



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

## FLORE

# Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

### **La mappatura dei modelli digitali ottenuti mediante sensori attivi: verso nuove e più ampie prospettive di utilizzo**

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

*Original Citation:*

La mappatura dei modelli digitali ottenuti mediante sensori attivi: verso nuove e più ampie prospettive di utilizzo / Alessandro Merlo; Filippo Fantini; Gaia Lavoratti; Andrea Aliperta; Jose Leonel López Hernández. - ELETTRONICO. - 9:(2013), pp. 82-92. ( IX Conferenza del colore Firenze 19-20 Settembre 2013).

*Availability:*

The webpage <https://hdl.handle.net/2158/827403> of the repository was last updated on

*Publisher:*

Maggioli Editore

*Terms of use:*

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (<https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf>)

*Publisher copyright claim:*

La data sopra indicata si riferisce all'ultimo aggiornamento della scheda del Repository FloRe - The above-mentioned date refers to the last update of the record in the Institutional Repository FloRe

(Article begins on next page)

# Colore e Colorimetria Contributi Multidisciplinari

Vol. IX A

A cura di  
Maurizio Rossi e Andrea Siniscalco



Associazione Italiana Colore

*[www.gruppodelcolore.it](http://www.gruppodelcolore.it)*

*Regular Member  
AIC Association Internationale de la Couleur*

Colore e Colorimetria. Contributi Multidisciplinari. Vol. IX A  
A cura di Maurizio Rossi e Andrea Siniscalco – Dip. Design – Politecnico di Milano

GdC – Associazione Italiana Colore - [www.gruppodelcolore.it](http://www.gruppodelcolore.it), [gruppodelcolore@gmail.com](mailto:gruppodelcolore@gmail.com)

ISBN 978-88-387-6241-3

© Copyright 2013 by Maggioli S.p.A.  
Maggioli Editore è un marchio di Maggioli S.p.A.  
Azienda con sistema qualità certificato ISO 9001: 2000

47822 Santarcangelo di Romagna (RN) • Via del Carpino, 8  
Tel. 0541/628111 • Fax 0541/622020  
[www.maggioli.it/servizioclienti](http://www.maggioli.it/servizioclienti)  
e-mail: [servizio.clienti@maggioli.it](mailto:servizio.clienti@maggioli.it)

Diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione  
e di adattamento totale o parziale con qualsiasi mezzo sono riservati per tutti i Paesi.

Finito di stampare nel mese di luglio 2013  
Da Gi@Gi srl Triuggio (MB)

# Colore e Colorimetria. Contributi Multidisciplinari Vol. IX A

## *Atti della Nona Conferenza del Colore.*

*GdC-Associazione Italiana Colore - [www.gruppodelcolore.it](http://www.gruppodelcolore.it)*

*Università degli Studi di Firenze*

*Firenze, 19-20 settembre 2013*

### **Comitato organizzatore**

Marcello Picollo

Giovanni Pratesi

Maurizio Rossi

### **Comitato di programma**

Aldo Bottoli

Veronica Marchiafava

Elisabetta Ruggiero

### **Comitato scientifico – Peer review**

Fabrizio Ivan Apollonio | Università di Bologna, Italy

Salvatore Asselta | Flint Group Italia SpA, Italy

Cristiana Bedoni | Università degli Studi Roma Tre, Italy

Giordano Beretta | HP, USA

Giulio Bertagna | B&B Colordesign

Janet Best | Colour consultant, UK

Fabio Bisegna | Sapienza Università di Roma, Italy

Marino Bonaiuto | Sapienza Università di Roma, Italy

Mauro Boscarol | Colore digitale blog, Italy

Aldo Bottoli | Osservatorio Colore, Italy

Patrick Callet | Ecole centrale Paris, France

Ingrid Calvo Ivanovic | Projectacolor, Chile

Jean-Luc Capron | Université Catholique de Louvain, Belgique

Vie Cheung | University of Leeds, UK

Oswaldo Da Pos | Università degli Studi di Padova, Italy

Maria Luisa De Giorgi | Università degli Studi del Salento, Italy

Arturo Dell'Acqua Bellavitis | Politecnico di Milano, Italy

Bepi De Mario | CRASMI (Centro Ricerca Colore e Moda)

Reiner Eschbach | Xerox, USA

Maria Linda Falcidieno | Università degli Studi di Genova, Italy

Patrizia Falzone | Università degli Studi di Genova, Italy

Renato Figini | Konica Minolta, Italy

Ferdinando Fornara | Università di Cagliari, Italy

Davide Gadia | Università degli Studi di Milano, Italy

Marco Gaiani | Università di Bologna, Italy

Marisa Galbiati | Politecnico di Milano, Italy

Alessandra Galmonte | Università degli Studi di Verona, Italy

Anna Maria Giannini | Sapienza Università di Roma, Italy

Anna Gueli | Università di Catania, Italy

Marta Klanjsek Gunde | Kemijski institut/National Institute of

Chemistry - Ljubljana, Slovenia

Francisco Imai | Canon, USA

Maria Dulce Loução | Universidade Tecnica de Lisboa, Portugal

Nicola Ludwig | Università degli Studi di Milano, Italy

Lia Luzzatto | Color and colors, Italy

Lindsay MacDonald | London College of Communication, UK

Veronica Marchiafava | IFAC-CNR, Italy

Gabriel Marcu | Apple, USA

Anna Marotta | Politecnico di Torino Italy

Gianfranco Marrone | Università di Palermo, Italy

Berta Martini | Università di Urbino, Italy

Stefano Mastandrea | Università degli Studi Roma Tre, Italy

Giovanni Matteucci | Università di Bologna, Italy

John McCann | McCann Imaging, USA

Claudio Oleari | Università degli Studi di Parma, Italy

Carinna Parraman | University of the West of England, UK

Ferruccio Petrucci | Università degli Studi di Ferrara, Italy

Silvia Piardi | Politecnico di Milano, Italy

Marcello Picollo | IFAC-CNR, Italy

Angela Piegari | ENEA, Italy

Renata Pompas | AFOL Milano-Moda, Italy

Fernanda Prestileo | ICVBC-CNR, Italy

Boris Pretzel | Victoria & Albert Museum, UK

Paola Puma | Università degli Studi di Firenze, Italy

Caterina Ripamonti | University College London, UK

Alessandro Rizzi | Università degli Studi di Milano, Italy

Marisa Rodriguez Carmona | City University London, UK

Maurizio Rossi | Politecnico di Milano, Italy

Paolo Salonia | ITABC-CNR, Italy

Eugenio Scandale | Università degli Studi di Bari, Italy

Raimondo Schettini | Università degli Studi di Milano Bicocca,

Italy

Andrea Siniscalco | Politecnico di Milano, Italy

Hannah Smithson | University of Oxford, UK

Andrew Stockman | University College London, UK

Sabine Susstrunk | Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne

(EPFL)

