

SHAPE AND SEMANTICS MODELLING

LA RICERCA DELL'IMATI-CNR PER LA RAPPRESENTAZIONE, L'ANALISI E LA DOCUMENTAZIONE DI MODELLI DIGITALI 3D E LE SUE APPLICAZIONI AI BENI CULTURALI

di Bianca Falcidieno, Franca Giannini, Michela Spagnuolo, Marco Attene, Silvia Biasotti, Chiara Catalano, Monica De Martino, Marina Monti, Michela Mortara e Corrado Pizzi

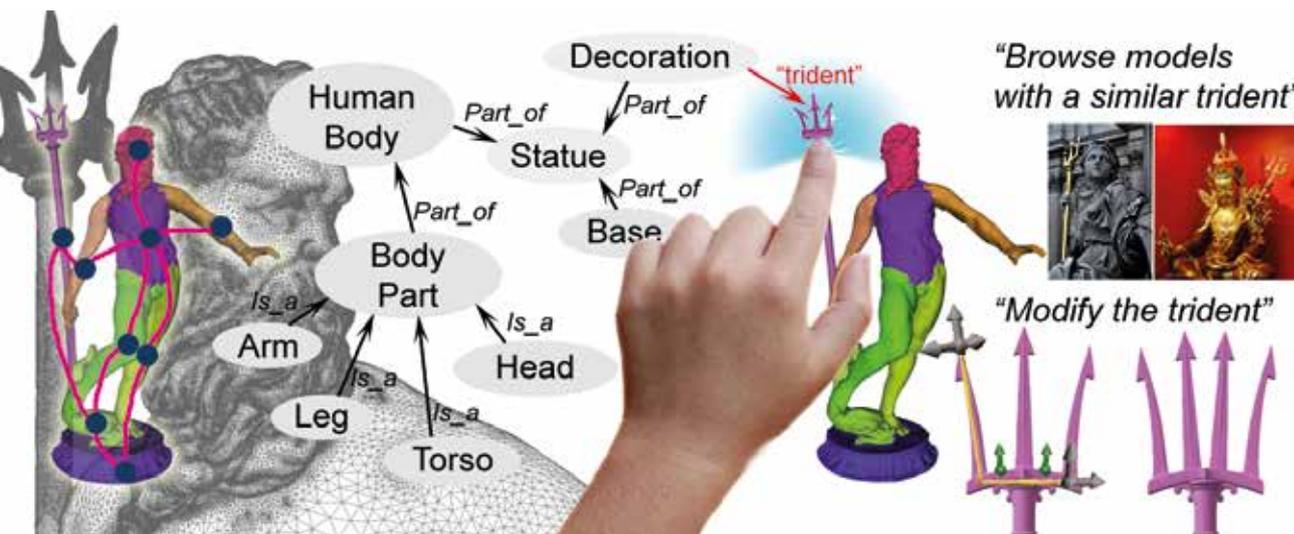


Fig. 1 - Rappresentazione di uno scenario di annotazione e ricerca di parti simili su modelli digitali per i Beni Culturali. Il sistema di annotazione sviluppato presso IMATI (<http://shapeannotator.sourceforge.net/>) fornisce la possibilità di analizzare i risultati ottenuti da strumenti di analisi e strutturazione di forme e la classificazione delle varie parti secondo concetti formalizzati in ontologie di dominio.

La missione dell'Istituto di Matematica Applicata e Tecnologie Informatiche "E. Magenes" (IMATI), con le sue tre sezioni di Pavia, Milano e Genova, è quella di fornire le conoscenze e le infrastrutture per lo sviluppo e la diffusione della matematica applicata e dell'informatica come strumenti per affrontare le sfide provenienti dalle applicazioni in campi diversi come la medicina e la biologia, l'ingegneria, le scienze sociali, il clima e l'ambiente e i beni culturali.

IMATI nasce nel 2002 dalla fusione di 3 Istituti CNR: IAN di Pavia, IMA di Genova e IAMI di Milano, ma l'attività di ricerca in grafica e modellazione inizia a metà degli anni '70 presso l'IMA di Genova per lo sviluppo di un progetto CNR per l'insegnamento a distanza dell'Analisi Matematica nei corsi universitari. Il progetto prevedeva l'utilizzo di periferiche grafiche interattive per la rappresentazione e l'interrogazione di grafici di funzioni e curve bidimensionali. Da questa esperienza, assolutamente innovativa anche a livello internazionale, si acquisirono competenze di modellazione geometrica e informatica grafica che portarono nel 1980 alla costituzione di una linea di ricerca del CNR denominata *Grafica Computazionale e Modellazione Geometrica*, sotto la responsabilità di Bianca Falcidieno. All'epoca erano pochissime le ricerche attive in questo settore, per il costo quasi proibitivo dei dispositivi grafici, per l'assenza di sistemi software per la grafica interattiva di tipo general purpose e per la difficoltà di reperire testi e corsi di formazione adatti a utenti non ancora esperti in Computer Graphics.

