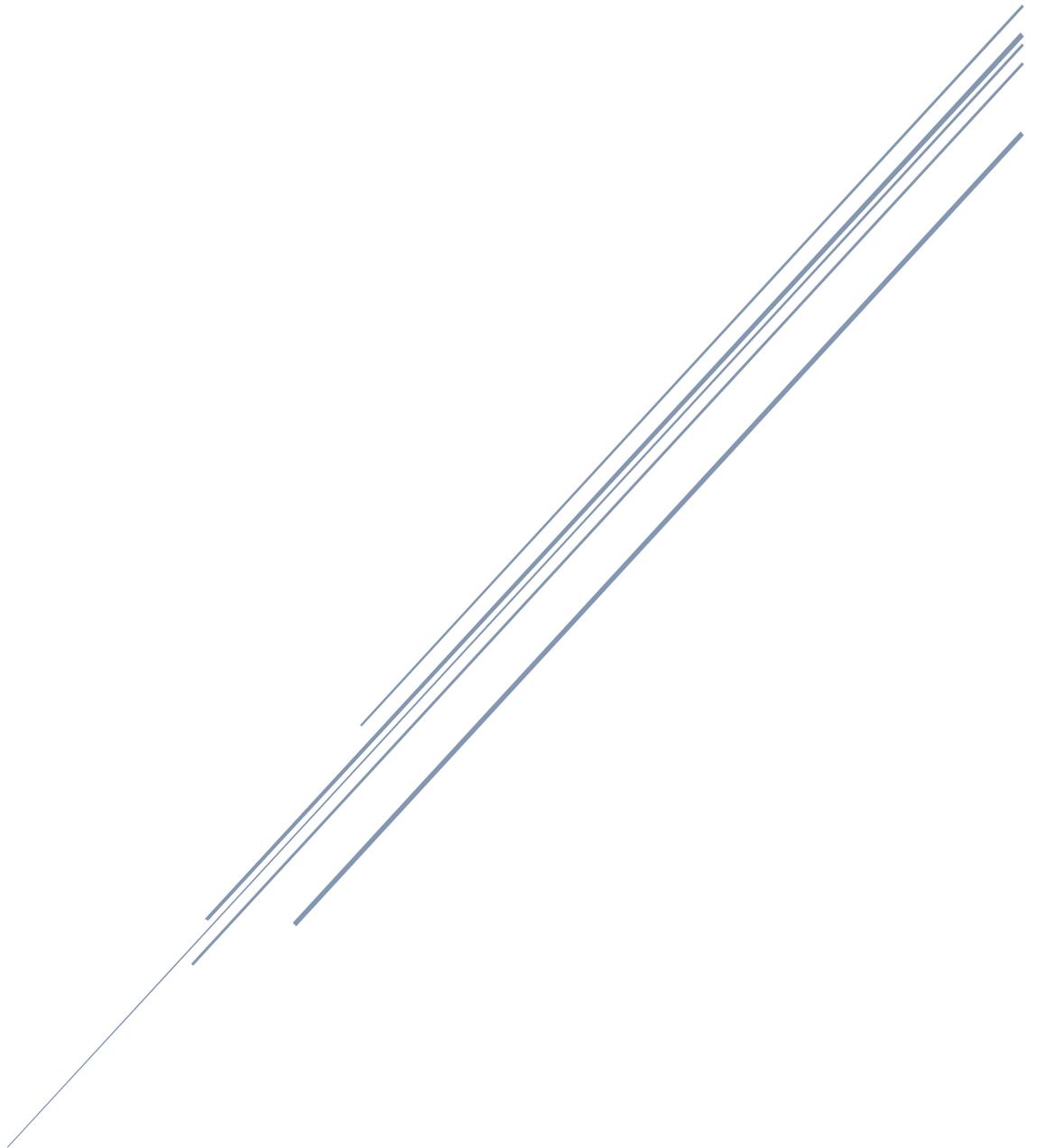


UN QUADRO IN DIGITALE

3D Graphics: Visual Appearance and Reflectance



Alessandro Andrea Bendinelli
Seminario di Cultura Digitale 2012/2013

Indice

Indice delle figure.....	1
Rappresentazione digitale.....	2
RTI e Immagini Re-Illuminabili.....	4
“Vecchia marina”: un esempio di RTI-PTM.....	8
Il quadro.....	8
L’acquisizione della rappresentazione digitale.....	8
Conclusioni.....	12
Riferimenti.....	13