Ferenc Szabó | University of Pannonia, Hungary

Raffaella Trocchianesi | Politecnico di Milano, Italy

Stefano Tubaro | Politecnico di Milano, Italy

Stephen Westland | University of Leeds, UK

Alexander Wilkie | Charles University in Prague, Czech

Republic

### **Segreteria Organizzativa**

Veronica Marchiafava – IFAC-CNR, Italy

Andrea Siniscalco – GdC-Associazione Italiana Colore/Politecnico di Milano

## Organizzatori:



## Sponsor:



KONICA MINOLTA



## Patrocini:



UID - UNIONE ITALIANA PER IL DISEGNO

# Indice

## 1. Colore e misurazione / produzione.....13

**Misure di colore su film radiocromici: nuove frontiere per la dosimetria 15**

*Anna M. Gueli, Grazia R. Asero, Giuseppe Burrafato, Renato De Vincolis, Salvatore Gallo, Giuseppe Stella, Sebastiano Olindo Troja*

**Trasformazione evuzionistica di una fotocamera reflex digitale in un sofisticato strumento per misure fotometriche e colorimetriche 28**

*Marcello Melis, Matteo Miccoli*

## 2. Colore e digitale.....39

**Misura e permanenza dello spazio nel tempo: fotografia e architettura 41**

*Antonella Salucci*

**Il colore nel telerilevamento: un applicazione sull'area di Civitavecchia (Roma) 50**

*Lorenza Fiumi, Carlo Meoni, Stefano Tocci*

**Stampa: arte e innovazione 59**

*Corrado Musmeci, Giancarlo Migliavacca, Lia Luzzatto*

**Test di un colorimetro open hardware 62**

*Enrico Calore, Cristian Bonanomi, Davide Gadia, Alessandro Rizzi*

**Il colore nel rilievo strumentale: laser scanner, termografia e post-processing dei dati in un sistema GIS 70**

*Alessandra Meschini, Assunta Pelliccio*

**La mappatura dei modelli digitali ottenuti mediante sensori attivi: verso nuove e più ampie prospettive di utilizzo 82**

*Alessandro Merlo, Filippo Fantini, Gaia Lavoratti, Andrea Aliperta, Jose Leonel López Hernández*

## 3. Colore e illuminazione.....93

**Un esperimento di valutazione soggettivo dell'indice di resa cromatica 95**

*Simonetta Fumagalli, Cristian Bonanomi, Alessandro Rizzi*

**Il ruolo del colore nel progetto di un modulo abitativo per la Stazione Spaziale Internazionale** 103  
*Chiara Burattini, Franco Gugliermetti, Mario Marchetti, Fabio Bisegna*

**4. Colore e fisiologia.....111**

**Colori, segni, convenzioni e daltonici** 113

*Giulio Bertagna*

**5. Colore e psicologia.....127**

**La percezione della città: luce e colore dal materiale all'immateriale** 129

*Chiara Cannavici*

**La sinestesia cifra – colore: i numeri sono colorati?** 136

*Marinella Calabrese, Giuseppe Burrafato, Santo Di Nuovo, Anna Gueli, Stefano Leone, Giuseppe Stella, Sebastiano Olindo Troja*

**Colore marketing e psicologia "effetti cromatici come supporto al marketing inteso come momento di benessere e buona gestione del tempo libero"** 147

*Bepi De Mario, Flora Testa*

**6. Colore e restauro.....161**

**I colori della sicurezza** 163

*Rosanna Fumai*

**Misure di spettrometria fotocolorimetrica su stampe fotografiche giapponesi di epoca Meiji** 176

*Sergio Omarini, Filomena Schiano Lomoriello, Alessandra Topo*

**Colore, geometria e riflettanza. Uso integrato dei dati Lidar per il rilievo e la diagnostica: il caso studio di Villa Trissino** 185

*Paolo Clini, Ramona Quattrini, Romina Nespeca*

**Nuovi metodi di illuminazione per la conservazione e la valorizzazione di opere pittoriche: uno studio preliminare** 193

*Marco Gargano, Stefania Scotuzzi, Eva Mirasole Angelin, Oscar Santilli, Nicola Ludwig*

**Le indagini colorimetriche come metodo per la valutazione di test di pulitura su materiali lapidei** 203

*Susanna Bracci, Donata Magrini, Marcello Picollo*

**I materiali dell'architettura tra identità e linguaggio. I colori della costruzione tra Italia, Spagna e Cina** 211

*Marianna Calia, Tiziana Cardinale, Filomena De Robertis*

**Dalla conservazione delle superfici alla tutela dei centri storici** 219

*Calogero Bellanca, Oliva Muratore*

**Le lastre Campana e l'uso del colore su lastre architettoniche fittili nella tarda Repubblica e nella prima età imperiale. Archeologia e Archeometria 228**

*Elena G. Lorenzetti, Ombretta Tarquini, Marcello Colapietro, Lucilla Pronti, Anna Candida Felici, Mario Piacentini*

**La valenza acronica del colore, punto di incontro tra passato e presente: due progetti di restauro a Monterano Antica 237**

*Chiara Capocefalo, Francesco Cosentino*

**'Autenticità' e 'materia' nella conservazione delle superfici colorate dell'architettura attraverso un percorso di conoscenza 245**

*Oliva Muratore*

**Un approccio multispettrale ipercolorimetrico per analisi di opere pittoriche basate su immagini di riflettanza spettrale 255**

*Marcello Melis, Matteo Miccoli, Alfredo Adrovandi*

**Nuove tecniche fotografiche per la documentazione, la valorizzazione e la divulgazione del patrimonio culturale: high dynamic range imaging, photo stitching e virtual tour 270**

*Alessio Cardaci, Antonella Versaci, Luca Fauzia*

**Notte barbara: dal prodotto industriale all'atelier dell'artista 282**

*Tiziana Cavaleri, Anna Piccirillo, Tommaso Poli, Annamaria Giovagnoli, Oscar Chiantore, Paolo Gill*

**Le coloriture esterne come chiave di lettura delle volontà progettuali: il caso dell'intervento di restauro del liceo Mamiani a Roma 294**

*Luca Ribichini, Chiara Capocefalo, Francesco Cosentino*

**I colori del cubismo: diagnostiche fisiche sul dipinto "Al Velodromo" di J. Metzinger 301**

*Paola Artoni, Davide Bussolari, Eva Peccenini, Ferruccio Petrucci, Virginia Pellicori, Flavia Tisato*

**Archeologia del colore, Cartografia dei rilievi cromatici 314**

*Xavière Ollier, Vanessa Lehner*

**L'uso del colore come sistema di valutazione della rimozione di vernici da superfici policrome tramite metodi tradizionali e innovativi 325**