In questo panorama, decisamente pionieristico, al CNR di Genova si affrontarono da subito problemi sia teorici che applicativi in grafica e modellazione geometrica. Lo spunto di partenza venne dall'osservazione che gran parte dell'infor-

mazione grafica è geometrica, e quindi un forte background matematico era sicuramente un punto di forza, soprattutto nella definizione ed elaborazione di modelli computazionali. Da qui nacque un primo fruttuoso filone di ricerca in modellazione geometrica, geometria e topologia computazionale, applicato alla sintesi e analisi di superfici e oggetti tridimensionali.

In parallelo, vista la carenza di sistemi software per la grafica, la ricerca venne dedicata allo studio e sviluppo di software per la rappresentazione, l'elaborazione e l'archiviazione dell'informazione grafica 3D. Negli anni '80, i ricercatori dell'IMA parteciparono alla definizione delle specifiche ISO dei primi standard grafici 3D, GKS e PHIGS.

Oltre agli aspetti di matematica computazionale e di informatica il gruppo genovese si è dedicato agli aspetti applicativi delle ricerche sviluppate. Le prime applicazioni furono rivolte alla rappresentazione del territorio e dell'ambiente con lo sviluppo di modelli digitali di terreno basati su mesh triangolari per sistemi informativi geografici (GIS), e alla progettazione e analisi di prodotti industriali in sistemi di Computer Aided Design and Manufacturing (CAD, CAM).

Dagli anni '90 in poi, ci si rese conto che i modelli puramente geometrici, arricchiti solo da attributi grafici erano validi solo

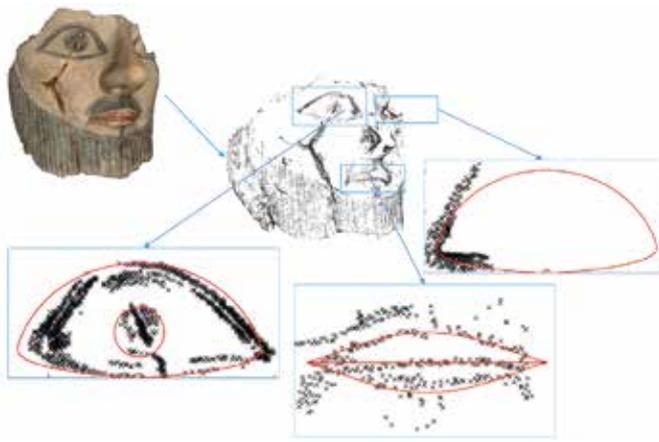


Fig. 2 - Riconoscimento di caratteristiche significative in un frammento di viso e loro caratterizzazioni quantitative.

per applicazioni finalizzate alla pura visualizzazione, e non venivano utilizzati dalle applicazioni reali come strumenti di indagine e di comunicazione delle conoscenze ad essi associate. In questi anni quindi il gruppo introdusse il concetto di *shape*, che oltre alla forma geometrica e agli aspetti visuali includeva caratteristiche di struttura, significato ed evoluzione nel tempo. È di quegli anni infatti l'organizzazione da parte di IMATI delle prime conferenze internazionali di Shape Modelling e l'avvio di progetti in collaborazione con gruppi di ricerca e industrie in Giappone.

È all'inizio degli anni 2000 che IMATI consolida la sua posizione di leadership internazionale sui temi della modellazione semantica della forma. Dal 2004 al 2008, infatti, l'IMATI coordina la rete di eccellenza FP6 AIM@SHAPE cui partecipano 13 prestigiosi centri di ricerca e università in Europa (http://cordis.europa.eu/ist/kct/aimatshape_synopsis.htm). Questo progetto ha costituito una pietra miliare per la ricerca internazionale: l'annotazione semantica di modelli 3D viene proposta per la prima volta come chiave per costruire, processare, trasmettere, e archiviare rappresentazioni basate sulla semantica, formalizzata nei diversi contesti applicativi. Inoltre è stata sviluppata un'architettura per l'archiviazione di forme certificate e annotate, e strumenti per la loro manipolazione: il Digital Shape Workbench (DSW), diventato subito un riferimento per la comunità scientifica, e attualmente migrato in una nuova infrastruttura creata nell'ambito del progetto europeo FP7 VISIONAIR di cui IMATI è stato partner dal 2011 al 2015 (<http://visionair.ge.imati.cnr.it/>).