Indice delle figure

Figura 1 Rappresentazione dell'apparenza visiva delle RTI.....	6
Figura 2. Il quadro "Vecchia marina".....	8
Figura 3. Luce direzionale.....	9
Figura 4. Pallina riflettente.....	9
Figura 5. Posizionamento.....	9
Figura 6. Supporto.....	9
Figura 7. Samsung Galaxy S3.....	9
Figura 8. Set fotografico.....	9
Figura 9. Prove iniziali, test vari e primi tentativi.....	10
Figura 10. Cornice ricoperta.....	10
Figura 11. Cellulare in orizzontale.....	10
Figura 12. Pallina vicina al quadro.....	10
Figura 13. Gli highlight.....	11
Figura 14. Post-processing: LPTracker, ritaglio e PTMFitter.....	11
Figura 15. Demo e risultato finale con RTIViewer.....	11

Rappresentazione digitale

La possibilità di riprodurre in formato digitale un oggetto o un'opera di un certo valore storico-artistico è molto importante al giorno d'oggi, poiché la realtà moderna è quasi del tutto incentrata sui computer e ogni dispositivo digitale è diventato una componente fondamentale della vita quotidiana. Nell'ambito dei Beni Culturali e in tutti quei settori come la pittura, la scultura, la numismatica, il restauro, l'archeologia, il turismo ecc. l'obiettivo primario di questo processo di "digitalizzazione dell'informazione" può assumere molte forme distinte: infatti, è possibile ottenere una semplice immagine fotografica di un'opera o una sua presentazione in grande stile, attraverso un vero e proprio video, oppure è possibile spingersi ben oltre fino ad arrivare alla realizzazione di modelli 3D, che permettono all'osservatore il movimento a 360° all'interno di una scena.

Questi ultimi rappresentano la vera novità nel campo della grafica digitale moderna, grazie all'evoluzione tecnologica che hanno avuto i computer e, soprattutto, le schede grafiche negli ultimi anni. In particolare, a partire da un comune oggetto, che può essere una statua o un quadro o una semplice moneta, e con opportuni processi di digitalizzazione è possibile ottenere dei risultati molto buoni o, addirittura, di qualità estremamente elevata.

Cosa è usato per memorizzare e rappresentare questi risultati? I dati finali non sono altro che un insieme di punti geometrici, chiamati anche "nuvola di punti" nello spazio tridimensionale, ovvero sono la vera digitalizzazione dell'oggetto di interesse.

Considerando solamente questi punti così come sono, però, non è possibile descrivere in dettaglio la reale geometria dell'oggetto e, quindi, non è ancora possibile parlare di una "vera" rappresentazione digitale: infatti, per estrapolare tutte le informazioni della superficie dell'oggetto e avere come risultato finale un modello 3D accurato, è necessario integrare queste coordinate spaziali con modelli matematici specifici basati, ad esempio, sulla triangolazione della complessa nuvola di punti.

Di conseguenza, tutti i punti vengono raggruppati secondo uno schema matematico preciso e tale organizzazione prende il nome di "mesh". Usare una mesh, cioè una struttura poligonale, di tipo triangolare è un approccio molto frequente, perché le schede grafiche moderne sono altamente specializzate e parallelizzate nel calcolo di strutture dati di questo tipo. Purtroppo non tutti gli oggetti del mondo reale possono essere approssimati con triangoli e, in questi casi, sono utilizzate delle alternative più solide e valide: ad esempio, i segmenti sono utilizzati per rappresentare i peli, i capelli e la barba oppure i punti sono l'elemento base per descrivere sistemi di natura particellare.

Nei Beni Culturali, il campo di applicazione di queste tecniche è molto vasto e in rapida espansione, poiché sfruttare le potenzialità del mondo digitale è considerato sia un modo innovativo per presentare un'opera sia un nuovo strumento di supporto per gli esperti del settore. In questo preciso contesto, perciò, la rappresentazione sotto forma di modello tridimensionale digitale è utile per:

- mostrare e presentare un oggetto in maniera diversa e insolita;
- analizzare eventuali cambiamenti strutturali di un'opera o monitorare eventi che possono rovinarla;
- fornire un supporto al restauro e alla ricostruzione di oggetti gravemente danneggiati;
- effettuare un rendering non foto-realistico, cioè ottenere maggiori informazioni attraverso tecniche e processi che simulano una luce non naturale sull'oggetto;
- stampare oggetti direttamente in 3D.

Una volta definita cosa sia una rappresentazione digitale di un oggetto, il principale problema è come ottenerla e, quindi, come poter creare la nuvola di punti nello spazio 3D che approssima la superficie dell'oggetto reale.

Una prima tecnica consiste nella modellazione manuale (in inglese “Modeling”) della superficie dell’oggetto attraverso software come Blender e 3DStudio. Dal momento che lo scopo principale è ottenere un modello tridimensionale che rappresenti fedelmente le forme dell’oggetto reale e che sia anche metricamente misurabile, tale metodo è considerato “brutto” poiché si ottengono modelli 3D con un’accuratezza sconosciuta. In genere, un modello di questo tipo viene definito come “non metrico” ma la modellazione manuale ha il grande vantaggio di costruire modelli completi, chiusi, più belli esteticamente e, quindi, maggiormente adatti alla presentazione e alla comunicazione.

