

Rapporto interno DET 04-02

16 Luglio 2002

Pierluigi Falorni, Lorenzo Capineri, Leonardo Masotti

Studio di metodi di elaborazione automatica di
immagini per il restauro e la conservazione di arazzi.

1. Introduzione	1
2. Caratteristiche principali degli arazzi	3
3. Sistemi di acquisizione	4
3.1 Risoluzione spaziale	4
3.2 Riproduzione dei colori	4
3.3 Procedura per l'acquisizione dell'immagine	6
3.3.1 Illuminazione	6
3.3.2 Contrasto posteriore	8
3.3.3 Posizione di ripresa	9
3.4 Dispositivi di acquisizione	10
3.4.1 Foto ottica (diapositiva) e scanner	10
3.4.2 Foto digitale	11
3.4.3 Scanner di grandi dimensioni	12
4. Algoritmi di tratteggio	13
4.1 Analisi semantica	13
4.2 Analisi non semantica	13
4.2.1 Trasformazione RGB→HSV	13
5. Mappatura dei danni	19
6. Dettaglio acquisizioni	20
6.1 Acquisizione 1	20
6.2 Acquisizione 2	21
7. Conclusioni	22
8. Ringraziamenti	23

1. Introduzione

Il restauro e la conservazione degli arazzi richiede progetti specifici adattati alle caratteristiche peculiari delle opere. Una delle fasi propedeutiche al vero e proprio restauro di un arazzo e' costituita dalla documentazione grafica dello stato di conservazione dell'opera.

Questa e' necessaria per rappresentare in modo sintetico e facilmente individuabile le zone che presentano lacune, degrado, vecchi interventi di restauro o comunque abbiano rilevanza dal punto di vista della conservazione.

La rappresentazione grafica e' ottenuta rilevando manualmente i contorni essenziali delle figure, di solito a partire da ingrandimenti fotografici dell'intero arazzo (tipicamente in scala 1:6). Piu' raramente o nel caso di particolari necessità di documentazione, si ricorre al rilievo direttamente sull'arazzo. Sul disegno che si ottiene vengono mappate le aree di interesse, che sono poste in evidenza con campi di colore o motivi grafici facilmente associabili alla tipologia di degrado. La stessa mappa serve poi anche per rappresentare le aree su cui si e' intervenuti, nonche' le tipologie d'intervento adottate sulle diverse aree.

Il rilievo dei contorni realizzato in questo modo ha i seguenti svantaggi:

1. Tempo di esecuzione elevato (arazzi di grandi dimensioni dai 15 ai 35) m² e con figure complesse)
2. Soggettività dell'esecuzione
3. Difficoltà a trasferire il lavoro effettuato su supporti di memoria digitale
4. Mancanza di caratteristiche quantitative (tessitura, colori) delle varie zone del rilievo.

Per questi motivi e' stato fatto uno studio preliminare per capire le potenzialità di nuove tecnologie di acquisizione e di elaborazione elettronica delle immagini che potrebbero non solo semplificare questa fase del lavoro, ma anche migliorarne il contenuto informativo. La disponibilità di immagini in forma elettronica permette di effettuare indagini quantitative come l'estrazione dei contorni o il confronto di caratteristiche morfologiche o cromatiche di varie zone dell'arazzo. Tali metodi

potrebbero essere anche utilizzati per il monitoraggio dello stato di conservazione a lungo termine, confrontando immagini acquisite in tempi successivi.

Infine si deve considerare il costo contenuto dei sistemi di acquisizione e scansione ottica commerciali a fronte di caratteristiche tecniche sempre in miglioramento. Le richieste di potenza di calcolo e larghezza di memoria per effettuare tali elaborazioni non sono ormai un fattore limitante per l'applicazione delle tecniche di elaborazione elettronica dell'immagine.

2. Caratteristiche principali degli arazzi

Al fine di comprendere le caratteristiche delle immagini ottiche degli arazzi è utile ricordare alcune delle caratteristiche principali della loro manifattura.

L'arazzo è il risultato di una tessitura caratterizzata da elementi tecnici semplici e variabili che, opportunamente combinati fra loro nell'abile intreccio dei differenti filati, concorrono a caratterizzare e a rendere unico ciascun manufatto [vedi Carla Molin Pradel, "La tecnica e il linguaggio degli arazzi", Catalogo della mostra "Gli arazzi dei Farnese e dei Borbone", Electa, Milano, 1998, isbn 88-435-6671-7]. La struttura di fondo è costituita dall'insieme dei fili di ordito, paralleli fra loro. La costruzione dell'immagine è ottenuta dall'evoluzione nello spazio dei filati colorati (trama) che opportunamente accostati si intrecciano con l'ordito fino a ricoprirlo completamente.

La peculiarità dell'arazzo è senza dubbio l'aspetto materico duttile, vibrante, variato della superficie, ottenuto dall'impiego di filati di diversa natura. Proprio questo fa sì che le caratteristiche ottiche dell'arazzo varino nelle diverse zone della superficie.

Ad esempio, l'impiego della seta rende la superficie più compatta ed uniforme, mentre la lana produce un effetto di superficie più irregolare ed opaca.

Altri materiali, come i filati metallici rendono alcune zone dell'arazzo molto più riflettenti di altre.

