli strumenti presenti nell'istituto sono realizzati per favorire l'uso dei computer da parte dei disabili, per esempio lo screen reader, la barra Braille e i sintetizzatori vocali utilizzati dai non vedenti.

Gli ausili più utilizzati da un ipovedente sono gli ingranditori, softwares che hanno la funzione di aumentare le dimensioni di ciò che appare sul monitor. Sono installabili su qualsiasi computer e rimangono quindi attivi anche quando si caricano, successivamente, altri programmi. L'ingrandimento riduce la porzione di schermo che può essere consultata. Con un sistema di ricerca (comandato, in genere, da un mouse) è possibile selezionare la parte di video che interessa.

Per comprendere meglio il problema in questione, analizziamo cos'è l'ipovisione: è una forte riduzione dell'acuità visiva causata da patologie sia infettive che genetiche o procurata da altre malattie che non coinvolgono direttamente l'apparato visivo. Questa condizione rende il soggetto parzialmente incapace di attendere alle attività quotidiane e ad una normale vita di relazione.

Le cause più frequenti di ipovisione derivano da una lesione retinica centrale e, in misura minore, da una ridotta funzionalità della retina periferica. L'ipovisione centrale impedisce la visione del dettaglio, mentre quella periferica ostacola l'orientamento e la mobilità. Secondo la legge italiana esistono tre categorie di ipovedenti, che vanno dalla più grave (meno di 1/10 di vista o meno del 30% del campo visivo) alla meno grave (meno di 3/10 o meno del 60%), come altresì previsto anche da una direttiva della Organizzazione Mondiale della Sanità del 1977. Si va da soggetti che vedono solo nella parte centrale dell'occhio ad altri che, invece, vedono solo nella parte periferica. Ci sono persone che soffrono di nistagmo e quindi faticano a tenere a fuoco un oggetto per molti secondi. Altre persone soffrono di fotofobia, altre hanno invece bisogno di molta luce per poter vedere nitidamente gli oggetti.

Il nostro lavoro è stato ideato per offrire un aiuto nel visualizzare le fotografie, attraverso un software di elaborazione di immagini, che estrae i contorni degli oggetti e permette la scelta delle combinazioni di

colori preferite dall'utente che interagisce con un interfaccia semplice e usabile. In questo modo, per gli ipovedenti, è possibile visualizzare qualsiasi tipologia di foto, anche quelle a basso contrasto con colori poco visibili.



Fig. 1 In questa immagine il contrasto risulta particolarmente basso; è difficile distinguere il vaso dallo sfondo.

1.2 La legge Stanca

L'obiettivo della legge, che prende spunto dal dettato costituzionale che stabilisce il principio di uguaglianza, è quello di abbattere le "barriere virtuali" che limitano l'accesso dei disabili alla società dell'informazione e li escludono dal mondo del lavoro. La Legge Stanca consentirà di abbattere le barriere digitali e creare rilevanti opportunità per consentire agli oltre tre milioni di disabili italiani di poter studiare, lavorare e partecipare attivamente alla vita sociale, senza esclusioni.

Sono tre i punti fondamentali del provvedimento:

- Privati e PA dovranno realizzare siti accessibili a tutti. E' previsto infatti che i nuovi contratti stipulati dalla PA per la realizzazione di siti internet siano colpiti da nullità, qualora non rispettino i requisiti di accessibilità, comportando responsabilità di carattere dirigenziale e disciplinare;
- Accessibilità e fruibilità degli strumenti didattici e formativi: gli strumenti scolastici dovranno essere realizzati con tecniche che ne favoriscano l'uso da parte dei non vedenti e degli ipovedenti;
- Vengono fissate regole generali, chiare e vincolanti, rimandando per la sua concreta attuazione, ad un regolamento governativo, per la precisa disciplina delle situazioni giuridiche, e ad un decreto ministeriale che stabilisca le metodologie tecniche per la verifica dell'accessibilità dei siti internet.

2. Il software ImageJ

Lo strumento utilizzato per realizzare il nostro progetto è ImageJ, un programma Open Source di pubblico dominio, nato per l'elaborazione di immagini.

Questa utility è scritta in Java ed è disponibile per piattaforma Mac, Windows e Linux. E' un software in continuo sviluppo ed è caratterizzato da plugins, moduli di programma realizzati da persone interessate ad aggiungere particolari funzionalità e che sono messe a disposizione di tutti.

ImageJ consente di visualizzare, modificare, analizzare, processare, salvare e stampare immagini a 8-bit, 16-bit e 32-bit. I formati supportati sono TIFF, GIF, JPEG, BMP, DICOM, FITS e "raw".

E' basato sul multithreading, ovvero è possibile effettuare delle operazioni in parallelo con altre poiché a ciascun processo è associato un thread. Supporta inoltre le stacks, serie di immagini che condividono la stessa finestra.

Offre la possibilità di calcolare distanze e angoli, di plottare istogrammi e grafici, ed effettuare operazioni di Image Processing come il riconoscimento di edge e il cambiamento di contrasto.

Compie anche le più comuni trasformazioni geometriche quali la rotazione, la scalatura, lo zoom.

Per l'installazione del software sono richiesti:

- i file .class e di configurazione
- il Java Runtime Environment (JRE)

- un compilatore Java incluso nella Java 2 SDK Standard Edition scaricabile dal sito <http://java.sun.com/>

All'avvio di ImageJ compare una finestra (Fig. 2) contenente una barra dei menu, una barra degli strumenti, una barra di stato e una progress bar.