*Ulderico Santamaria, Claudia Pelosi, Rita Marconi, Giorgia Agresti*

**Applicazione della spettrocolorimetria e della spettroscopia di fluorescenza dei raggi X per la caratterizzazione di pigmenti in miscela 334**

*Claudia Pelosi, Giorgia Agresti, Damiano Coralli, Ulderico Santamaria*

**7. Colore e ambiente costruito.....341**

**Colore e architettura. Due esperienze 343**

*Giovanni Brino*

**Il rilievo dell'identità cromatica: tecniche ed elaborazione delle immagini nella relazione tra costruito e paesaggio naturale 355**

*Enza Tolla, Antonio Bixio, Giuseppe Damone*

**Tutti i colori del mondo. Il colore nella costruzione e percezione dell'architettura 362**

*Saverio Ciarcia*

**Il progetto colore nelle scuole dell'infanzia 374**

*Pietro Zennaro, Katia Gasparini*

**Il colore nell'architettura. Elemento emozionale per la rappresentazione e realizzazione del costruito 381**

*Giovanni Mongiello*

**Il ruolo strutturante del colore per la caratterizzazione di ambiti urbani 389**

*Pia Davico*

**Colore e geometrie nel paesaggio di punta Massullo a Capri 401**

*Maria Martone, Floriana Papa*

**Il doppio effetto di dinamismo cromatico 413**

*Veronica Brustolon, Roberta De Monte*

**Il ruolo del colore in interventi diffusi di ripristino estetico funzionale dei fronti esterni degli edifici: l'esperienza del Progetto Sirena a Napoli 2002-2012 per il recupero delle parti comuni degli edifici del centro storico urbano e dei centri storici periferici 421**

*Gerardo Maria Cennamo, Bruno Discepolo, Bernardino Stangherlin, Brunella Como, Daniele Galdiero*

**Il colore spontaneo della città 433**

*Luca J. Senatore*

**Il colore e i motivi decorativi nell'intervento novecentesco del Palazzo della "Meridiana" a Genova 445**

*Luisa Cogorno*

**Il colore per rappresentare e comunicare: lettura semantica di frammenti di paesaggio contemporaneo nella Valle delle Accademie a Roma 452**

*Emanuela Chiavoni, Livia Fabbri, Francesca Porfiri, Gaia Lisa Tacchi*

**Modelli digitali e percezione del colore: i 36 progetti della IV triennale di Monza 459**

*Manuela Incerti, Giampiero Mele, Uliva Velo*

**Colori nelle città: street art e riqualificazione urbana 466**

*Giovanni Caffio*

**Colore energetico: possibilità di diffusione di concentratori solari luminescenti nell'architettura per la produzione fotovoltaica e la riqualificazione degli edifici 477**

*Gianni Scudo, Alessandro Rogora, Barbara Ferrari, Daniele Testa*

**Il colore nell'affresco quattrocentesco della Loggia della Casa dei Cavalieri di Rodi al Foro di Augusto: documentazione, rilievo e rappresentazione di uno spazio architettonico articolato dal suo ciclo pittorico 485**

*Carlo Bianchini, Gaia Lisa Tacchi*

**Il rapporto tra struttura e rivestimento. Forma e significato 495**

*Maria Linda Falcidieno*

**In tema di paramenti e rivestimenti del costruito. Il motivo a fasce bicrome e policrome. Influssi e contaminazioni attraverso il bacino mediterraneo** 504  
*Patrizia Falzone*

**L'Art Déco District a Miami: valenze storiche e riproposizioni attuali** 521  
*Giulia Pellegrini*

**Il rivestimento delle superfici pavimentali. Colore, forma e significato** 531  
*Michela Mazzucchelli*

**Il controllo della colorazione nella progettazione dei sistemi attivi d'involucro** 540  
*Fausto Barbolini, Luca Guardigli, Nicola Zanna*

**Colore e modello nel rilievo mediante fotomodellazione** 552  
*Manuela Incerti, Matteo Cassani Simonetti, Giuseppe Di Fazio*

## **8. Colore e progettazione.....559**

**Rosso Cinabro** 561  
*Lia Luzzatto*

**Progettare il colore: innovazione e linguaggi espressivi d'autore** 567  
*Eliana Maria Lorena*

**Colore e geometria. Un modello geodetico del colore per la preselezione delle varianti cromatiche del progetto** 572  
*Michela Rossi, Giorgio Buratti*

**Sistemi di rappresentazione cromatica cinetica nelle esperienze di Visual Music** 580  
*Dina Riccò*

**Changing textiles: il disegno del supporto tessile per il cromatismo dinamico** 587  
*Paola Puma*

**Colore e luce interattiva. Emotional design attraverso il colore nel prodotto di alta gamma** 595  
*Elisabetta Cianfanelli, Gabriele Goretti*

**Trasformare la percezione dei luoghi cimiteriali attraverso l'uso del colore: spunti di riflessione** 604  
*Daniela De Biase, Tiziana Iacobacci*

**Il colore fra tradizione e sperimentazione nella pratica artigianale design driven. L'esperienza di Design al tombolo: atelier di pratiche estetiche partecipate** 614  
*Ilaria Guglielmetti, Elena Ascari, Elena Enrica Giunta, Giulia Pils, Alessandra Spagnoli, Raffaella Trocchianesi*

**9. Colore e cultura.....627**

**Le vetrate di Reims: ... effluvi di colore 629**

*Cristiana Bartolomei, Alfonso Ippolito, Eliana Capiato, Martina Attenni, Caterina Politi*

**L'acquarello nella rappresentazione del paesaggio 641**

*Laura Blotto*

**Quel caldo color mattone 648**

*Nadia Fabris*

**La luce ed il colore: percezione, messaggio e significato - fenomeni della percezione cromatica 654**

*Cristiana Bedoni*

**La modernità delle intuizioni. I colori apparenti nell'interazione tra superfici 661**

*Daniele Calisi*

**L'unità della percezione nelle forme dell'armonia, la musica colorata di Aleksandr Skrjabin 671**

*Daniela Amadei*

**Arte e Teorie del colore nel cinema fra Europa e America 678**

*Anna Marotta*

**"Per il pittore che cos'è la luce se non uno stato del colore?" Gino Severini, il tono e l' 'ambiente emotivo' 687**

*Anna Mazzanti*

**Il ruolo del colore nelle decorazioni geometriche islamiche 698**

*Manuela Piscitelli*

**Come migliorare la propria immagine attraverso l'uso dei colori amici 710**

*Marina Mastropietro von Rautenkrantz*

**La dominanza "coloristica del colore" nel disegno della moda dei futuristi 718**

*Giampiero Mele*

**Marmi policromi nelle raccolte della Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Napoli e Pompei 726**

*Simone Foresta*

**Costruire il colore: teorie e didattica di Itten, Kandinsky, Klee al Bauhaus 735**

*Giovanni Maria Bagordo*

**Architettura a colori o in bianco e nero? Riflessioni sull'uso e abuso del colore nell'architettura contemporanea 744**