Queste ed altre caratteristiche sono in genere analizzate nella fase di restauro e riportate nelle schede descrittive dell'arazzo. Tuttavia ci si limita ad un'analisi qualitativa dal punto di vista ottico e cromatico mentre senza l'ausilio di tecnologie di acquisizione ed elaborazione elettronica potrebbe aumentare di molto la profondità dell'analisi ed aprire a nuove prospettive in questo campo. Dunque, riassumendo i parametri fondamentali che influiscono sulle caratteristiche ottiche di un arazzo sono:

- Natura e titolo dei filati
- Qualità della grana della tessitura
- Riduzione in trama e in ordito (numero di passate per cm).
- Varietà cromatica

3. Sistemi di acquisizione

Le caratteristiche del sistema di acquisizione e le relative procedure operative devono essere compatibili con gli obiettivi che si vogliono raggiungere: in questo caso, si desidera verificare la possibilità di tratteggiare le figure più importanti presenti sull'arazzo ed ottenere una prima individuazione delle aree danneggiate.

3.1 Risoluzione spaziale

In termini di risoluzione spaziale, la ricerca delle aree danneggiate risulta vincolante: infatti, poiché i danneggiamenti sono relativi ad una parziale (o totale) consunzione della trama, è necessario campionare l'immagine del filato per assicurarsi di avere tutte le informazioni necessarie ad individuare le zone danneggiate.

Poiché i sistemi di acquisizione comunemente usano indicare la risoluzione spaziale in *dpi* (dot per inches) allora abbiamo che, se il filato ha una sezione di N millimetri, il passo di quantizzazione spaziale necessario (in accordo con il teorema di Shannon) è dato in Equazione 1.

$$dpi = \frac{25.4}{N} * 4$$

Equazione 1 – Passo di quantizzazione, espresso in dpi, per acquisire una immagine con filato di sezione pari ad N mm.

3.2 Riproduzione dei colori

In sede di elaborazione, non è necessario che i colori vengano riprodotti in maniera *fedele*; questo perché lo scopo ultimo non è la *riproduzione*, bensì l'*analisi* dell'immagine, che quindi può essere condotta anche su colori falsati (pseudocolori). Naturalmente, questo ragionamento è valido finché l'analisi che si conduce è *non semantica*, ovvero finché non si richiede di attribuire significato alle aree colorate che compaiono sull'immagine.

Ben più importanti risultano caratteristiche come la *stabilità* e la *rumorosità*.

Per *stabilità* si intende la capacità di mappare lo stesso colore sulla stessa terna RGB benché inserito in contesti diversi.

Per *rumorosità* si fa riferimento alla usuale distorsione più o meno casuale del segnale.

Naturalmente, siamo interessati a dispositivi che abbiano alta stabilità e bassa rumorosità.

A titolo di esempio, mostriamo in Figura 1 un particolare della Acquisizione 1 (vedi paragrafo 6.1) in cui si nota una forte distorsione nel colore ai bordi delle zone bianche; in particolare, notiamo che la zona superiore della macchia bianca tende a virare verso il blu, mentre la zona inferiore tende a virare verso il rosso. Purtroppo, questo comportamento non è stazionario: in un'altra zona della Acquisizione 1 (Figura 2) la situazione è esattamente invertita. Questo fatto complica notevolmente l'interpretazione della causa di questa forma di alterazione cromatica che è tuttora allo studio.

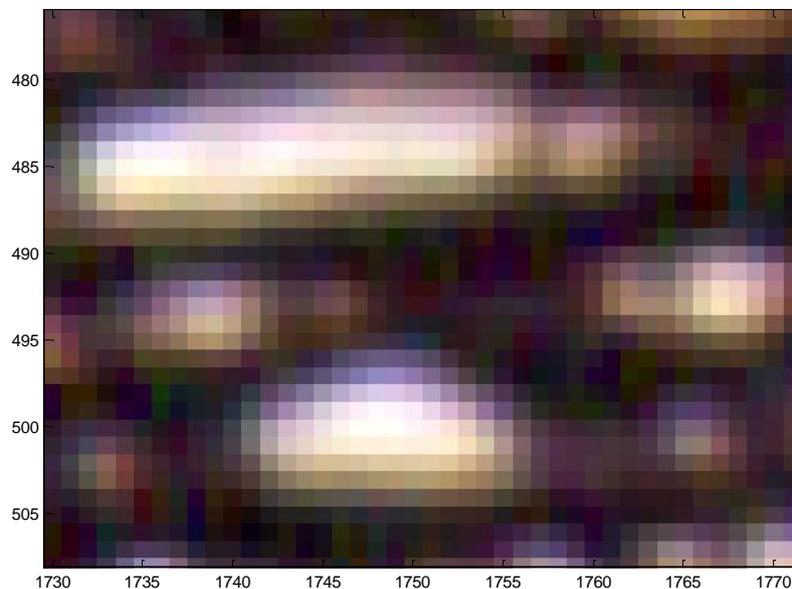


Figura 1 – Primo dettaglio dell'Acquisizione 1

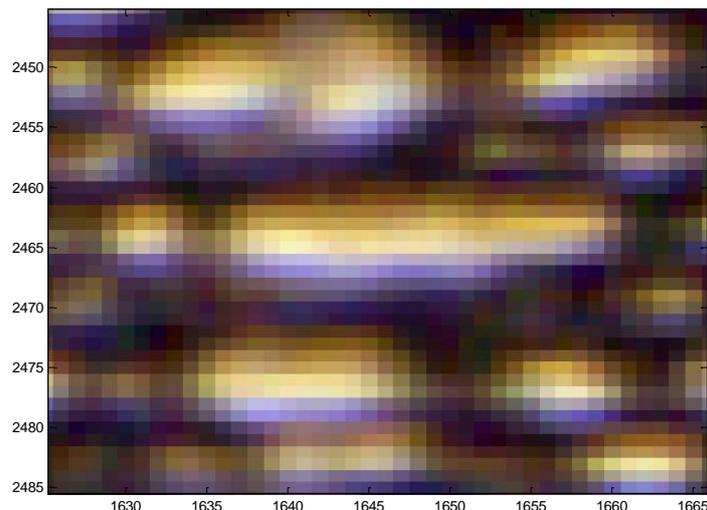


Figura 2 – Secondo dettaglio dell' Acquisizione 1

3.3 Procedura per l'acquisizione dell'immagine

In questa fase si effettua il primo rilievo della superficie dell'arazzo mediante una delle due tecniche proposte al paragrafo 3.4 (foto ottica o digitale); allo scopo di ottenere la massima quantità/qualità di informazione, si devono seguire certi precetti.