Un altro metodo è rappresentato dall’acquisizione della geometria (in inglese “Acquisition”) e, possibilmente, dal recupero del colore “puro”, cioè il vero colore e le proprietà del materiale di cui è composto l’oggetto stesso. Esistono tanti strumenti di acquisizione (braccio articolato, scanner laser, tempo di volo, Lidar, ecc.) e tutti si basano su processi semi-automatici o completamente automatici con un’accuratezza conosciuta e, proprio per questo motivo, uno strumento di questo genere produce modelli definiti come “metrici”. Purtroppo il risultato finale può essere un modello 3D incompleto, utilizzato esclusivamente come strumento di conoscenza, sul quale sono necessari operazioni di “editing” (cioè modifica, elaborazione e perfezionamento) per ottenere risultati “belli” anche sotto il punto di vista estetico.

Generalmente, il processo di acquisizione è composto da più fasi che possono ripetersi per ottenere risultati via via migliori attraverso software come MeshLab e prevede i seguenti passi:

- piano di acquisizione iniziale;
- acquisizione vera e propria (scansione);
- operazioni di pulizia dei dati ottenuti;
- allineamento delle mesh;
- fusione delle mesh;
- raffinamento ed editing finale.

Una terza soluzione consiste nell’uso di immagini per ricostruire manualmente le forme geometriche di un oggetto, spesso di tipo architettuale, oppure per ottenere un modello 3D a partire da un grande insieme di fotografie scattate da diversi punti di vista (“Dense Stereo Matching”).

Spesso, attraverso le varie tecniche accennate finora, non è possibile ottenere una buona rappresentazione digitale di un’opera: infatti, è sufficiente pensare ad oggetti con i quali gli scanner non funzionano (opere planari o bassorilievi, fatte con oro o argento, di materiale trasparente o traslucido) oppure ad oggetti con i quali le soluzioni basate su immagini non forniscono risultati soddisfacenti (proprietà strutturali particolari, ambiente di acquisizione non ottimale).

Per superare tutti questi ostacoli ed ottenere una riproduzione digitale, esiste un’altra alternativa molto valida che si basa sull’acquisizione dell’apparenza di un oggetto sfruttando l’interazione tra l’illuminazione dell’ambiente e il materiale dell’oggetto stesso. Questa soluzione utilizza la tecnica della “Reflectance Transformation Imaging”, cioè la creazione di Immagini Re-Illuminabili, e rappresenta il punto di partenza di questo elaborato, nel quale l’analisi e l’approfondimento di questa tecnica saranno accompagnati da un esempio pratico di acquisizione di un oggetto.

RTI e Immagini Re-Illuminabili

La tecnica delle RTI, acronimo di “Reflection Transformation Imaging”, è stato coniato ed utilizzato per la prima volta da un ricercatore dei Laboratori della HP di nome Tom Malzbender, per indicare un innovativo metodo di acquisizione basato su immagini: egli non fa più riferimento alla creazione di modelli 3D, a nuvole di punti e alla ricostruzione delle caratteristiche geometriche di un oggetto, ma rivolge l’attenzione alla proprietà di “riflettanza” della superficie dell’oggetto.

Perché è così importante questa tecnica di acquisizione? Essa permette di ottenere una rappresentazione digitale di un oggetto reale per aumentarne la percezione della superficie, per migliorare la comprensione dei particolari (anche attraverso una visualizzazione ed un’apparenza che non siano quelle reali dell’oggetto stesso) e, infine, per inferire più informazioni dai dettagli del colore. È importante prendere in considerazione tutti questi aspetti, poiché spesso è possibile ritrovarsi di fronte ad un’opera con la quale il classico processo di acquisizione di un modello 3D non è applicabile o potrebbe far ottenere dei risultati con una qualità piuttosto bassa: in genere, l’approccio RTI è efficace e di grande effetto con oggetti piccoli o con piccolissimi dettagli geometrici, senza un grosso spessore e fatti con materiali metallici riflettenti, in cui l’interesse principale non è rivolto ad un’accurata descrizione geometrica ma a come esso appare e come viene percepito dall’osservatore.