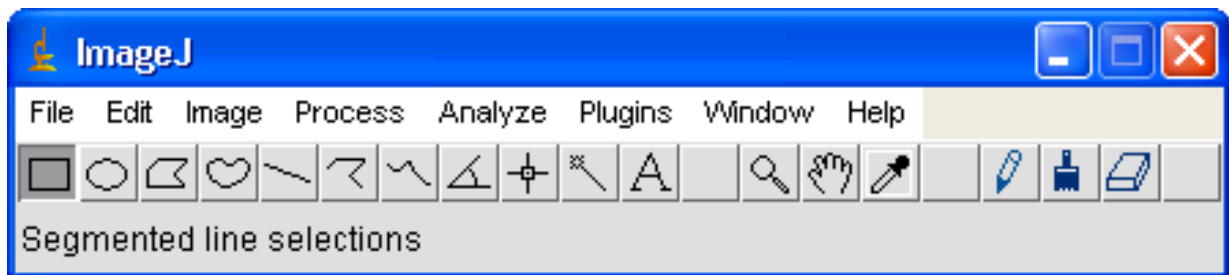


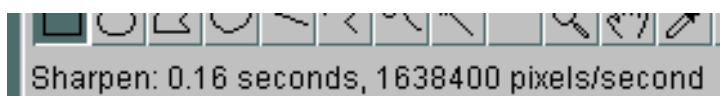
Fig. 2 Interfaccia iniziale di ImageJ.

Immagini, istogrammi e grafici sono visualizzati in ulteriori finestre.

La barra degli strumenti contiene le icone per effettuare selezioni, operazioni di zooming sulle immagini, per modificare i colori...



La barra di stato visualizza le coordinate del pixel corrente, quando il cursore del mouse è posto sopra un'immagine. Dopo aver effettuato un filtraggio su un'immagine, viene mostrato il tempo impiegato e la velocità di elaborazione espressa in pixel/secondo.



La progress bar mostra lo stato di avanzamento delle operazioni.



3. L'implementazione del prodotto

In questa sezione esaminiamo i passi effettuati nel nostro plugin IPO_Edges per ottenere l'estrazione dei contorni di un'immagine. Nella sua implementazione abbiamo sfruttato in particolare il plugin FJ_Edges presente nel pacchetto FeatureJ.

3.1 Conversione dei colori

Il primo passaggio è stato quello di convertire automaticamente un'immagine a colori in scala di grigi.

Questa funzione è stata implementata per poter elaborare le immagini a colori con l'edge detector; essa, infatti, basa il proprio funzionamento sulla ricerca del gradiente di luminosità, ed estrapolare il gradiente dalle immagini a colori non è efficiente quanto farlo da quelle convertite in livelli di grigio. L'algoritmo è stato dimensionato per la conversione delle immagini appartenenti allo spazio colore RGB, vale a dire lo spazio colore in cui le componenti cromatiche fondamentali sono: il rosso (Red), il verde (Green) e il blu (Blue). Le combinazioni dei colori possibili sono ottenute per sintesi additiva delle tre componenti fondamentali pesate in modo differente a seconda del colore risultante da generare.

Per effettuare tale passaggio abbiamo utilizzato il seguente metodo, che converte un'immagine a colori in scala di grigio a 8 bit :

new ImageConverter(imp).convertToGray8();

dove l'ImagePlus imp è un oggetto che rappresenta un'immagine.

Con 8 bit avremo $2^8 = 256$ livelli di grigio, che utilizzeremo in seguito per costruire l'istogramma.



Fig. 3 e 4 Immagini di partenza a colori.



Fig. 5 e 6 Immagini convertite in scala di grigi a 8 bit.

3.2 L'istogramma

Innanzitutto è opportuno dare una definizione di istogramma dell'immagine. L'istogramma di livelli di grigio o di colore è un vettore con un numero di elementi pari al numero di livelli di grigio/colore differenti che un pixel può assumere, e il valore di ciascun elemento corrisponde al numero dei pixel dell'immagine che assumono quello specifico livello di colore.

La funzione istogramma restituisce un set di informazioni molto importanti; dall'analisi dell'istogramma è possibile ricavare il valore del livello di luminosità, detto livello di soglia, che permette la binarizzazione dell'immagine. Applicare una soglia all'immagine, consente di estrapolare i contorni degli oggetti con alto contrasto con lo sfondo.

Per aumentare il contrasto di un'immagine possiamo applicare un'operazione che espanda l'istogramma verso gli estremi, aumentando così la dinamica dei livelli di grigio.

In particolare, nel nostro lavoro, abbiamo equalizzato l'istogramma, ottenendo un andamento praticamente costante. Per fare questo sostituiamo al valore X di livello di grigio il seguente valore Y :

$$y = \frac{L}{T} \sum_{i=0}^x N_i$$

dove T è il numero complessivo dei pixel dell'immagine, L è il valore massimo dei livelli di grigi. N "con indice i " è il numero di pixel che hanno un livello di grigio uguale a i .

L'equalizzazione è una trasformazione che mappa i livelli in modo che l'istogramma dell'immagine sia costante; infatti il grafico risulterà più appiattito e la figura più luminosa, in quanto ora i vari pixel hanno circa la stessa quantità di livelli di grigio.