Dal 2008 i Beni Culturali entrano a far parte dei settori di riferimento per la ricerca del gruppo. IMATI coordina FOCUS K3D, nato per promuovere la comprensione e l'utilizzo di tecnologie della conoscenza per contenuti digitali 3D in ambiti in cui l'utilizzo di 3D media era già importante: Medicina, Bioinformatica, Produzione Industriale, Edutainment e Beni Culturali (http://cordis.europa.eu/fp7/ict/content-knowledge/projects-focus-k3d_en.html). Per il patrimonio culturale, il progetto ha evidenziato i benefici di integrare geometria e semantica, attraverso l'annotazione semantica: ad esempio le zone corrose di una statua possono essere identificate sul modello e informazioni sulle operazioni di restauro possono essere archiviate insieme alla geometria (Fig. 1). Nell'ottica della condivisione di contenuti, l'annotazione del modello digitale e delle sue parti facilita una ricerca di modelli o parti simili più significativa dell'attuale ricerca per parole chiave. In seguito si sono sperimentate altre possibili modalità di interazione con contenuti relativi al patrimonio culturale nell'ambito dei serious game, con la partecipazione alla rete europea GALA (FP7, 2012-2014). Tra i vari gruppi di interesse istituiti nel progetto, IMATI ha coordinato quello sui beni culturali che ha portato all'analisi, classificazione e valutazione di vari giochi digitali in base all'argomento (storia, archeologia, arte,..) e allo scopo educativo (informazione, sensibilizzazione, coinvolgimento,..).

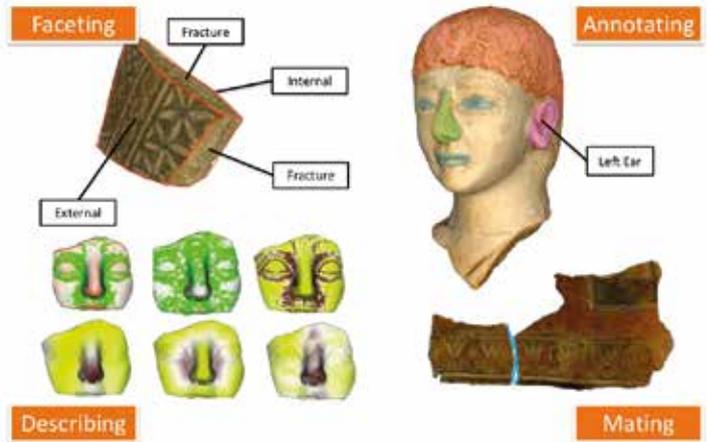


Fig. 3 - Annotazione semantica come base per la classificazione e la ricostruzione virtuale di oggetti danneggiati.

L'evoluzione delle ricerche è sintetizzata dal nome assunto dal gruppo IMATI, *Shape and Semantics Modelling Group*, che riflette come la modellazione debba riguardare ed integrare sia gli aspetti geometrici che semantici, ovvero legati alla formalizzazione della conoscenza e del contesto di utilizzo degli oggetti. La ricerca relativa alla gestione della conoscenza include l'analisi semantica di dati multi-dimensionali e, in generale, di risorse informative disponibili nel WEB, quali sono i dati esposti rispetto al paradigma Linked Data. Il gruppo attualmente annovera al suo interno 12 tra ricercatori e tecnologi e 10 tra dottorandi, postdoc e altro personale in formazione.

ATTIVITÀ DI RICERCA CORRENTE CON FOCUS SUI BENI CULTURALI

Analisi e Similarità di Forma

Un tema di ricerca distintivo dell'IMATI di Genova è sicuramente l'analisi di forma, che va dall'identificazione di caratteristiche geometriche peculiari degli oggetti rappresentati, al riconoscimento di particolari configurazioni o strutture, fino alla identificazione e classificazione di parti a cui è associata una certa funzionalità. Questa ricca base metodologica ha permesso nel corso degli ultimi anni, di sviluppare e consolidare approcci per la classificazione, la ricerca e il confronto di oggetti guidate dalla similarità di forma, declinato per le diverse sfaccettature che tale termine suggerisce: similarità geometrica, strutturale, funzionale o semantica in senso ampio.