Nel campo della Computer Grafica, la definizione generica dell’apparenza visiva di un oggetto è una funzione matematica molto complessa, che prevede 12 parametri in ingresso sui quali calcolare il risultato finale. Tutte le 12 dimensioni di cui è composta permettono di analizzare e prendere in considerazione ogni singolo elemento che può influire sull’elaborazione complessiva e, quindi, su come viene percepita la superficie di un oggetto. Spesso, gli enormi costi computazionali e l’impossibilità di ottenere un risultato in maniera rapida obbligano a ridurre i vari parametri ottenendo, così, una semplificazione della funzione. Per questo motivo, la definizione dell’apparenza visiva di un oggetto può essere tradotta con uno specifico insieme di funzioni matematiche, sulla base del livello di complessità richiesto e sulla tipologia di oggetti coinvolti:

- “Reflectance Scattering Function” o “Light Scattering Function” (12D):
 - tiene in considerazione ogni aspetto in ingresso;
 - ovviamente la più complicata da calcolare;
- BSSRDF, cioè “Bidirectional Subsurface Scattering Reflectance Distribution Function” (8D):
 - non considera la fluorescenza né la fosforescenza;
 - utile per rappresentare la pelle umana, latte, statue di marmo in cui la luce penetra (oggetti traslucidi);
- SVBRDF, cioè “Spatially Varying Bidirectional Reflectance Distribution Function” (6D):
 - non considera la dispersione sotto-superficiale e, quindi, non adatta per materiali traslucidi;
 - utile per materiali opachi in cui la luce è riflessa superficialmente;
- BRDF, cioè “Bidirectional Reflectance Distribution Function” (4D):
 - utile per materiali omogenei, uniformi superficialmente e senza variazioni spaziali;
- “Surface Light Field” (4D):
 - con un punto di luce fisso;
 - può variare solamente il punto di vista;
- “Surface Reflectance Field” (4D):
 - con un punto di vista fisso;
 - può variare solamente il punto di luce
- “Surface Light Field” (4D):
 - con una luce fissa;
- “Texture Map” (2D):

- con una diffusione vicina che unisce le due precedenti.

È chiaro che, considerando meno elementi in ingresso che possono influire sulla percezione visiva di un oggetto ed eliminandoli dal calcolo matematico, si riduce la complessità computazionale e si ottiene una semplificazione via via maggiore della realtà.

In particolare, la tecnica delle RTI rientra nella tipologia delle “Surface Reflectance Field” e considera “solamente” 4 dimensioni. L’approccio RTI si basa sull’utilizzo di più fotografie dell’oggetto di interesse per creare un’immagine finale particolare, la quale codifica la funzione di riflettanza con opportuni algoritmi, pixel per pixel, e definisce il modo con cui è percepito l’oggetto.

Il formato con cui è possibile creare una singola Immagine Re-Illuminabile può essere di due tipologie, a seconda delle caratteristiche dell’oggetto di interesse considerato, del grado di complessità computazionale che può essere raggiunto con i mezzi a disposizione e dell’utilizzo che ne verrà fatto una volta realizzata la RTI.

Il primo formato è chiamato “Hemispherical Harmonics Map” ed è composto da una combinazione lineare delle prime nove funzioni Armoniche Emisferiche per ogni canale del colore di ciascun pixel: complessivamente, quindi, il risultato ottenuto ha molto contrasto ed un buon fotorealismo per tutti gli oggetti fatti con un materiale altamente riflettente.

Il secondo formato, invece, è quello che sarà utilizzato da un punto di vista pratico ed è rappresentato dalla tecnica delle PTM. Questo termine, che significa “Polynomial Texture Map”, è stato coniato per la prima volta, nel 2001, proprio da Tom Malzbender.

In particolare, l’immagine PTM generata è ottenuta a partire da un insieme di fotografie dell’oggetto, tutte scattate tenendo conto di alcune precise condizioni:

1. le fotografie devono essere fatte da un unico punto di vista che rimane fisso per l’intera sessione di acquisizione;
2. le condizioni ambientali non devono assolutamente influenzare l’unica illuminazione controllata e diretta verso l’oggetto inquadrato;
3. per ciascun singolo scatto, è necessario conoscere quale sia la direzione di luce corrente.

Una volta conclusa la campagna fotografica, l’immagine 2D finale sarà il risultato di una “fusione” di tutte le immagini ottenute: infatti, ogni pixel che compone la speciale immagine è generato attraverso un modello matematico che produce l’informazione sull’aspetto, sull’illuminazione e sul colore del pixel stesso, relativo ad una porzione della superficie della riproduzione digitale dell’oggetto.

L’obiettivo di una RTI è scartare la forma della superficie dell’oggetto, schiacciando la geometria su un singolo piano e considerando solamente i vettori della luce riflessa in relazione all’origine della luce stessa. Così facendo, la tecnica delle RTI cattura e memorizza esclusivamente l’informazione dell’apparenza visiva dell’oggetto, pixel per pixel, ignorando completamente la complessa struttura geometrica (presente, invece, in un modello 3D) e simulando il comportamento della luce che interagisce con la superficie dell’oggetto stesso.