Per equalizzare l'istogramma abbiamo utilizzato il seguente metodo:

`ce.equalize(ip);`

dove `ce` è un oggetto della classe `ContrastEnhancer` e `ip` è l'`ImageProcessor`, un oggetto che permette di lavorare con l'array di pixel e quindi di effettuare operazioni sulle immagini.



Fig. 7 e 8 Equalizzazione delle immagini 5 e 6. Risultano più luminose rispetto alle fotografie originali.

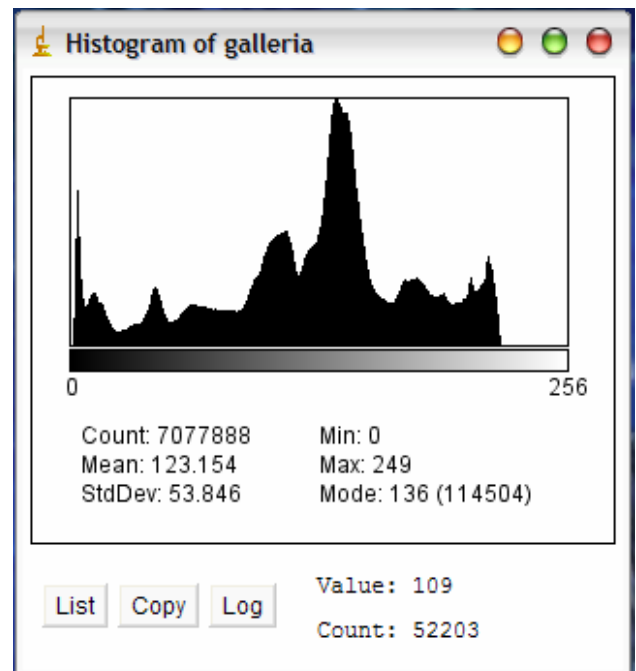
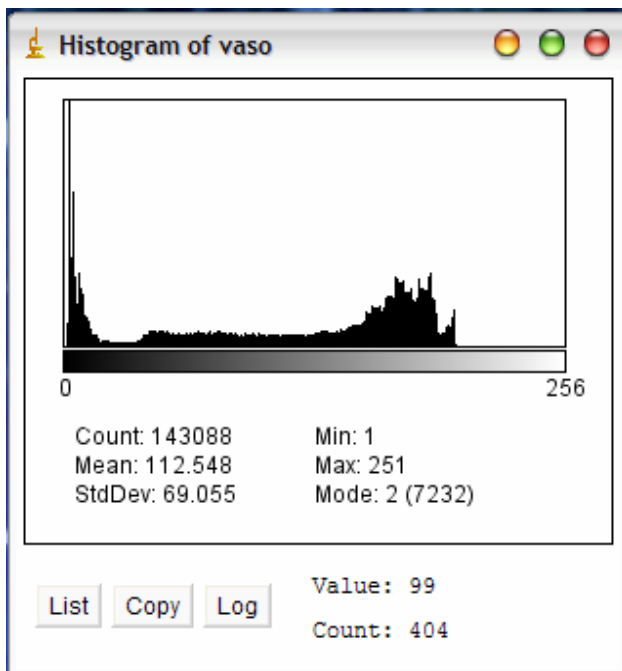


Fig. 9 e 10 Istogramma delle immagini 5 e 6.

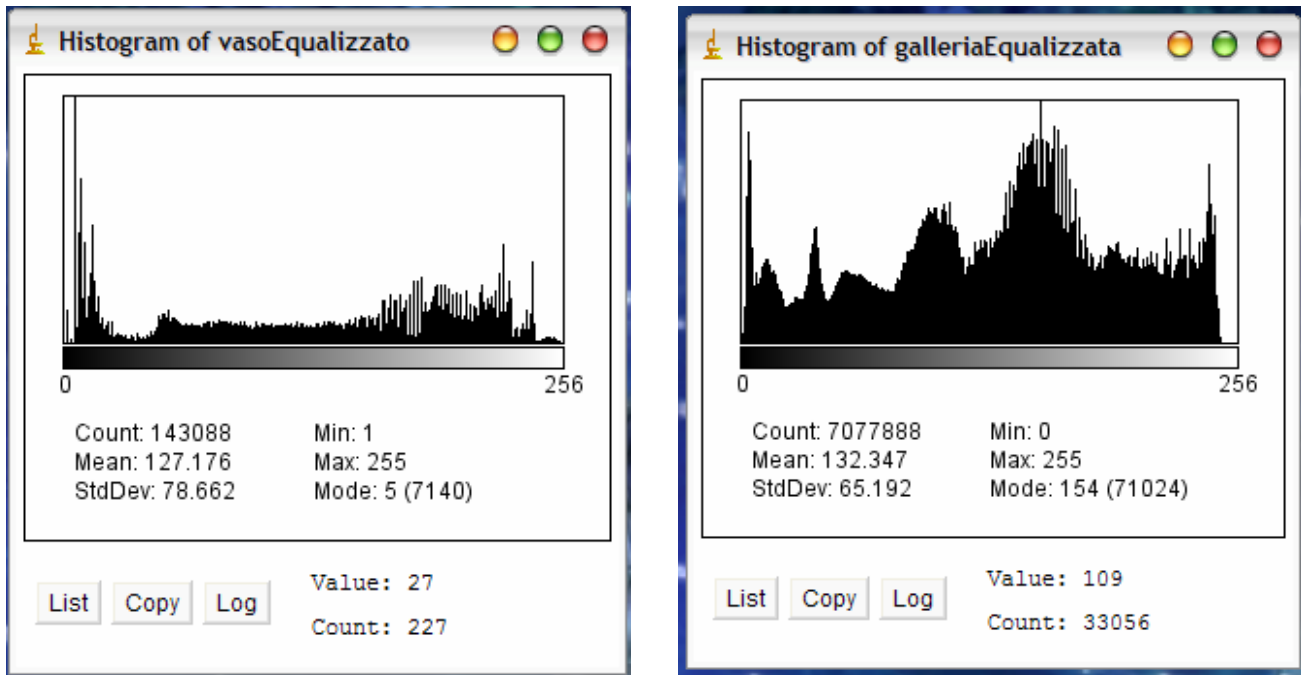


Fig. 11 e 12 Istogramma delle immagini equalizzate 7 e 8. Si noti l'espansione verso gli estremi.