Dall'analisi della Acquisizione 1 si possono derivare alcune indicazioni atte a massimizzare il buon esito dell'elaborazione.

3.3.1 Illuminazione

L'area da trattare deve essere illuminata uniformemente e la sorgente deve avere una temperatura di colore sufficientemente alta da coprire lo spettro dei colori riprodotti sull'arazzo. Particolare attenzione deve essere posta nella scelta della direzione di provenienza del fascio luminoso: infatti, a causa della struttura in rilievo della tela, c'è la tendenza a formare ombre dipendenti dall'angolo formato dal fascio luminoso. Questo effetto è chiaramente visibile in Figura 3 dove si riconosce l'ombra scura formata dal filato di ordito.

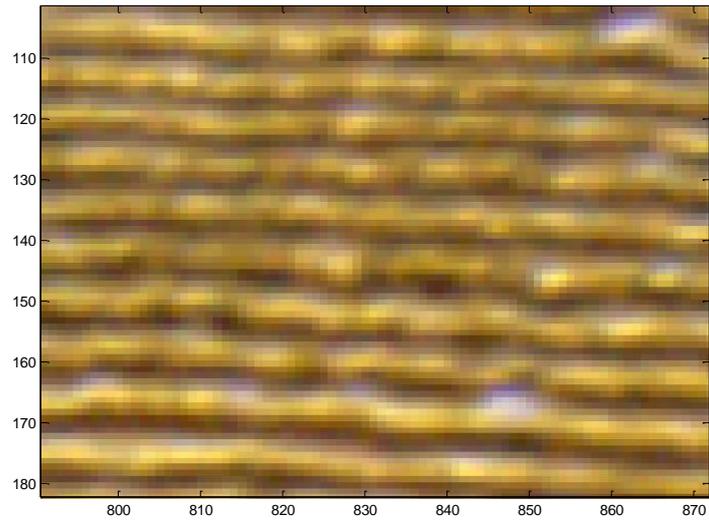


Figura 3 – Terzo dettaglio di Acquisizione 1

Pertanto, si consiglia di effettuare le acquisizioni con le seguenti condizioni di illuminazione:

- Luce diffusa al 100%
- 90° rispetto al piano dell'arazzo
- Parallela ad ordito, 45° rispetto al piano dell'arazzo
- Parallela ad trama, 45° rispetto al piano dell'arazzo

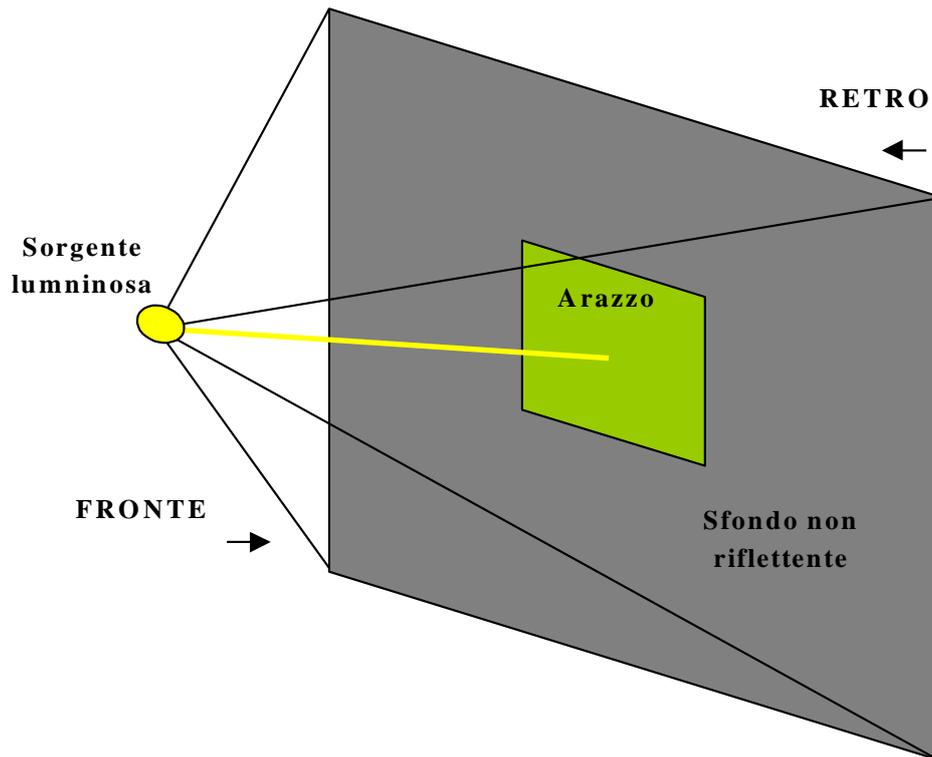


Figura 4 – Schema di illuminazione con raggi a 90° rispetto alla zona centrale dell'area dell'arazzo