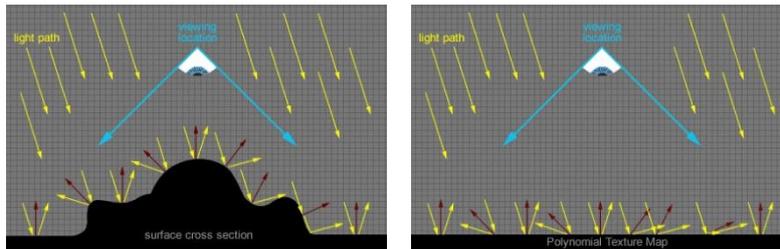


Figura 1 Rappresentazione dell'apparenza visiva delle RTI

Analizzando il formato della PTM, il complesso modello matematico che la compone è un polinomio biquadratico, il quale modella la variazione del colore di ogni singolo pixel in funzione della direzione della luce. Esso può essere di due tipologie a seconda del livello di qualità del risultato finale e in base all'oggetto da digitalizzare:

- LRGB PTM composto da 6 coefficienti $a_0...a_5$, che modellano la luminanza, e dalla componente del colore in formato RGB;
- RGB PTM composto in totale da 18 coefficienti che rappresentano tre differenti modelli d'intensità, uno per ogni componente del colore (cioè $a_0...a_5$ per ogni canale del colore).

Come è possibile ottenere una RTI-PTM a partire da un oggetto? L'intero processo di acquisizione di un'opera consiste in:

1. preparare il set fotografico;
2. acquisire un insieme di foto da un punto di vista fisso ma con differenti punti di luce direzionale e registrare ogni singola direzione;
3. correggere i piccoli disallineamenti tra le varie immagini;
4. correggere le varie immagini relativamente al bilanciamento del bianco;
5. stimare la direzione della luce per ogni fotografia;
6. generare l'immagine 2D finale RTI-PTM.

In particolare, i metodi di acquisizione possono essere tanti e quello utilizzato in un preciso contesto dipende dall'oggetto, dall'ambiente circostante, dalla possibilità di muovere o meno l'opera, ecc. Per tutti questi motivi, è possibile utilizzare, ad esempio:

- un "dome", cioè una semisfera di illuminazione fissa dal diametro di circa 1m per oggetti molto piccoli;
- un braccio con 12 flash per le tele ad olio;
- un flash posizionato su un'asta manuale;
- un PTM Planner per oggetti un po' più grandi, cioè un dome virtuale intorno all'oggetto in cui la luce viene spostata e calcolata con attenzione; è possibile usare un foglio con le direzioni della luce o una "Reflective Sphere" per misurare la direzione della luce usando i suoi "highlight".

Una volta ottenuta la RTI-PTM finale, è possibile visualizzarla attraverso il software RTIViewer, che possiede diverse modalità di rendering, cioè modalità di visualizzazioni distinte. Tale strumento è utilizzato esclusivamente su un computer in locale, mentre per ottenere una visualizzazione sul Web interattivo è necessario:

1. effettuare un'elaborazione della RTI-PTM per ottenere una particolare immagine a multi-risoluzione e multi-livello adatta alla memorizzazione su un Server Web;
2. generare un algoritmo idoneo a visualizzare la gerarchia ottenuta;
3. caricare in maniera asincrona i nodi della gerarchia attraverso uno strumento che faccia uso di WebGL come, ad esempio, la libreria JavaScript SpiderGL.

Solo recentemente questa innovativa tecnica di acquisizione è stata impiegata nell'ambito dei Beni Culturali, ma fin da subito ha riscosso un grande successo grazie, soprattutto, alla facilità e all'efficacia con cui è possibile ottenere una riproduzione digitale di un oggetto. Per tali motivi, le Immagini Re-Illuminabili possono essere una risorsa importantissima in questo contesto diventando lo strumento fondamentale per presentare e mostrare opere di interesse storico e artistico, grazie al proprio particolare metodo di visualizzazione che permette all'utente di cambiare interattivamente gli effetti di illuminazione sulla superficie degli oggetti digitalizzati.

Grazie alle potenzialità di visualizzazione offerte dalle RTI, cambia il metodo di esplorazione dell'oggetto di interesse, dei suoi dettagli e delle sue caratteristiche. In particolare, i meccanismi di miglioramento del contrasto delle RTI (ad esempio lo "specular enhancement" o il "diffuse gain") permettono non solo di ottenere una migliore documentazione ma anche una migliore analisi dei dettagli di superficie, i quali sono molto difficili da rilevare con i classici sistemi di visualizzazione o, più semplicemente, ad occhio nudo.