3.3 L'algoritmo di Canny

Nel nostro progetto vengono estratti i contorni di un'immagine attraverso l'algoritmo di edge detection di Canny, il più efficiente e il più utilizzato. Lo scopo è quello di separare un oggetto dallo sfondo e di distinguere diversi oggetti tra loro.

Per edge si intende un'area con forte contrasto, ossia un cambiamento di intensità da un pixel a un altro.

Un riconoscitore di edge serve per trovare in una determinata immagine (a livelli di grigio) i pixel classificabili come edge, ossia quelli dove, nelle loro "vicinanze", avviene un notevole contrasto da un livello di grigio ad un altro (se non addirittura un "salto" da bianco a nero).

Un operatore di edge detection deve rispondere ai seguenti tre criteri:

1) *Good detection*

Deve esserci una bassa probabilità di errore nel riconoscere un vero punto di contorno e una bassa probabilità di riconoscere punti non appartenenti ai bordi (falsi contorni).

Siccome entrambe le probabilità sono funzioni monotone decrescenti del rapporto segnale-rumore, questo criterio corrisponde alla sua massimizzazione. In assenza di ulteriori informazioni il rumore è considerato bianco e gaussiano.

2) *Good localization*

I punti marcati come contorni dall'operatore devono essere il più vicino possibile al centro del vero edge.

3) *One response to single edge*

Una risposta unica ad un singolo edge. Questo è implicitamente insito nel primo criterio e indica che quando ci sono 2 risposte allo stesso edge, uno di essi deve essere considerato falso. Questo criterio deve essere esplicitamente inserito nella formulazione matematica del primo, dato che quest'ultimo non contempla la risposta multipla.

Ruolo fondamentale nell'algoritmo di Canny è quello di sostituire il tradizionale approccio a soglia singola con l'**hysteresis thresholding** che permette di ottenere contorni chiusi senza considerare anche gli

insiemi di punti che corrispondono a falsi punti di edge.

Se tentiamo di eliminare tutti i pixel al di sotto di una singola soglia abbiamo due problemi :

- 1) Se prendiamo una soglia troppo bassa, in modo da prendere bordi veri ma molto deboli, anche massimi locali rumorosi vengono selezionati.
- 2) Se i valori dei massimi locali autentici lungo un contorno fluttuano al di sotto e al di sopra di tale soglia, avremo come risultato un contorno frammentato.

Il principio di funzionamento dell'isteresi è semplice: invece che considerare un unico valore di soglia questo algoritmo ne utilizza due, uno rappresenta la soglia alta e serve ad estrarre i punti che certamente costituiscono il contorno, l'altro rappresenta la soglia bassa che consente di riconoscere ulteriori punti di edge ma vincolati ad essere connessi ai punti certamente di edge. In pratica riconosce quelli che superano il piano associato alla soglia alta e li classifica come punti di edge, mentre, i punti che superano solamente la soglia bassa richiedono un ulteriore controllo che verifica se sono connessi a punti già classificati come punti di edge, in quel caso anch'essi vengono classificati come punti di edge. Di seguito si riportano le immagini con i contorni risultanti dall'applicazione della soglia ad isteresi. Si noti come l'algoritmo sia efficiente soprattutto nelle immagini ad alto contrasto.



Fig.13 Immagine con sfondo e oggetto poco contrastati e relativa elaborazione.

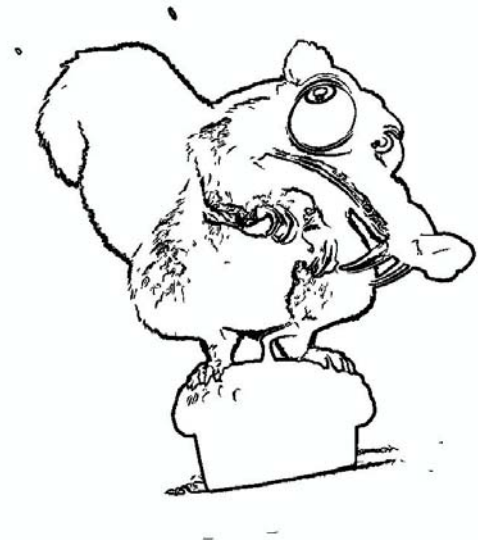


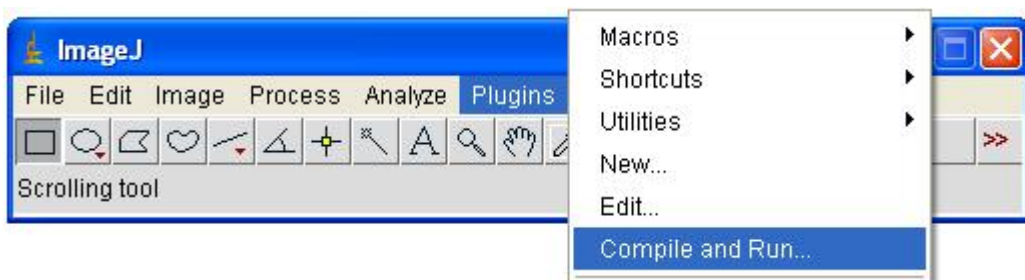
Fig. 14 Immagine ad alto contrasto e relativa elaborazione.