*Alessandro Rogora, Barbara Ferrari*

**Ganzfeld. Da Wolfgang Metzger a James Turrell, un secolo di esperimenti ai limiti 751**

*Daniele Torcellini*

Il colore nei nuovi media e le conseguenze sulla pratica del restauro pittorico 761  
*Donatella Lombardo, Giuseppe Maino*

Oro, sete, colori e disegni nei paramenti tessili dell'architettura storica 772  
*Maria Elisabetta Ruggiero*

Il colore nella tradizione della città antica di Matera, dall'architettura ipogea all'architettura effimera 781  
*Maria Onorina Panza*

«Vedere il mondo come un film a colori». Tracce di reale e tracce di colore nell'immagine cinematografica 788  
*Federico Pierotti*

## 10. Colore ed educazione .....795

La costruzione di Trend cromatici ispirati al paesaggio 797  
*Renata Pompas*

Il rapporto tra sapere esperto e sapere insegnato in un contesto di digital color learning per architetti e ingegneri civili 801  
*Marco Gaiani, Berta Martini*

Indagine sulla percezione e sull'uso del colore nella didattica italiana 809  
*Cristina Rigutto, Elisabetta Pavan*

Colore e bambini: tra pedagogia, didattica e arte 820  
*Franca Zuccoli*

Fare per capire: il percorso in mostra per Seurat Signac e i Neoimpressionisti 834  
*Francesca Valan*

Teoria e analisi del colore: Manuale Didattico per l'insegnamento dell'uso del colore nel corso di design dell'UFM 840  
*Marilaine Pozzatti Amadori, Andressa Ceretta*

## 11. CHROMA.....851

CHROMA | Giornata di studi sull'immagine a colori tra cinema e media 853  
*Walter Arrighetti, Federico Pierotti, Alessandro Rizzi*

Società a colori: la televisione italiana e il passaggio al colore 856  
*Paola Valentini*

Il colore nei film di famiglia italiani: esempi e casi tra gli anni '30 e gli anni '60 864  
*Elena Gipponi*

# La mappatura dei modelli digitali ottenuti mediante sensori attivi: verso nuove e più ampie prospettive di utilizzo

<sup>1</sup>Alessandro Merlo, <sup>1</sup>Filippo Fantini, <sup>1</sup>Gaia Lavoratti, <sup>1</sup>Andrea Aliperta,  
<sup>2</sup>Jose Leonel López Hernández

<sup>1</sup>DiDA: Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Firenze,  
alessandro.merlo@unifi.it, filippofantini@quipo.it, info@rilievourbano.org, andrea.aliperta@gmail.com

<sup>2</sup>CIFA, Universidad de San Carlos de Guatemala, joselopezha@yahoo.com

## 1. Introduzione

L'antica capitale del Guatemala, conosciuta con il nome di La Antigua Guatemala (Fig. 1) e rasa al suolo dal terremoto di “Santa Marta” del 1773, presenta ancora oggi i segni tangibili di quell'evento catastrofico. La ricostruzione interessò prevalentemente l'edilizia residenziale, trascurando invece gran parte degli imponenti complessi ecclesiali [1].

Terra di *conquistadores*, il Centro America vide gli ordini religiosi come una delle componenti più attive del processo di colonizzazione; lo stesso impianto urbano di Antigua venne fortemente condizionato dalla loro presenza, mostrando una chiesa – nella metà dei casi con annesso convento ed in genere in posizione d'angolo – nella quasi totalità dei 36 *barrios* che costituiscono l'ippodamea trama urbana (Fig. 2). Attualmente si contano ben 26 *iglesias* (19 consolidate e 7 allo stato di rovina), di cui solo 11 riaperte al culto, e 12 *ermitas*, che caratterizzano la ridente cittadina, meta di un turismo di *élite* proveniente da ogni parte del mondo e patrimonio UNESCO dal 1979. Dove attuabile, per testimoniare l'importanza delle strutture religiose all'interno del tessuto cittadino, sono stati ristrutturati i fronti delle chiese (con particolare attenzione per quello principale), rendendo di fatto possibile apprezzarne i caratteri formali e costruttivi [2].



Fig. 1 - Veduta della città di La Antigua.

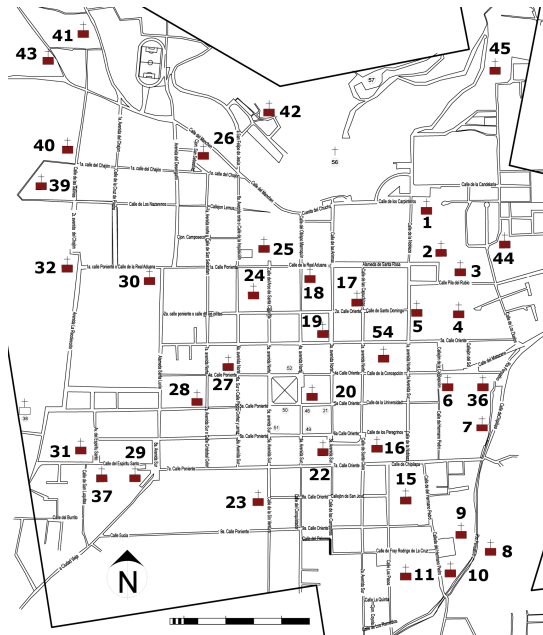


Fig. 2 - 1. Iglesia de Candelaria, 2. Iglesia de Santa Rosa de Lima, 3. Beaterio de Indias, 4. Convento de Santo Domingo, 5. Colegio Mayor Santo Tomas de Aquino, 6. Convento e Iglesia de la Concepción, 7. Ermita Cruz del Milagro, 9. Hospital e Iglesia de Nuestra Señora de Belén, 10. Iglesia de Beatas de Belén, 11. Templo de la Escuela de Cristo, 15. Iglesia y convento de San Francisco, 16. Iglesia y convento de Santa Clara, 17. Iglesia y convento de Capuchinas, 18. Iglesia y convento de Santa Teresa, 19. Iglesia y convento El Carmen, 20. Catedral, 22. Iglesia y hospital San Pedro Apostolo, 23. Iglesia de San José El Viejo, 24. Iglesia y monasterio de Santa Catarina, 25. Iglesia y convento de La Merced, 26. Iglesia Parroquial de San Sebastián, 27. **Iglesia y convento de la Compañía de Jesús**, 28. Iglesia y convento de San Agustín, 29. Ermita de Santa Lucia, 30. Iglesia y convento de la Recolección, 31. Ermita del Espíritu Santo, 32. Ermita de la Santísima Trinidad, 36. Claustro de Sor Juana de Maldonado, 37. Iglesia de Santa Lucia, 39. Ermita de la Trinidad, 40. Ermita de Santiago, 41. Colegio de San Antonio Abad, 42. Ermita de Nuestra Señora Dolores del Manchen, 43. Capilla de San Isidoro, 44. Ermita de Nuestra Señora Dolores del Llano, 45. Ermita de Nuestra Señora del Cerro, 54. Hospital Real de Santiago.