Un'altra motivazione che spinge gli studiosi e gli esperti del settore ad utilizzare questo nuovo approccio, mettendo in secondo piano le tipiche tecniche di acquisizione 3D, è il suo costo: per realizzare una RTI, infatti, gli strumenti necessari e l'intero equipaggiamento non sono molto costosi e possono essere realizzati personalmente, i tempi di acquisizione sono brevi e, infine, il processo di post-produzione è molto semplice e rapido.

Infine, è importante prendere in considerazione anche i meccanismi necessari per pubblicare i risultati di un'acquisizione: includere e mostrare un modello 3D molto dettagliato nel Web in generale è un grande problema, mentre la visualizzazione di una RTI è piuttosto rapida e può essere un buon metodo per rendere i dati più accessibili al pubblico.

“Vecchia marina”: un esempio di RTI-PTM

Il quadro

“Vecchia marina” è un piccolo quadro in argento che rappresenta una barca a vela ormeggiata presso un porticciolo. Il quadro è stato realizzato interamente a mano, ma il suo autore non è conosciuto. L’intera superficie, che mostra una piccola parte del porto marino, non è semplicemente scolpita ma è anche colorata in alcuni punti per evidenziare le varie parti che compongono l’opera.

Il quadro può essere inserito tra le tipologie di opere paesaggistiche in cui la mano dell’uomo e i suoi manufatti tendono ad intrecciarsi con gli aspetti più naturali dell’atmosfera marina, come il mare, i gabbiani e il cielo.

Un aspetto molto particolare è la totale assenza di esseri umani sulla scena. I gabbiani in fermento, il mare ricco di onde e le nuvole in movimento fanno intuire l’arrivo di una forte tempesta. Grazie a tutti questi dettagli possiamo dire che il quadro stesso racchiude gli attimi precedenti all’inizio di una bufera e tutti gli uomini sono già al riparo dentro le proprie dimore.

Turbolenza, sofferenza, angoscia e preoccupazione sono le parole chiave che il quadro suscita e le sue stesse caratteristiche ci fanno pensare ad un autore Romantico, in cui la forza degli eventi naturali è posta in netto contrasto con la miserabile vita dell’essere umano.

L’acquisizione della rappresentazione digitale

L’obiettivo principale dell’acquisizione prevede la realizzazione di una digitalizzazione del quadro “Vecchia marina”, che riproduca fedelmente gli aspetti della superficie dell’opera originale. Il risultato finale ottenuto permetterà di visualizzare il quadro stesso direttamente su un computer e mostrerà tutti i dettagli di cui è composto.

“Vecchia marina” è un piccolo bassorilievo di 28,5 cm di larghezza e 21,0 cm di altezza. Il materiale di cui è fatto è argento e alcune parti sono colorate molto delicatamente.

Come anticipato in precedenza, per ottenere una rappresentazione digitale è possibile utilizzare una delle seguenti tecniche:

- modellazione manuale;
- scansione 3D;
- ricostruzione basata su immagini (ricostruzione assistita o Dense Stereo Matching);
- RTI.

Le forme che compongono il quadro non permettono l’uso della prima tecnica per creare manualmente un modello tridimensionale mentre il materiale di cui è fatto non è indicato per acquisire la geometria attraverso uno scanner 3D, poiché l’argento potrebbe interferire con il raggio laser dello strumento utilizzato. Molto probabilmente anche i due metodi basati su immagini non porterebbero ad un risultato ottimale: nel primo caso, la complessità di ricostruzione è molto alta e, nel secondo, i dettagli estratti non sono sufficienti per ottenere un modello finale.

Vista la natura dell’oggetto da acquisire, l’approccio con le RTI-PTM è ideale per il materiale argentato, le dimensioni dei dettagli, la grandezza del quadro e l’impossibilità di ottenere un modello 3D a 360°.



Figura 2. Il quadro “Vecchia marina”

Secondo i principi delle RTI ed una prima fase di pianificazione, i principali passi necessari per catturare la percezione visiva del quadro sono:

1. preparare ed allestire l'intero set fotografico intorno al quadro;
2. acquisire molte foto digitali da un punto di vista fisso ma sotto differenti direzioni di luce;
3. elaborare le immagini raccolte attraverso un preciso modello matematico, in questo caso è la PTM;
4. generare l'immagine finale e renderla disponibile alla visualizzazione interattiva.

La maggior parte degli strumenti utilizzati per l'acquisizione è molto semplice da reperire o, addirittura, da costruire con le proprie mani.