4. IPO_Edges

In questa sezione esaminiamo le caratteristiche del nostro elaborato e come sfruttare le sue potenzialità.

4.1 Installazione

Per installare IPO_Edges è necessario innanzitutto avviare ImageJ; successivamente selezionare *Plugins>Compile and Run...*



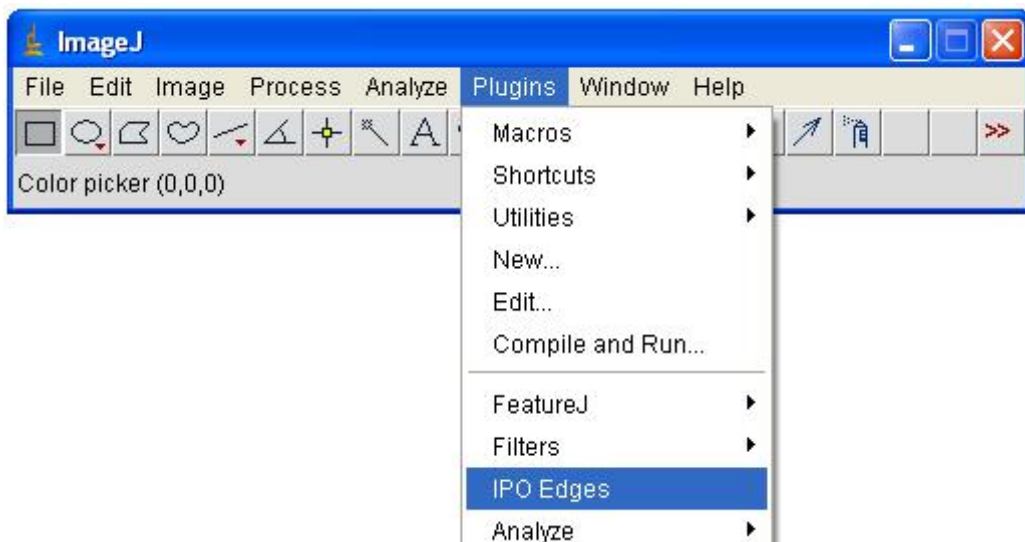
A questo punto selezionare il file IPO_Edges.java e cliccare su *Apri*. Il compilatore creerà il file IPO_Edges.class necessario per proseguire l'installazione. Dal menu Plugins selezionare *Plugins>Shortcuts>Install plugin...*



Nella finestra che si aprirà selezionare il plugin *IPO_Edges*, il menu *Plugins*, inserire il comando '*IPO Edges*', la shortcut '*f1*' e cliccare su '*OK*'.



L'installazione è così completata; per avviare il plugin *IPO_Edges* sarà sufficiente selezionare '*IPO Edges*' dal menu *Plugins* o premere il tasto '*F1*'.



4.2 Le interfacce

All'avvio di IPO_Edges si presenta la prima interfaccia (Fig. 15) dove l'utente ha la possibilità di scegliere la combinazione di colori preferita.



Fig. 15 Interfaccia iniziale di IPO_Edges.

La scelta può essere effettuata cliccando con il tasto sinistro del mouse sul bottone prescelto o digitando da tastiera il numero corrispondente. Una volta selezionata la coppia di colori desiderata si aprirà una nuova interfaccia (Fig. 16) dove l'utente ha la possibilità di caricare l'immagine da elaborare, impostare lo spessore del tratto, la quantità di dettagli da visualizzare, tornare all'interfaccia

precedente per cambiare la combinazione di colori, invertire i colori impostati e il bottone per avviare l'elaborazione dell'immagine. La prossima immagine è visualizzata utilizzando la combinazione numero 5 – Bianco/Nero.



Fig. 16 La seconda interfaccia di IPO_Edges.

Anche in questo caso le scelte possono avvenire cliccando con il tasto sinistro del mouse sul bottone desiderato o attraverso i seguenti tasti predefiniti:

- 'f' o 'F': spessore "FINE";
- 'm' o 'M': spessore "MEDIO";
- 's' o 'S': spessore "SPESSE";
- 'b' o 'B': quantità "BASSA" di particolari;

- ‘n’ o ‘N’: quantità “MEDIA” di particolari;
- ‘a’ o ‘A’: quantità “ALTA” di particolari;
- ‘l’ o ‘L’: carica l’immagine;
- ‘c’ o ‘C’: elaborare l’immagine;
- ‘r’ o ‘R’: reimpostare la combinazione di colori;
- ‘i’ o ‘I’: invertire la combinazione di colori selezionata.

4.3 Risoluzione dei colori

Le coppie di colori scelte da noi sono solo alcune delle molteplici combinazioni possibili. L’unico criterio utilizzato nell’accoppiamento dei colori è il contrasto tra loro che deve essere alto.