3.3.2 *Contrasto posteriore*

L'arazzo essendo caratterizzato dalla propria trama può essere considerato un tessuto non completamente opaco, per cui lascia passare una parte della luce incidente. In pratica, l'immagine che si acquisisce stando *davanti* (ovvero nel semispazio con le sorgenti di illuminazione) è il risultato della somma tra la riflessione della luce incidente sull'arazzo e quella riflessa dal piano di appoggio attraverso le aperture tra le maglie del filato; questa seconda componente può degradare le prestazioni dell'elaborazione, se di forte intensità laddove c'è assenza di tela (o tela logorata), tende a saturare il sistema di acquisizione con conseguente riduzione della dinamica. Questo effetto è chiaramente visibile in Figura 5 dove si possono notare alcune zone fortemente bianche disposte trasversalmente. Inoltre, la luce bianca proveniente dal retro tende a ridurre la saturazione delle tinte presenti sulla figura, che quindi risultano meno discriminabili.

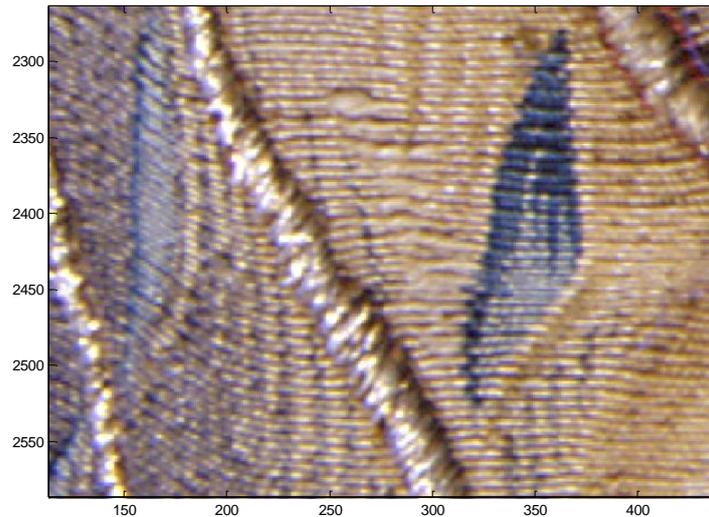


Figura 5 – Quarto dettaglio dell'Acquisizione 1

Infine, è anche possibile che emergano dettagli che fanno del supporto sul retro della tela, come nodi, pezze di sostegno aggiunte o altro.

Per evitare l'insorgere di questi effetti, durante l'acquisizione si dovrebbe poggiare l'arazzo su un piano di appoggio non riflettente (per esempio nero opaco).

3.3.3 Posizione di ripresa

In base alle caratteristiche della parte ottica del dispositivo di acquisizione primaria, è bene seguire alcune semplici norme; naturalmente, queste si applicano solo al caso in cui l'acquisizione primaria si effettua con un qualche tipo di apparecchio fotografico.

Lo scopo è, ovviamente, minimizzare le possibilità di fenomeni di distorsione cromatica o geometrica: quindi, principalmente si deve disporre di ottiche di buona qualità.

L'inquadratura deve essere tale da comprendere un'area di circa il 10% maggiore di quella interessata, mentre la posizione di ripresa deve essere impostata in modo tale da utilizzare solo la parte centrale delle lenti incluse nell'ottica; questo perché le aree periferiche sono generalmente più soggette a fenomeni di distorsione cromatica

dovuti alla dipendenza dalla lunghezza d'onda dell'indice di rifrazione: se la deviazione è piccola, come nel caso delle zone centrali della lente, allora tale effetto è trascurabile; per questo motivo è opportuno effettuare le riprese da grande distanza usando un teleobiettivo.

Inoltre a distanza ravvicinata il piano della pellicola approssima male la porzione di sfera inquadrata. Questo fenomeno dà luogo ad una tipica distorsione geometrica facilmente identificabile in scatti effettuati con obiettivi grandangolari tipo *fish eye*.

Quindi, è preferibile mantenere un angolo di ripresa piccolo, ovvero effettuare la foto da lontano con un teleobiettivo.

3.4 Dispositivi di acquisizione

Il sistema di acquisizione è in ultima analisi composto da una catena di componenti ognuno dei quali contribuisce a determinare il contenuto informativo dell'immagine finale (ad esempio in un formato standard bitmap-RGB). E' importante capire che la qualità dell'acquisizione dipende da tutte le fasi intermedie e da come queste interagiscono tra loro. In generale possiamo dire che un numero grande di fasi intermedie dà luogo ad un risultato peggiore.

3.4.1 Foto ottica (diapositiva) e scanner

Un metodo possibile consiste nell'acquisire l'intera immagine con una macchina fotografica di alta qualità su pellicola a colori per diapositive (possibilmente formato 60x60 mm) e poi digitalizzarla con uno scanner. In questo processo si devono tenere presente i seguenti parametri:

1. Risoluzione della pellicola
2. Risposta in frequenza di ogni componente-colore della pellicola
3. Distorsione geometrica dell'ottica
4. Distorsione cromatica dell'ottica

3.4.2 Foto digitale

Le caratteristiche della macchina digitale di tipo commerciale utilizzata per acquisire le immagini elaborate in questo lavoro sono riportate di seguito:

Olympus C-2500L,

- Tipo: Fotocamera Reflex Digitale con obiettivo Zoom 3X e monitor LCD TFT da 4,5 cm.
- Supporto di memorizzazione: Schede removibili Smart Media da 3,3V (2, 4, 8, 16, 32 MB), una scheda da 8MB è compresa nella confezione; Compact Flash.
- Numero immagini memorizzabili su scheda da 8 MB: 1 (SHQ, non compresso), 4 o più (SHQ, 1/2,3), 13 o più (HQ, 1/8), 17 o più (SQ, 1/8, SXGA), 49 o più (SQ, 1/8, VGA).
- Compressione: JPEG (DCF), TIFF (non compresso).
- Sensore: CCD a scansione progressiva da 2/3"; 2,5 milioni pixel (totale), 2,3 milioni pixel (effettivi).
- Registrazione Immagine: 1.712 x 1.368 pixel (SHQ compresso/ non compresso, HQ), 1.280 x 1.024 pixel (SQ, SXGA), 640 x 512 pixel (SQ, VGA).
- Bilanciamento del bianco: Automatico TTL, Manuale (6 impostazioni), one-touch. con riferimento
- Obiettivo: Olympus 9.2-28 mm F2.8-3.9, 7 elementi in 7 gruppi, lenti in vetro con elemento asferico. (Equiv. a 36-110mm nello standard 35mm)
- Misurazione luce: TTL media centrale con prevalenza al centro, spot.
- Controllo esposizione: Automatica programmata (+/- 2 EV con step di compensazione di 1/3 EV, compensazione disponibile in modalità flash).
- Diaframma: Grandangolo: F2.8 o F5.6, Tele: F3.9 o F7.8, impostazione manuale possibile.
- Otturatore: 1/2 - 1/10.000 sec.; elettrico automatico, 8 –1/10.000 sec.; impostazione manuale possibile.
- Messa a fuoco: Autofocus TTL, Quick-focus (infinito e distanze selezionate).
- Distanza fuoco: 2 cm -60 cm (super macro), 30 - 60 cm (macro) 60 cm – infinito.
- Sensibilità: Equivalente a ISO 100, 200 o 400 selezionabile.
- Mirino: Mirino ottico reflex.
- Monitor LCD: TFT (HAST) a colori da 4,5 cm con 122.000 pixel, con luminosità regolabile
- Flash: Flash incorporato (a scomparsa).
- Modalità flash: Auto, Off, Riduzione occhi rossi, Fill-in (sincro sulla 2a tendina, possibilità impostazione effetto).
- Distanza flash: 0.3 - 3,6 m (grandangolo); 0,3 - 2,5 m (tele).
- Sequenza: Fino a 5 immagini (possibile in modalità normale).
- Autoscatto: Con 12 secondi di ritardo, con telecomando 2 secondi di ritardo.
- Modalità display: Fotogramma singolo, "Presentazione diapositive", Indice (4, 9 fotogrammi).
- Stampa diretta con P-300E, 330E e 150E: Non disponibile (solo tramite schede SmartMedia con P-330E).
- Connettori: Ingresso alimentatore, In/Out digitale RS232C, uscita video, slitta flash.
- Alimentazione: Principale: 4 batterie AA NiMH (in dotazione), NiCd, alcaline..

-
- Data/Ora/Calendario: Registrate insieme alla fotografia. Impostazione automatica fino all'anno 2030.
 - Dimensioni: 109 x 79.5 x 128.2 mm (LxAxP)
 - Peso: Circa 480 g (senza batterie e scheda)



Il metodo di acquisizione con macchine digitali è limitato come prestazioni dall'ottica della macchina e dalla risoluzione del sensore che può acquisire solo una porzione dell'arazzo. In effetti si potrebbe ricomporre l'immagine globale con più acquisizioni riallineate mediante dei marcatori ottici apposti sull'arazzo stesso.

3.4.3 Scanner di grandi dimensioni

Esistono sistemi di scansione di grandi dimensioni basati su telecamere a colori ad alte prestazioni (>1000 dpi, 12 bit risoluzione RGB) montate su sistemi di scansione meccanica X_Y aventi accuratezza pari almeno alla metà della distanza fra due fili adiacenti (tipicamente 0.2 mm). Un esempio di scanner ad alta risoluzione sviluppato nell'ambito del progetto MUSA per le applicazioni nel campo dei beni culturali è il "Vasari Scanner" (vedi scheda: <http://www.ecs.soton.ac.uk/~km/projs/vasari/musa.html>).

4. Algoritmi di tratteggio

Lo scopo finale di questi algoritmi è fornire una versione estremamente semplificata dell'immagine originale in cui si hanno due soli colori, uno per lo sfondo (bianco) ed uno per il contorno delle parti in primo piano (nero). In particolare, le zone in nero devono avere uno sviluppo lineare, ovvero rappresentare i contorni principali delle figure presenti sull'immagine.

4.1 Analisi semantica

Con questo termine si intende indicare l'insieme delle tecniche che permettono di classificare le forme presenti sull'immagine una volta che queste siano state estratte con una qualche tecnica di segmentazione; naturalmente, tra segmentazione e classificazione esiste un forte interscambio di informazioni, nel senso che l'una guida l'esecuzione dell'altra e vice versa.

4.2 Analisi non semantica

Con questo termine si intende indicare l'insieme delle tecniche che permettono di suddividere l'immagine in un insieme di aree omogenee rispetto ad una proprietà (segmentazione).

Nel nostro caso useremo come criterio discriminante la tinta dell'area.