Entrando nello specifico dell'acquisizione, vengono utilizzati un'abatjour come luce direzionale per illuminare da diversi punti il quadro durante l'acquisizione delle foto ed uno spago per riuscire a posizionare di volta in volta la lampada alla stessa distanza dal quadro. Invece, per mantenere traccia della direzione della luce ad ogni scatto, necessaria per l'elaborazione successiva di tutte le fotografie, vengono sfruttate le proprietà riflettenti di una pallina da biliardo.



Figura 3. Luce direzionale



Figura 4. Pallina riflettente



Figura 5. Posizionamento

Non avendo a disposizione una macchina fotografica digitale professionale, è necessario trovare una valida alternativa che offra dei buoni risultati alla fine dell'intero processo, sfruttando l'alta risoluzione della fotocamera. Per scattare le varie foto, quindi, viene utilizzato un Samsung Galaxy S3, agganciato ad un supporto per auto e posizionato su un semplice tavolino con tre gambe. Infine, sfruttando i comandi vocali del cellulare, è possibile scattare delle foto precise e senza disallineamento della scena tra una foto e l'altra.

Un aspetto molto importante per ottenere dei buoni risultati è riuscire a mantenere una luce ambientale piuttosto leggera e diffusa ma, soprattutto, la luce direzionale utilizzata deve essere predominante rispetto a quella dell'ambiente. Solo in questo modo, è possibile scattare delle fotografie che possono essere utilizzate per generare correttamente una buona PTM.



Figura 6. Supporto



Figura 7. Samsung Galaxy S3



Figura 8. Set fotografico

Prima di acquisire il set di foto necessario alla realizzazione della PTM finale, è importante svolgere alcuni tentativi con gli strumenti a disposizione. Non avendo un'attrezzatura adeguata e professionale le varie prove sono necessarie e molto importanti per prendere familiarità con la tecnica delle RTI, per riuscire a trovare una giusta modalità fotografica con cui scattare le foto e, infine, per calibrare adeguatamente l'illuminazione della scena.



Figura 9. Prove iniziali, test vari e primi tentativi

Anche altri punti di luce secondari sono un aspetto molto importante da tenere in considerazione durante l'acquisizione, essi non devono incidere sulle foto finali e, durante l'intero processo, è importante eliminarli totalmente. Ad esempio, la cornice del quadro è piuttosto lucida e può influenzare negativamente i colori del quadro stesso con i riflessi della luce direzionale usata e, per lo stesso motivo, anche la sfera riflettente di riferimento può indicare alcuni highlight errati. Quindi è utile rivedere l'intero set fotografico per ottenere una resa migliore.

In occasione dell'ultimo tentativo, cioè la vera e propria acquisizione, la cornice del quadro viene ricoperta con un po' di nastro adesivo di carta opaco e non riflettente, in modo da smorzare gli eventuali riflessi di luce non desiderati. Inoltre, la pallina riflettente viene posizionata in modo da essere influenzata esclusivamente dalla lampada direzionale.

Da un punto di vista maggiormente tecnico, la fotocamera da 8 MP del cellulare utilizzato ha le seguenti impostazioni:

- flash non attivo;
- nessun effetto;
- nessuna modalità di scena predefinita;
- messa a fuoco macro per oggetti vicini;
- bilanciamento del bianco incandescente;
- misurazione matrice.

Per effettuare delle foto migliori, può essere rivista la posizione del cellulare, stabilizzandolo in orizzontale.



Figura 10. Cornice ricoperta

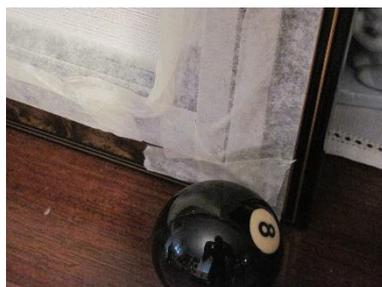


Figura 12. Pallina vicina al quadro



Figura 11. Cellulare in orizzontale

Perché tutti questi accorgimenti relativi alla stabilità della fotocamera e alla qualità della luce? Lo scopo dell'intero set fotografico è quello di riuscire a realizzare una semisfera virtuale di luci, cioè il così detto "dome", tenendo conto dei principi e delle linee guida del Cultural Heritage Imaging: riuscire ad ottenere una

distribuzione perfetta delle luci intorno all'oggetto da acquisire non è facile, ma con un po' di pazienza e un buon piano di azione è possibile ricoprire interamente la superficie intorno al quadro.

Guardando attentamente l'immagine della sfera riflettente risultante, è possibile notare che la sfera stessa (quindi la semisfera virtuale intorno al quadro) può non essere coperta interamente dalla luce direzionale durante l'intera fase di acquisizione delle fotografie.

Ad esempio, una piccola striscia di punti di luce, interna e centrale, è vuota poiché in questa zona era presente il tavolino su cui era appoggiato il cellulare.