Molte di queste facciate, infatti, mostrano un interessante connubio tra soluzioni compositive di ispirazione neoclassica, rinascimentale o barocca, chiaramente ascrivibili all'ambito europeo, e un apparato decorativo a fresco o stucco che invece rispecchia le tradizioni autoctone.

### 1.1. La chiesa della *Compañía de Jesús*

Dato il valore storico-architettonico della facciata della chiesa della *Compañía de Jesús*, nel 1978 l'UNESCO decise di consolidarla utilizzando i propri fondi. Il fronte (Fig. 3) è tripartito sia in verticale (il terzo ed ultimo registro della zona sommitale è andato perduto), che in orizzontale, manifestando le tre navate interne. L'ordine impiegato è il tuscanico e la sua articolazione è in gran parte determinata dalla presenza di dodici nicchie. Il tema di maggiore interesse è legato agli aspetti cromatici delle pitture della facciata, con motivi floreali nelle parti curve e geometrici nelle specchiature piane, mediante l'utilizzo di colori vivaci meglio conosciuti come i *colores de Antigua*: lo *zapote* (marrone) intenso, il rosso acceso, il giallo canarino, l'azzurro scuro e una moltitudine di toni dell'arancione.



Fig. 3 - Prospetto principale della *Iglesia de la Compañía de Jesús*.



Fig. 4 - Prospetto Est della *Iglesia de la Compañía de Jesús* e veduta dei due chiostri del convento della *Compañía de Jesús* oggi restaurati e sede dell'Agenzia Spagnola di Cooperazione Internazionale.

Oggi l'intero complesso vede la chiesa in stato di rovina e le strutture annesse, completamente recuperate, adibite a sede dell'Agenzia Spagnola di Cooperazione Internazionale (Fig. 4).

### 1.2. Il progetto pilota

La mancanza di un rilievo integrato e di uno studio comparato di tali fabbriche che permetta di evincere i loro principali connotati morfologici e tipologici, i criteri compositivi e gli aspetti stilistici, ha spinto un gruppo di ricercatori dell'Università degli Studi di Firenze (DiDA: Dipartimento di Architettura) e dell'*Universidad de San Carlos de Guatemala* (CIFA: *Centro de Investigaciones de La Facultad de Arquitectura*) a proporre all'Amministrazione di Antigua un progetto pilota che ha come oggetto lo studio del fronte della chiesa della *Compañía de Jesús*.



Fig. 5 - Screenshot del modello a nuvola di punti (vista prospettica dalla piazza antistante alla chiesa).

Nel marzo 2012 è stato pertanto realizzato il rilievo digitale di tale prospetto utilizzando uno *scanner laser* Faro Focus<sup>3D</sup> S120 (Fig. 5). I dati ottenuti hanno consentito di elaborare un modello 3D (Tab. 1) che è stato adoperato con due finalità distinte: in prima istanza per evincere delle indicazioni sulla morfologia e sull'attuale stato di conservazione del manufatto mediante le classiche restituzioni ortografiche; secondariamente per divulgare gli esiti delle analisi svolte. Dal modello ad alta risoluzione, detto *high-poly*, è infatti possibile non solo ricavare delle stampe tridimensionali che riproducono fedelmente ed in scala l'oggetto analizzato, ma anche delle *maquette low-poly* – mediante tecniche di modellazione derivate in gran parte dal mondo dell'*entertainment* – che, opportunamente mappate con *texture* del colore apparente, possono essere facilmente visualizzate su computer

<b>COMPañÍA DE JESÚS, FRONTE PRINCIPALE</b>	
<b>Parametri di acquisizione</b>	
Strumento utilizzato:	Scanner laser Faro Focus <sup>3D</sup> S120
Risoluzione:	Varie (1/2, 1/4, 1/8)
Qualità:	3x
Distanza media tra strumento e manufatto:	10 m
Nemero di scansioni:	7
Tempo impiegato:	1 h
Fotografie:	si
<b>Modello a nuvola di punti</b>	
Numero totale di punti:	169x10 <sup>6</sup> pt
Prociione del modello messo a registro:	3 mm
Dimensione del file .imp:	2.87 Gbyte
<b>Modello poligonale</b>	
Risoluzione:	5,4372 mm
Nemero totale di poligoni:	58.577.684
Dimensione del file .xrl:	1.13 Gb

Tab. 1 - Parametri relativi all'acquisizione e all'elaborazione dei dati.

portatili, *tablet* e *smart phone* ed arricchite di informazioni utili alla comprensione dell'edificio. Il tema del *texturing*, argomento centrale del presente *paper*, riveste una particolare importanza al momento di restituire, mediante immagini fotografiche, l'apparato pittorico di un fronte edilizio particolarmente degradato e bisognoso di urgenti interventi di restauro che ne ostacolino la scomparsa, come quello della facciata della chiesa della *Compañía de Jesús*.

## 2. L'integrazione fra tecniche di modellazione

La necessità di descrivere un'architettura nella quale sono compresenti parti fortemente degradate (a seguito di crolli e dislocazioni significative di porzioni della muratura) assieme a superfici regolari non particolarmente rovinata, a statue e ad un apparato pittorico murale, costituisce una vera e propria sfida in termini di modellazione. In tali casi la mappatura di un modello digitale non è un'operazione da effettuarsi a posteriori rispetto alle fasi di restituzione 3D, ma è parte stessa del processo di creazione della forma. Partendo da questo fondamentale assunto si è optato per due approcci differenti alla modellazione, entrambi finalizzati a tenere il numero di poligoni più basso possibile, pur mantenendo uno scostamento dal modello *high-poly* di partenza controllato e misurabile, come in precedenti esperienze di restituzione in linea con questo caso di studio [3].

Come è stato evidenziato da più autori [4], la compresenza di obiettivi scientifici (indagine metrica e morfologica, individuazione di patologie, etc.) e divulgativi (visualizzazione via web, *real-time*, animazioni 3D) in un unico modello sembra contraddittoria: o il modello serve per essere visualizzato rapidamente e senza particolare rigore scientifico – ha cioè il valore di semplice simulacro del reale – oppure, se questi deve veicolare informazioni metricamente accurate, presenterà un'ottima aderenza alla morfologia del manufatto rilevato, rischiando però di essere fruibile da un ristretto numero di specialisti attraverso appositi applicativi e di avere tempi di visualizzazione molto lunghi. L'esigenza di una soddisfacente verosimiglianza del modello rispetto all'oggetto si scontra, quindi, con la necessità di garantire l'effettiva rispondenza metrica del primo al secondo, preservando l'originaria accuratezza della misurazione [5].