4.2.1 Trasformazione RGB→HSV

Le varie zone che compongono la scena riprodotta sull'arazzo sono facilmente individuabili dall'osservatore umano, il quale discrimina in base al colore; per riprodurre questa capacità in maniera automatica, è necessario effettuare un cambiamento di base per utilizzarne una più vicina alla *percezione umana dei colori*.

Si adotta allora la rappresentazione HSV, nella quale le tre componenti rappresentano:

H Hue, rappresenta la nozione di *tinta* ovvero la frequenza della radiazione associata al colore, andando dal rosso (0) fino al violetto (1).

S Saturation, rappresenta la frazione di *bianco* usata per diluire la tinta; un valore pari a uno indica saturazione massima, ovvero niente (0%) bianco. Un valore pari ad zero indica solo bianco (100%); in corrispondenza di questo valore di saturazione si hanno i toni di grigio.

V Value, rappresenta l'intensità della radiazione; un valore pari a zero indica il buio (nero) mentre un valore pari ad uno indica l'illuminazione infinita, per cui è possibile il solo bianco.

In pratica, si calcola l'istogramma di frequenza sul piano di tinta (H) dal quale ci aspettiamo di individuare un certo numero di picchi corrispondenti alla presenza sull'arazzo delle relative colorazioni. Si sceglie sull'istogramma la tinta (intervallo di valori che compongono il picco) da tratteggiare e si crea una nuova immagine i cui pixel sono tutti zero tranne quelli che hanno sul piano H il valore di tinta nell'intervallo scelto, che vengono posti ad uno.

Si effettua una ripulitura con un algoritmo di erosione, si applica un'elaborazione basata sul gradiente e se ne visualizza la combinazione OR delle due componenti.

Di seguito un esempio basato sulla Acquisizione 2 la cui risoluzione è stata ridotta al 20% dell'originale.



Figura 6 - Acquisizione 2 con risoluzione ridotta al 20% (509x509 pixels)

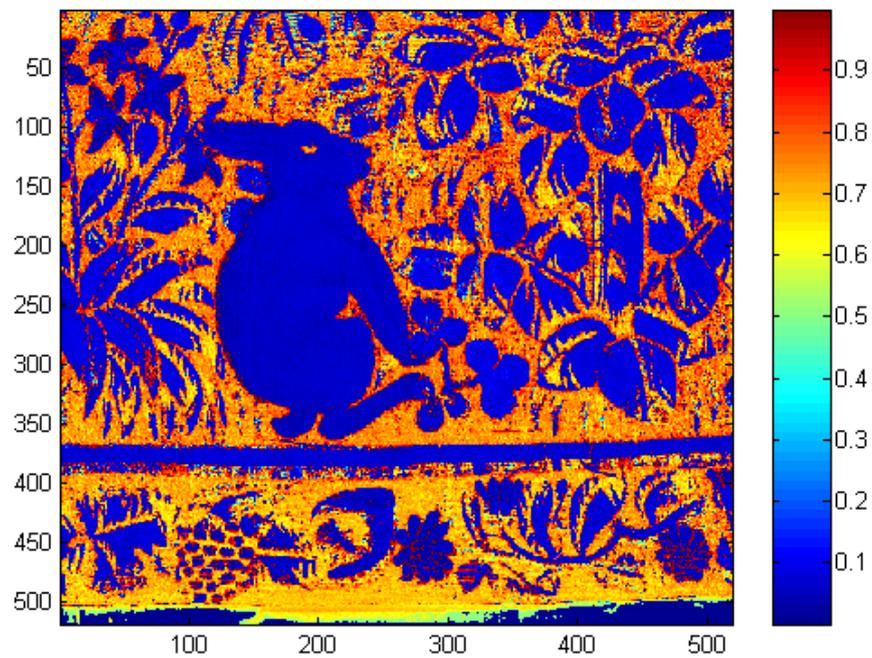


Figura 7 – Piano H di figura 5

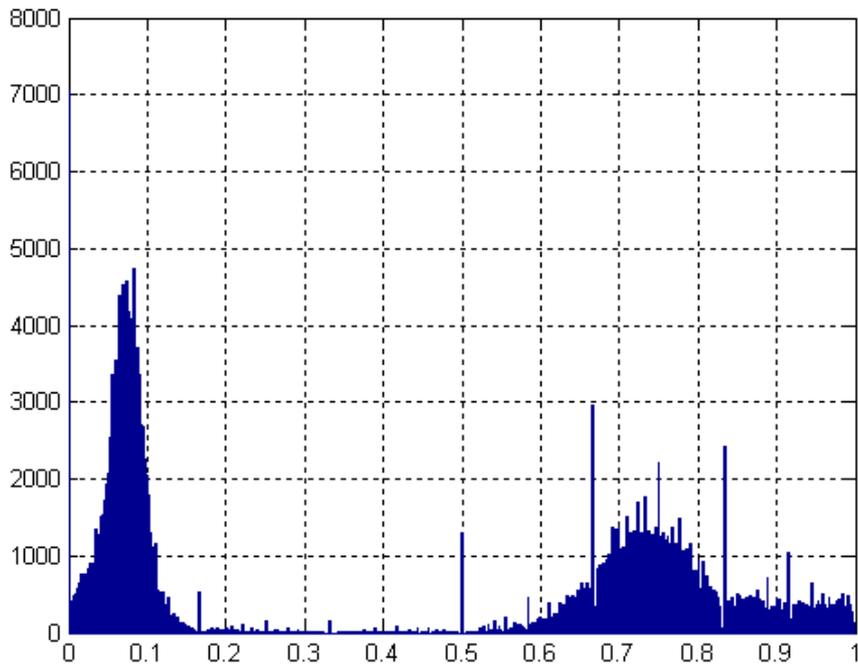


Figura 8 – Istogramma di frequenza dei valori della tinta (H) riportati in Figura 7