4.4 Scelta delle soglie e del tratto

Con i bottoni “FINE”, “MEDIO” e “SPESSO” (oppure con i tasti ‘f’, ‘m’ o ‘s’) l’utente ha la possibilità di scegliere lo spessore del tratto dell’immagine elaborata, mentre i bottoni “BASSA”, “MEDIA” e “ALTA” (oppure con i tasti ‘b’, ‘n’ o ‘a’) è possibile selezionare i diversi valori delle soglie. Tali valori sono stati impostati da noi dopo aver esaminato l’elaborazione di alcune immagini forniteci da Silvia Dini, direttrice dell’Istituto David Chiossone per ipovedenti e ciechi di Genova, relative ai vasi presenti presso il museo del vetro di Altare in provincia di Savona.

4.5 Caricamento ed elaborazione immagini

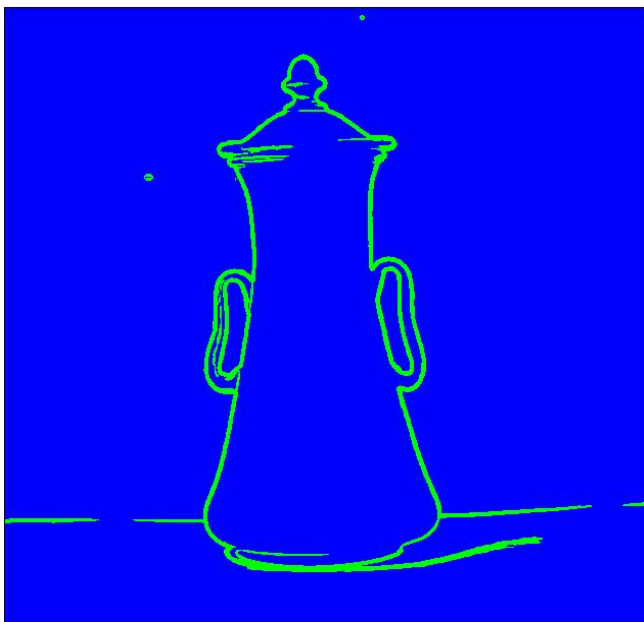
Come detto in precedenza per caricare l'immagine da elaborare basta cliccare sul bottone "CARICA" o premere il tasto 'l': l'immagine verrà convertita automaticamente in scala di grigi e visualizzata "nascosta" dall'interfaccia di IPO_Edges. Una volta selezionati i valori dello spessore del tratto e la quantità di particolari desiderati sarà possibile avviare l'elaborazione cliccando il bottone "CREA" o premendo il tasto 'c'. La nuova immagine verrà visualizzata davanti alla interfaccia del programma con la combinazione di colori scelta nella prima interfaccia. Ogni elaborazione avviene a partire dall'immagine caricata inizialmente.

Vediamo ora alcuni esempi ottenuti processando le foto dei vasi presenti presso il museo del vetro di Altare in provincia di Savona.

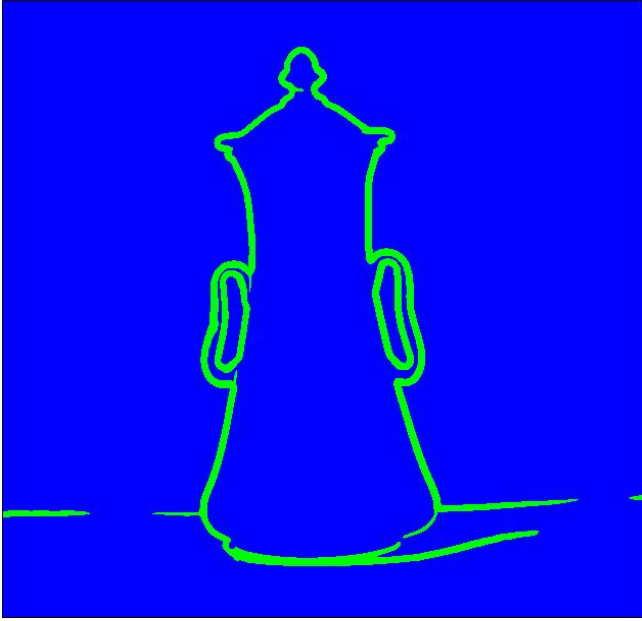
- ✕ Elaboriamo l'immagine 4.JPG scegliendo la combinazione di colori numero 9 - Blu/Verde