Nello studio del fronte della *Compañía de Jesús* si è cercato di “forzare” tale visione optando per una modellazione ibrida, in grado di sfruttare le potenzialità del *reverse modelling* da un lato e del *texturing* per applicazioni videoludiche dall'altro. Per ciò che concerne la modellazione di colonne, archi e modanature dalle geometrie regolari sono stati infatti utilizzati gli strumenti dei programmi di *reverse modeling* mediante operazioni di *loft*, rivoluzione o di estrusione semplice.

Per quanto invece riguarda le parti morfologicamente più complesse si è preferito impiegare tecniche di *retopology* tipiche dei programmi di *computer graphics*, che consistono essenzialmente nel “ricalco” di un modello *high-poly* attraverso la costruzione di *mesh* con struttura a prevalenza quadrangolare (*quad-dominant*) [6]. Le *mesh* strutturate a basso dettaglio sono notoriamente più facili da mappare nel sistema di riferimento (u,v) che dovrà ricevere la *texture* del colore apparente e quella delle normali al fine di ripristinare il dettaglio del modello *high-poly* originario.

### 3. La mappatura del modello

L'applicazione al modello 3D di *texture* del colore apparente è strettamente legata a quanto detto nel precedente paragrafo sulle diverse modalità di costruzione dei modelli. In generale il *texturing* di modelli ad alto dettaglio è un'operazione onerosa in termini di risorse *hardware* e, pertanto, viene spesso risolta optando per la semplice colorizzazione della nuvola [7]. La possibilità di sottoporre i modelli *high-poly* a processi automatici di decimazione al fine di renderli compatibili con gli strumenti di mappatura UV presenta a sua volta il rischio di un eccessivo scostamento dalle geometrie reali del manufatto rilevato e, pertanto, è da utilizzare con le dovute cautele.

Nei modelli a basso dettaglio ottenuti invece mediante tecniche di *retopology*, in cui l'operazione di decimazione della *mesh* viene realizzata da parte di un operatore previa lettura semantica delle diverse parti di cui è composto il manufatto, questo rischio può essere ridotto al minimo.

Una volta realizzato il modello *low-poly* è possibile avvalersi di appositi applicativi per l'*entertainment*, che presentano l'indubbio vantaggio di possedere efficaci strumenti di UV *mapping*, di consentire il controllo della gamma di ogni singola *bitmap* rispetto alla gamma di *output* delle immagini calcolate dai motori di *rendering* e, infine, di permettere la gestione, attraverso specifici filtri (più vicino, bilineare, bicubico, etc.), dell'*antialiasing* delle singole *textures*.

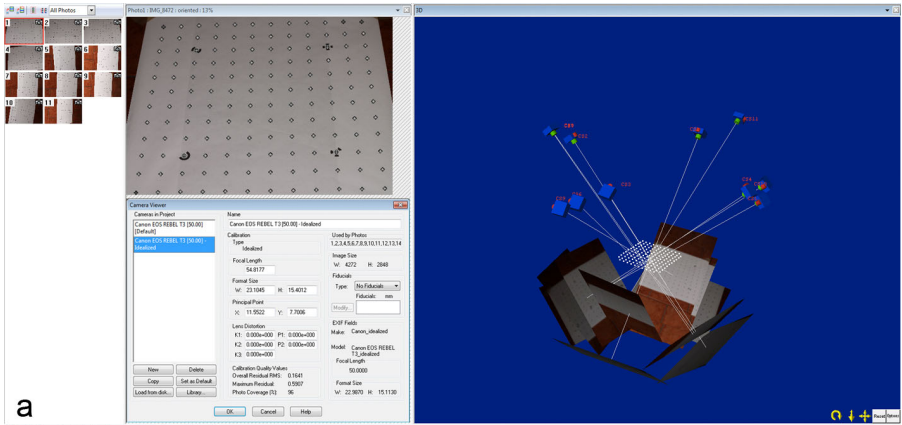
La tecnica sperimentata in questo progetto pilota affronta due tematiche specifiche relative alle procedure di mappatura del colore nei modelli digitali:

- la prima ha l'obiettivo di pervenire alla definizione cromatica e tonale, la più fedele possibile al documento originale, impiegando delle immagini digitali. In questo caso le variabili da tenere sotto controllo per una riproduzione attendibile del colore sono numerose e condizionate dal livello di illuminazione al momento dell'acquisizione, dalle caratteristiche tecniche del sistema di acquisizione e dalla rappresentazione matematica dell'informazione sul colore [8];
- la seconda riguarda la corrispondenza geometrica tra fotogramma e modello digitale ottenuto mediante rilevamento con sensori attivi; tale problema, di natura proiettiva viene affrontato con applicativi di fotomodellazione che presentano, tra le altre funzioni, quella della compensazione delle deformazioni geometriche dell'immagine, tipiche dell'obiettivo e della fotocamera impiegata.

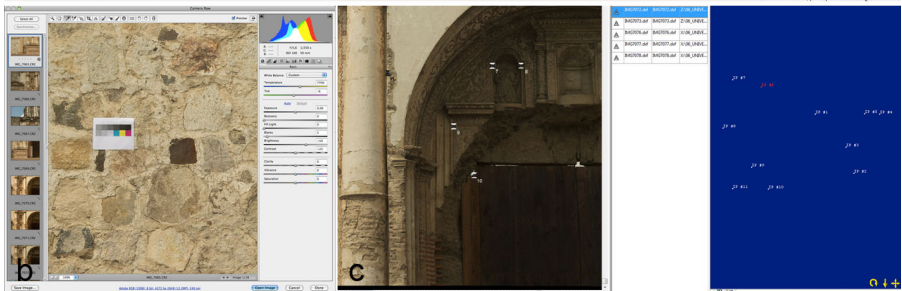
Per ciò che concerne il primo punto, al fine di agevolare il processo di calibrazione radiometrica, sono state eseguite le fotografie in condizioni di illuminazione simili ed omogenee tra di loro (apertura del diaframma costante, assenza di filtri e automatismi della camera, etc.); inoltre, per poter mitigare a posteriori l'influenza delle dominanti cromatiche, in alcuni scatti è stato incluso un *Color Checker*.

La campagna fotografica è stata realizzata a cielo coperto, conseguendo un'illuminazione diffusa ed omogenea senza ombre proprie e portate di notevole entità [8], mediante l'impiego di una macchina fotografica Canon Rebel T3 con obiettivo a focale fissa (50 mm); la risoluzione di ciascun fotogramma è di 4272x2848 pixel.