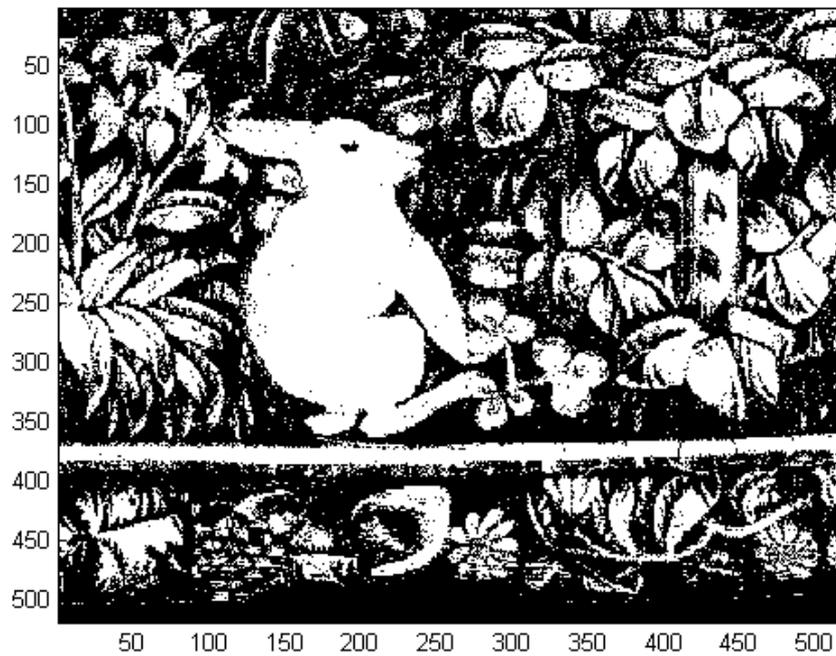


Figura 9 – I pixel riportati con colore bianco corrispondono ai valori nell'intervallo 0.02 e 0.11 di H



Figura 10 – Risultato dopo il processo di erosione applicato alla Figura 9

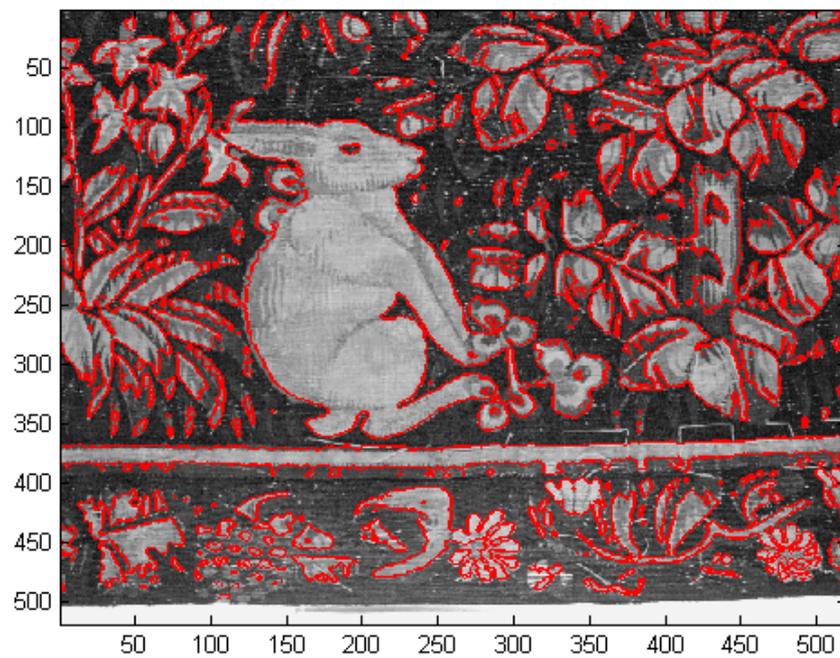


Figura 11 – In rosso, i bordi di Figura 10 calcolati usando un metodo di elaborazione basato sul calcolo del gradiente

Poiché l'istogramma dei valori di H in Figura 8 mostra una seconda zona di tinte significative tra 0.62 e 0.84, è sempre possibile eseguire una seconda ricerca di contorni basata sulle aree definite da tale intervallo di tinte. Così facendo, otterremo una seconda figura tratteggiata (vedi Figura 12), in parte sovrapposta al tratteggio mostrato in Figura 11 ed in parte contenente nuovi bordi.