In basso a destra, invece, non è stato possibile scendere abbastanza con la lampada perché, vista la posizione della luce in questa zona, la piccola sfera avrebbe proiettato la propria ombra direttamente sul quadro. Per superare il problema, una buona soluzione è cercare di coprire questa zona con un maggiore numero di foto e aiutare, così, la fase conclusiva di produzione della PTM.

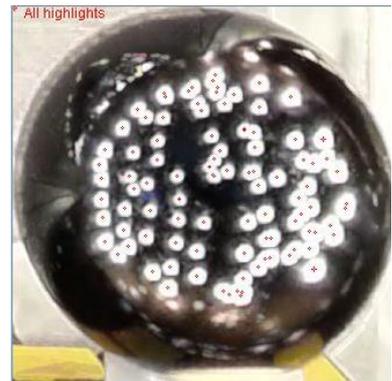


Figura 13. Gli highlight

Una volta effettuata l'acquisizione delle fotografie sotto direzioni di luce differenti, è necessario procedere alla fase di post-elaborazione degli scatti ottenuti.

In primo luogo è fondamentale elaborare le immagini usando il software LPTracker per estrapolare le informazioni sulla direzione di luce nelle varie foto.

Per preparare le foto alla visualizzazione, sia in locale attraverso il software RTIViewer sia sul Web, è necessario preparare le immagini centrando e ritagliando la parte interessata (solo il quadro in sé) e, successivamente, creare la PTM per poter visualizzare la rappresentazione digitale di "Vecchia marina".

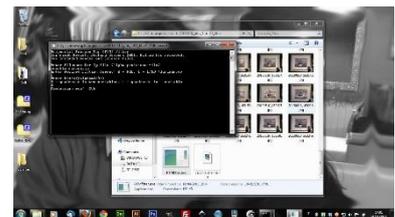
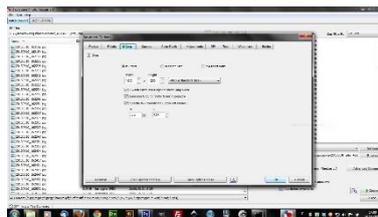
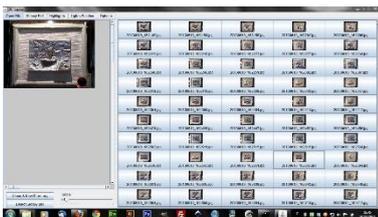


Figura 14. Post-processing: LPTracker, ritaglio e PTMFitter

Infine, per poter visualizzare correttamente la riproduzione digitale del quadro sul Web, è necessario produrre la PTM con il programma WebGLRtiMaker: in questo modo, viene generata la RTI multi-risoluzione finale.



Figura 15. Demo e risultato finale con RTIViewer

Conclusioni

In generale, riuscire ad ottenere una rappresentazione digitale di un oggetto può essere molto complicato oppure i costi per acquistare gli strumenti necessari possono essere piuttosto elevati. Situazioni ambientali difficili, tecnologie sofisticate, alta specializzazione nella 3D Graphics sembrano essere i veri ostacoli che impediscono a persone “comuni” di poter creare la propria digitalizzazione di un'opera di interesse storico e artistico.

In realtà, con pochissime informazioni ed una spesa limitata è possibile ottenere una riproduzione digitale di buona o, addirittura, di ottima qualità utilizzando la tecnica delle Immagini Re-Illuminabili: essa rappresenta, quindi, uno strumento alternativo molto potente che permette di creare con estrema semplicità e con un basso costo una digitalizzazione di grande effetto.

Oltre a tutto questo, le RTI hanno la grande caratteristica di aumentare la percezione della geometria e della superficie dell'oggetto di interesse, mettendo in risalto i dettagli del colore e migliorando la comprensione di ogni singolo particolare.

Riferimenti

Francisco Soler e Marion Lamé, *Epigraphy in 3D* lezione-seminario tenuta il 24.10.2012

Motta, Weinberger, 2001. *Compression of Polynomial Texture Maps*

Malzbender, Gelb, Wolters, 2001. *Polynomial Texture Maps*

Corsini, Dellepiane, Callieri e Scopigno, 2006. *Reflection Transformation Imaging on Larger Objects: an Alternative Method for Visual Representations*

Cultural Heritage Imaging, 2013. *RTI: Guide to Highlight Image Capture Guide v2*

Sito Web del corso *Grafica 3D per i Beni Culturali*, <http://vcg.isti.cnr.it/~dellepiane/Corso.html> (visitato il 19.06.2013)

Sito Web sul *Reflectance Transformation Imaging*, <http://culturalheritageimaging.org/Technologies/RTI/> (visitato il 20.06.2013)