La camera è stata posizionata su treppiede, prestando attenzione a non variare l'apertura del diaframma ed il tempo di esposizione; il valore di sensibilità ISO è stato mantenuto costante a 100 riducendo così al minimo il fenomeno del rumore.



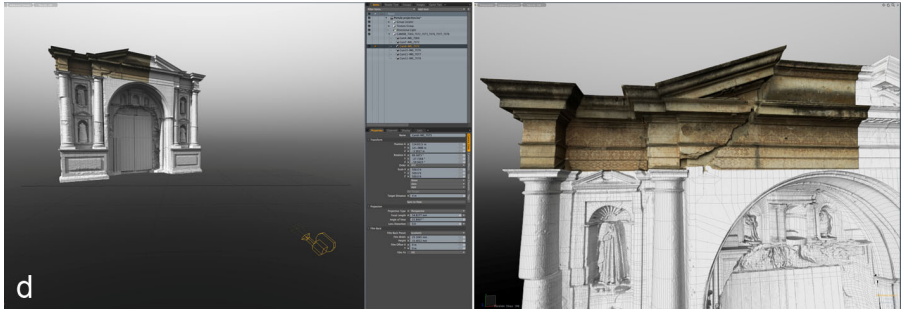
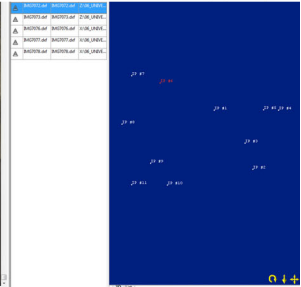
a



b



c



d



e

f

g

Fig. 6 - a. Calibrazione e idealizzazione della fotocamera; b. bilanciamento del bianco in Adobe Camera Raw; c. Operazione di frecciatura: associazione di punti omologhi tra oggetto rilevato e fotografia; d. proiezione del fotogramma sul modello dalla posizione della camera idealizzata; e. *UV map*; f. *Normal map*; g. *Diffuse color map*.

La messa a fuoco invece è stata verificata per ogni singolo fotogramma. Il bilanciamento del bianco è stato impostato sulla modalità Auto e le immagini sono state memorizzate in formato .RAW. Tale formato infatti consente a posteriori, mediante opportuni *software* (Adobe Camera Raw nel caso specifico) di effettuare l'operazione di controllo della temperatura del colore in modo non distruttivo. L'aver incluso nell'inquadratura un *Color Checker* è stata *conditio sine qua non* per poter individuare il valore di luminosità media (corrispondente al grigio 18%) e, conseguentemente, bilanciare correttamente le tonalità di colore della fotografia.

Il problema riguardante la corrispondenza geometrica tra immagine e modello è invece stato risolto attraverso l'uso di programmi di fotogrammetria condivisi e di ampia diffusione; nel presente caso è stato impiegato EOS Systems Photomodeler per eseguire la "resezione" (individuazione del vettore che descrive esattamente le condizioni di ripresa del singolo scatto) delle prese fotografiche al fine di impiegare tali informazioni nel processo di *texturing* del modello digitale 3D.

Di seguito è descritta una *pipeline* che consente di applicare al modello a basso dettaglio dei fotogrammi appositamente elaborati, ri-proiettando gli stessi sulla *maquette* 3D. Nodo centrale dell'operazione è proprio la cosiddetta "resezione" delle singole fotografie, che consiste nel ritrovare la posizione e l'orientamento assunti dalla fotocamera durante la presa fotografica, onde poter posizionare e orientare un proiettore in una scena 3D.

A priori è stato deciso di evitare l'impiego di applicativi di "nicchia" di scarsa o limitata accessibilità per privilegiare soluzioni che fossero in grado di dialogare con altri pacchetti *software*. Inoltre, è stata posta particolare attenzione nel fare sì che il risultato dell'orientamento dei proiettori fosse quantificabile, riducendo così al minimo le operazioni empiriche di *editing* delle *texture* in programmi di fotoritocco. L'impiego di Photomodeler ha permesso di effettuare tre operazioni distinte: calibrazione della fotocamera, che consente di ottenere i parametri interni della stessa (lunghezza focale, dimensioni del sensore CCD, coordinate del punto principale, parametri K1 e K2, P1 e P2); idealizzazione dei fotogrammi attraverso il comando "*Project>Idealize*", che permette di anti-distorcere i fotogrammi prima di mapparli sul modello digitale 3D; *camera resection* a partire da un numero limitato di punti omologhi (importati in formato .DXF) fra oggetto rilevato e fotografia.

Grazie al formato di interscambio .FBX è stato possibile stabilire un proficuo dialogo fra applicativi di fotogrammetria (Photomodeler) e di *computer graphics* (nel caso illustrato Luxology Modo) senza dover importare una grande mole di informazioni, ma solo un limitato insieme di punti e di fotocamere idealizzate mediante le quali le *texture* del colore diffuso sono proiettate sui modelli (utilizzando l'opzione chiamata *Front Projection*) e codificate all'interno di una mappa (u,v) (attraverso il comando *Bake to Render Output*).

Il sistema di riferimento (u,v) del modello semplificato, realizzato dall'operatore in modo tale da evitare sprechi delle risorse *hardware*, consente inoltre di associare alla *texture* del colore una mappa di normali ottenuta anch'essa attraverso un'operazione di *baking*. La caratteristica di queste mappe è quella di consentire ai modelli semplificati di ottenere un'ombreggiatura (*shading*) praticamente analoga a quella dei modelli ad alta risoluzione (Fig. 6).



a

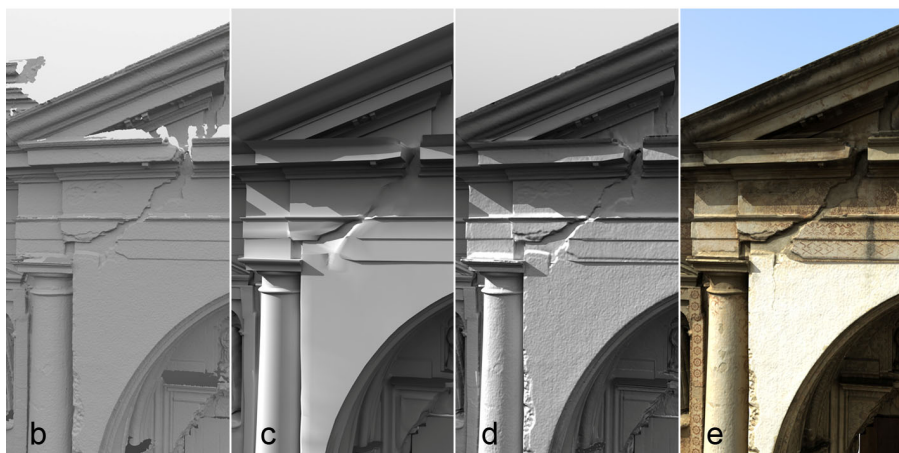


Fig. 7 – a. Vista del portale; b. Modello *Hi-poly*; c. Modello *Low-poly*; d. Modello *Low-poly* con *Normal map* applicata; e. Modello *Low-poly* con *Normal map* e *Diffuse color map* applicata.