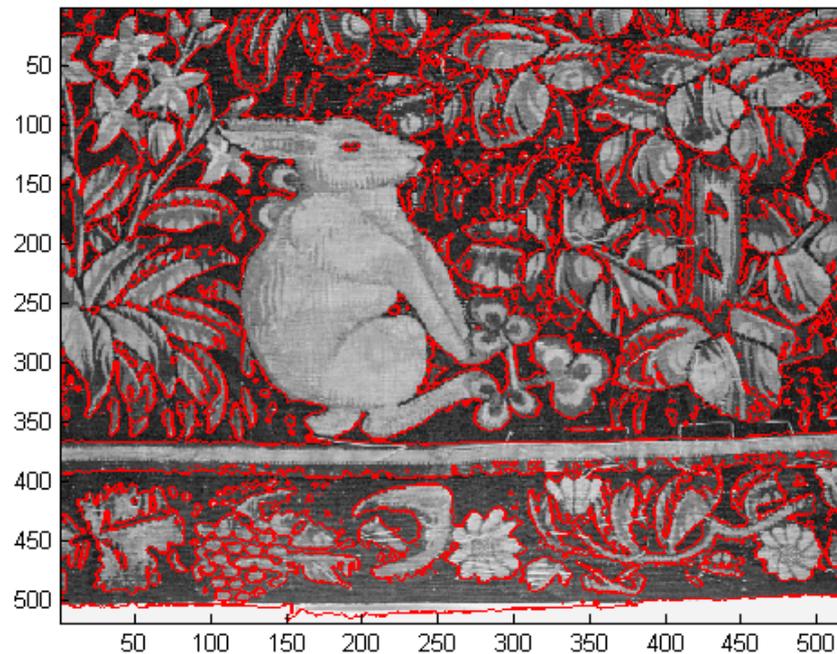


Figura 12 – Bordi di Figura 10 relativi ai valori di H nell'intervallo 0.62→0.84

Un'altra possibilità offerta dall'elaborazione elettronica è quella di potere selezionare da parte dell'utilizzatore il livello di dettaglio dei contorni estratti, introducendo una soglia sul numero di pixel di ogni contorno chiuso. Inoltre sempre elettronicamente ogni contorno può essere identificato da un codice di riconoscimento che può contenere anche un indicatore del tessuto contenuto all'interno di tale contorno.

5. Mappatura dei danni

Gli arazzi antichi possono avere la tela danneggiata in diverse maniere; se ne identificano essenzialmente cinque:

1. Assenza di alcuni fili di trama
2. Assenza di alcuni fili di ordito
3. Sgranatura della trama
4. Sgranatura dell'ordito
5. Alterazione del colore del filato

Le prime quattro possono essere identificate mediante analisi in frequenza (Fourier o Wavelet) di piccole aree di tela effettuate sulla componente V (luminosità) della decomposizione HSV. Infatti, le riprese effettuate in condizioni di luce non diffusa mostrano il pattern del filato ripetuto periodicamente; tale ripetizione è modificata da un difetto del tipo 1,2,3,4, in quanto resta alterata la struttura del filato stesso.

Quindi in frequenza si dovrebbero notare i picchi delle ripetizioni periodiche nel caso di tela intatta ed una migrazione, nel caso di danneggiamenti tipo 3 e 4, oppure riduzione degli stessi nel caso di danneggiamenti tipo 1 e 2.

Il difetto di tipo 5 è più complesso da identificare, a meno che non si verifichi una alterazione riconoscibile nella saturazione del colore di una zona avente tinta uniforme; ovviamente, questo metodo è soggetto a falsi allarmi nel caso in cui si abbiano sulla tela due colori validi che differiscono sul valore di saturazione.

6. Dettaglio acquisizioni

6.1 Acquisizione 1

- Descrizione arazzo: “Un torneo” della serie “Le feste dei Valois”, Galleria degli Uffizi, manifattura Bruxelles, metà 16° secolo.
- Nome file: arazzo4.tif
- Foto ottica formato 6x6cm su diapositiva
- Tipo di illuminazione: solare naturale
- Angolo di incidenza della luce sulla tela: non stimato
- Parte posteriore scoperta
- Digitalizzazione diapositiva: 1000 dpi
- Area coperta: 2600x2600 pixels
- NOTE: Presenti le retine per il restauro



Figura 13 - Acquisizione 1: 2600x2600 pixels

6.2 Acquisizione 2

- Descrizione arazzo: Arazzo millefiori detto dell'Adorazione, Cattedrale di S. Zeno, Pistoia, manifattura fiamminga, inizio 1500.
- Nome file: arazzo3.tif
- Foto ottica formato 6x6cm su diapositiva
- Tipo illuminazione: solare naturale
- Angolo di incidenza della luce sulla tela: non stimato
- Parte posteriore scoperta
- Digitalizzazione diapositiva a 1000 dpi
- Area coperta: 2600x2600 pixels



Figura 14 - Acquisizione 2: 2600x2600 pixels

7. Conclusioni

- Sono state individuate alcune procedure per garantire delle condizioni ottimali di illuminazione.
- Sono state definite le condizioni di lavoro per una corretta acquisizione con macchine digitali e sono state definite anche delle procedure per utilizzare tecniche tradizionali basate su fotografie su pellicola seguite da una digitalizzazione della pellicola con scanner commerciali.
- L'analisi di Fourier di alcuni esempi di immagini a colori di arazzi, ha mostrato alcune caratteristiche legate alla trama dell'arazzo. Inoltre l'analisi dei colori in componenti HSV ha rivelato che per ogni area esistono delle componenti distinte, che sono state poi utilizzate per realizzare gli algoritmi di estrazione dei contorni. Questo è avvalorato dalla considerazione che la tavolozza utilizzata dei colori dei filati era limitata a pochi colori.
- Sono stati sviluppati algoritmi per l'estrazione automatica dei contorni che hanno rivelato una accuratezza molto buona su aree dell'arazzo con figure complesse ma con un livello di danneggiamento limitato
- Gli sviluppi futuri riguardano la possibilità di utilizzare uno scanner a colori con un sensore calibrato per un'analisi quantitativa dei colori. Anche le condizioni d'illuminazione potrebbero essere ulteriormente indagate con sistemi avanzati di illuminazione a spettro di emissione controllato.

8. Ringraziamenti

Si ringrazia la Sig.ra Carla Molin Pradel, responsabile della ditta Artes di Firenze, per avere contribuito e stimolato questo lavoro.