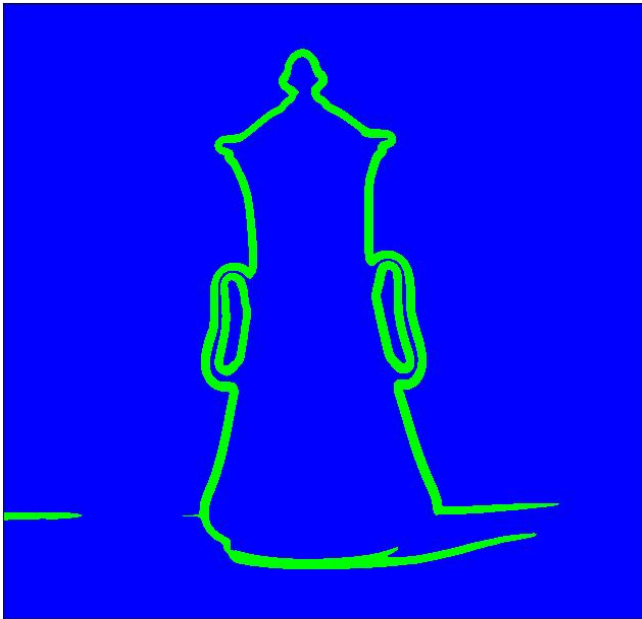
Immagine 4.JPG



Tratto fine e quantità media di dettagli



Tratto medio e quantità
media di dettagli

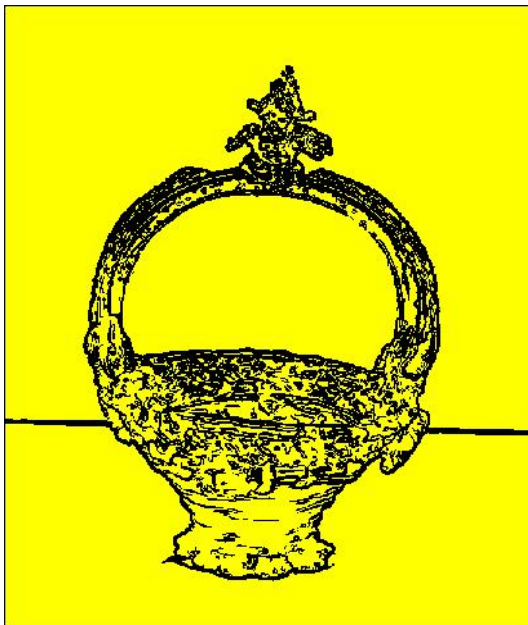


Tratto spesso e quantità
media di dettagli

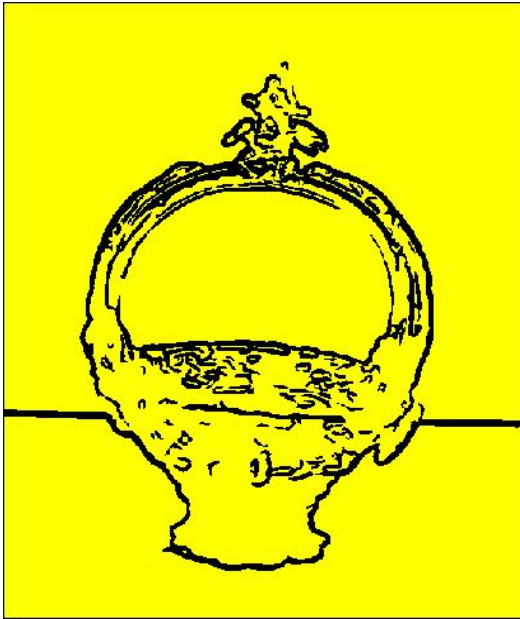
- ✕ Vediamo ora i risultati ottenuti elaborando il file 13.JPG con la combinazione di colori numero 6 – Giallo/Nero



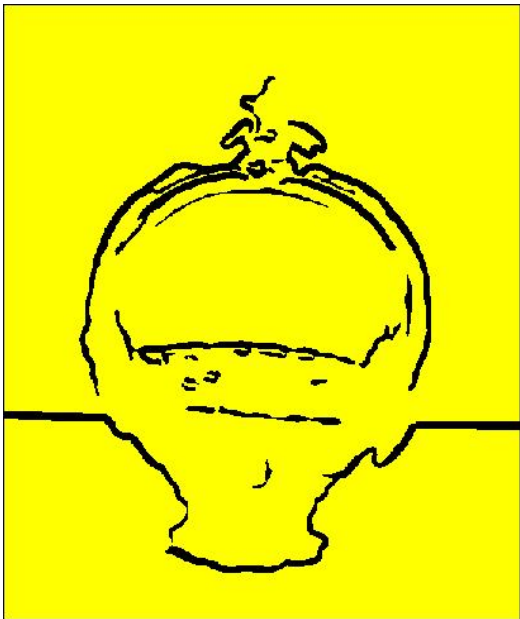
Immagine 13.JPG



Tratto fine e quantità media di dettagli



Tratto medio e quantità media di dettagli



Tratto spesso e quantità media di dettagli

5. Discussione

Il programma realizzato permette di estrarre i contorni da qualsiasi tipo di immagine e di visualizzarli in base a determinate combinazioni di colori scelte dall'utente fornendo così "un'idea" dell'oggetto raffigurato in essa a persone affette dal disturbo dell'ipovisione. Sebbene l'applicazione sia completa e svolga discretamente bene il compito che si era prefissato, è possibile apportare alcuni miglioramenti. In particolare:

- Aumento del contrasto con altre tecniche come "histogram stretching" con una rilevazione automatica della soglia inferiore e della soglia superiore;
- Aumento delle combinazioni di colori possibili fornendo all'utente una diversa interfaccia iniziale dove sia possibile scegliere separatamente il colore dello sfondo e il colore dell'immagine;
- Rilevamento automatico delle soglie da utilizzare per determinare la quantità di particolari da visualizzare; i parametri utilizzati nell'elaborazione di una immagine possono infatti dare risultati insoddisfacenti se applicati ad un'altra immagine.