## 4. Risultati

Gli esiti del presente caso di studio, limitato per il momento ad una porzione del fronte della chiesa della *Compañía de Jesús*, dimostrano l'efficacia, in termini di compressione (Tab. 2) e qualità della mappatura del colore apparente (Fig. 7), del metodo adottato, che prevede l'utilizzo di programmi e metodologie di rappresentazione afferenti ad ambiti contigui, ma distinti e, purtroppo, ancora ben lungi dall'essere integrati all'interno di un unico applicativo dedicato alla restituzione per i beni culturali. Gli attuali limiti di tale sistema risiedono proprio nella necessità di dover passare da *reverse modelling* alla fotogrammetria, alla modellazione poligonale, con la conseguente necessità di organizzare il salvataggio dei dati in formati di interscambio che molto spesso costringono l'operatore a revisionare i *file* importati durante le fasi di "dialogo" tra i vari applicativi. Il vantaggio che offrono i modelli così ottenuti è quella di diminuire lo scostamento esistente fra "modelli 3D figurativi" e "modelli a scopo scientifico", conciliando divulgazione e attendibilità metrica e cromatica. I modelli originati da questa *pipeline* si prestano efficacemente per essere importati in applicazioni *real-time* come Unity 3D, e possono dar luogo a fotopiani di qualità (anche di quelle parti morfologicamente più complesse come lacune, rotture, fessurazioni, etc.). Qualora le *software house* operanti nel settore dell'*entertainment* e del rilevamento *laser scanner* riuscissero a far convogliare i rispettivi punti di forza attraverso lo sviluppo di applicativi di nuova generazione si potrebbe finalmente contenere il tempo necessario alla realizzazione di tali modelli ottimizzati e, di conseguenza, migliorare la qualità e la portabilità dei modelli 3D *reality based* [11].

COMPANÍA DE JESÚS, MODELLO DEL PORTALE	
Modello Hi-Poly	Formato: .obj Dimensione file: 1,01 Gb Numero di poligoni: 17.931.306
Modello Low-Poly	Formato: .lxo Dimensione file: 5,9 Mb Numero di poligoni: 116.994
Texture, Normal map	Formato: .jpg Dimensione dei file: comprese tra 901 Kb e 5,6 Mb Risoluzione: 2048 x 2048
Texture, Color map	Formato: .jpg Dimensione dei file: comprese tra 2,5 Mb e 6,4 Mb Risoluzione: 4096 x 4096

Tab. 2 - Dati tecnici relativi all'ottimizzazione della porzione di modello relativa al portale.

## 5. Ringraziamenti

I risultati esposti in questo *paper* sono nati nell'ambito della collaborazione internazionale tra il Professor Gaspar Muñoz Cosme (IRP: *Instituto de Restauración del Patrimonio de la Universidad Politécnica de Valencia*) e il Professor Alessandro Merlo (DiDA: Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze).

## Bibliografia

- [1] R. Alvarez Polanco, “Antigua, su historia, monumentos, personajes, sucesidos y legenda”, Centro Editorial Vile, 2001.
- [2] V.A. Lincoln, “La arquitectura de Antigua Guatemala”, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1968.
- [3] A. Merlo, F. Fantini, “I sistemi di ottimizzazione image based per la gestione dei modelli digitali 3D a scala urbana”, in G. Lavoratti, “Il castello di Pietrabuona – Materiali per la Ricerca”, Edizioni ETS, Ottobre 2012.
- [4] A. Ippolito, F. Borgogni, “I modelli 3D nei rilievi di architettura”, in E. Chaivoni, M. Filippa, “Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell’architettura e della città”, Gangemi Editore, Settembre 2011.
- [5] F. Mattogno, “Image/geometry processing per la ricostruzione di modelli fotorealistici dell’architettura”, in T. Fiorucci, “Metodologie innovative integrate per il rilevamento dell’architettura e dell’ambiente”, Gangemi Editore, Settembre 2005.
- [6] F. Fantini, P. Rodriguez Navarro, S. Di Tondo, “Il problema della mappatura del colore nei modelli digitali 3D a displaced subdivision surface da rilevamento laser scanner in ambito archeologico”, in M. Rossi, A. Siniscalco, “Colore e colorimetria. Contributi multidisciplinari”, Atti dell’Ottava Conferenza Nazionale del Colore SIOF, Maggioli Editore, Bologna, Settembre 2012.
- [7] M. Cassini, L. Valli, “L’appartamento di Troia di Giulio Romano a Mantova. La documentazione tridimensionale delle cromie in architettura a fini conservativi come diretta integrazione delle caratteristiche spaziali”, in M. Rossi, A. Siniscalco, “Colore e colorimetria. Contributi multidisciplinari”, Atti dell’Ottava Conferenza Nazionale del Colore SIOF, Maggioli Editore, Bologna, Settembre 2012.
- [8] S. Baldissini, M. Gaiani, F. Remondino, “Rilievo, gestione e mappatura del colore”, in B. Benedetti, M. Gaiani, F. Remondino (a cura di), “Modelli digitali 3D in archeologia: il caso di Pompei”, Edizioni della Normale, Pisa, dicembre 2010.
- [9] M. Gaiani, P. C. Ricci, M. Zancolich, “Una metodologia low-cost per l’analisi tramite metodi 3D di disegni antichi mantenendo la consistenza del colore”, in M. Rossi, A. Siniscalco, “Colore e colorimetria. Contributi multidisciplinari””, Atti dell’Ottava Conferenza Nazionale del Colore SIOF, Maggioli Editore, Bologna, Settembre 2012.
- [10] S. Ferioli, M. Gaiani, P. C. Ricci, “Visualizzazione real-time per l’arredo. Implementazione di sistemi di visualizzazione in real-time per la pre-visualizzazione e la customizzazione di oggetti di arredo d’interni in fase di progetto e di presentazione”, in E. Chaivoni, M. Filippa, “Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell’architettura e della città”, Gangemi Editore, Settembre 2011.
- [11] A. Merlo, C. Sánchez Belenguer, E. Vendrell Vidal, F. Fantini, A. Aliperta, “3D model visualization enhancements in real-time game engines” in “International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences”, Atti del Convegno 3D-ARCH 2013 - 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, Trento, Febbraio 2013.