6. Bibliografia

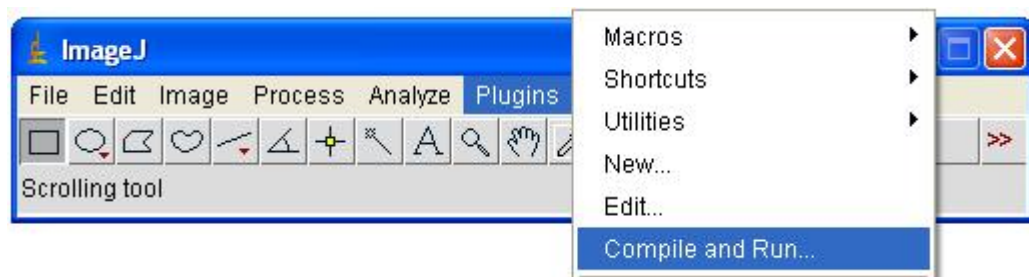
- ImageJ
<http://rsb.info.nih.gov/ij/>
- ImageScience
<http://www.imagescience.org/meijering/software/featurej/>
- CNIPA: Accessibilità
<http://www.cnipa.gov.it/site/it-IT/Attivit%c3%a0/Accessibilit%c3%a0/>
- Punto Informatico
<http://punto-informatico.it/p.aspx?id=1898647&r=PI>
- Manuale di ImageJ
<http://www.dmi.unict.it/~iplab/imagej/downloads/relazione.pdf>
- Accessibilità
http://www.diodati.org/scritti/2002/ipovisione/ipo_02.asp
- Algoritmo di Canny
<http://webuser.unicas.it/tortorella/TTII/PDF2004/estrazione%20dei%20bordi.pdf>

- Dispense del corso di Elaborazione di Segnali e Immagini
<http://www.disi.unige.it/person/BoccacciP/didattica/esi0506.htm>

APPENDICE: Manuale d'uso

1. Installazione

- Avviare ImageJ;
- Selezionare *Plugins>Compile and Run...*



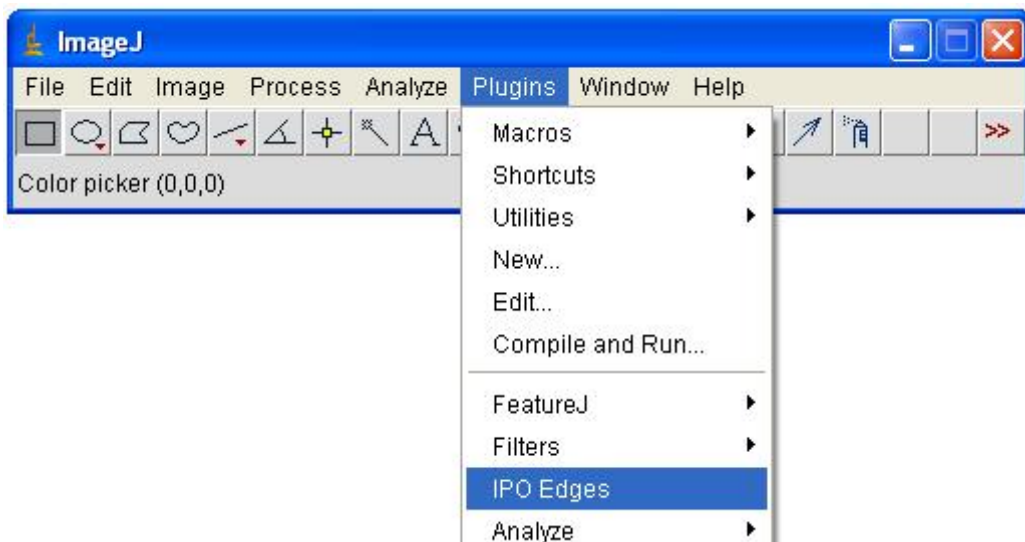
- Selezionare il file IPO_Edges.java;
- Cliccare su *Apri*;
- Selezionare *Plugins>Shortcuts>Install plugin...*



- Selezionare il plugin *IPO_Edges*, il menu *Plugins*, inserire il comando '*IPO Edges*', la shortcut '*f1*' e cliccare su '*OK*'.



- Avviare il plugin *IPO_Edges* selezionando la voce '*IPO Edges*' dal menu *Plugins* o premendo il tasto '*F1*'.



2. Le interfacce

La prima interfaccia (Fig. A1) offre all'utente la possibilità di scegliere la combinazione di colori preferita.



Fig. A1 Interfaccia iniziale di IPO_Edges

La scelta può essere effettuata cliccando con il tasto sinistro del mouse sul bottone prescelto o digitando da tastiera il numero corrispondente. Una volta selezionata la coppia di colori desiderata si aprirà una nuova interfaccia (Fig. A2) dove l'utente ha la possibilità di caricare l'immagine da elaborare, impostare lo spessore del tratto, la quantità di

dettagli da visualizzare, tornare all'interfaccia precedente per cambiare la combinazione di colori, invertire i colori impostati e il bottone per avviare l'elaborazione dell'immagine. La prossima immagine è visualizzata utilizzando la combinazione numero 5 – Bianco/Nero.



Fig. A2 La seconda interfaccia di IPO_Edges

Anche in questo caso le scelte possono avvenire cliccando con il tasto sinistro del mouse sul bottone desiderato o attraverso i seguenti tasti predefiniti:

- 'f' o 'F': spessore "FINE";
- 'm' o 'M': spessore "MEDIO";
- 's' o 'S': spessore "SPESSO";

- 'b' o 'B': quantità "BASSA" di particolari;
- 'n' o 'N': quantità "MEDIA" di particolari;
- 'a' o 'A': quantità "ALTA" di particolari;
- 'l' o 'L': carica l'immagine;
- 'c' o 'C': elaborare l'immagine;
- 'r' o 'R': reimpostare la combinazione di colori;
- 'i' o 'I': invertire la combinazione di colori selezionata.