Questa capacità di elaborazione del concetto di similarità ha portato a risultati molto interessanti in ambito Beni Culturali, in particolare in archeologia, dove i processi di analisi si basano appunto su diverse modalità di confronto di forma, come attualmente sviluppato nell'ambito del progetto Horizon 2020 GRAVITATE (<http://gravitate-project.eu/>).



Fig. 4 - Esempi di ricerca di reperti archeologici ottenuti combinando informazioni geometrico-topologiche e colorimetriche: scelto un modello i risultati ottenuti sono ordinati rispetto alla valutazione di similarità ottenuta.



Fig. 5 - Acquisizione della Tavola di Polcevera mediante scanner laser e costruzione del modello 3D.

Un aspetto che caratterizza i manufatti provenienti da scavi archeologici è la loro frammentazione: in questo contesto è dunque necessario interpretare frammenti che sono inevitabilmente corrosi, danneggiati e, spesso, incompleti. A questo proposito si stanno sviluppando strumenti per l'identificazione di parti significative, anche incomplete, di frammenti di statuine, quali ad esempio occhi, bocca, naso, decorazioni (Fig. 2).

L'analisi geometrica e semantica arricchisce la descrizione dei frammenti attraverso l'annotazione semantica per parti, e diventa in GRAVITATE lo strumento principale per la classificazione e la ricostruzione virtuale di oggetti danneggiati (Fig. 3).

Infine da sottolineare come gli aspetti legati al colore, tessitura e decorazioni siano basilari in analisi stilistiche e archeologiche. La possibilità di trattare il colore con una proprietà di forma ulteriore è un argomento estremamente interessante che si sta studiando per lo sviluppo di una migliore navigazione in database archeologici che permetta una modulazione delle proprietà ricercate guidata dalle esigenze dell'utente, dalla forma, al colore, fino alle caratteristiche semantiche (Fig. 4).

Metodologie innovative per la valorizzazione del patrimonio culturale

L'esperienza del gruppo nell'utilizzo delle tecnologie della conoscenza per la documentazione, condivisione e analisi semantica di risorse informative ha permesso lo sviluppo di metodologie innovative per l'annotazione di risorse con concetti, relazioni e attributi codificati in un'ontologia di dominio. Per supportare le attività di browsing e retrieval di contenuti vengono sviluppati metodi di analisi semantica delle risorse attraverso un confronto di similarità tra le informazioni correlate. Inoltre per sfruttare le possibilità fornite dalla condivisione delle risorse nel web of data attraverso il paradigma Linked Data vengono definite tecniche per il loro consumo. Nello specifico si studiano algoritmi per l'analisi di qualità delle risorse interlinkate e metodi per esplorare (consumare) i dataset interlinkati.

Il progetto R.I.C.E.R.C.A finanziato dalla Regione Liguria co-

stituisce un esempio di come l'applicazione delle metodologie di gestione della conoscenza possa avere un impatto positivo nella valorizzazione del patrimonio culturale. In questo progetto, IMATI ha contribuito alla realizzazione di una piattaforma tecnologica per la consultazione in rete dell'archivio storico industriale della Fondazione Ansaldo, accessibile e consultabile con facilità da un'utenza eterogenea e non solo specialistica.

Modellazione geometrica dall'acquisizione alla stampa 3D

I laboratori dell'IMATI di Genova sono dotati di uno scanner laser per la digitalizzazione di oggetti e di una stampante 3D per la fabbricazione di prototipi a partire da modelli digitali. Grazie a questi strumenti il gruppo ha potuto sviluppare un know how relativo a tutte le fasi della transizione da reale a virtuale e viceversa. La ricerca ha prodotto strumenti innovativi, sia teorici che pratici (es. software), per l'elaborazione della geometria di forme 3D con focus sullo sviluppo di nuove tecniche per colmare il gap esistente fra i processi che creano modelli geometrici e i processi che utilizzano tali modelli, fino alla loro riproduzione fisica con stampa 3D.

Esempi di questo tipo di elaborazione sono il cosiddetto "mesh repairing" (<https://sourceforge.net/projects/meshfix/>) fondamentale per trasformare modelli 3D grezzi in oggetti che racchiudono un volume ben definito. Le moderne tecniche di acquisizione permettono di digitalizzare oggetti 3D anche molto complessi, ma in molti casi le rappresentazioni geometriche risultanti non sono direttamente utilizzabili per applicazioni di stampa 3D e richiedono una pre-elaborazione particolare. Nel corso del progetto "Tavola di Polcevera", le tecniche di elaborazione hanno permesso di produrre un modello 3D ad altissima risoluzione usato per la stampa 3D di una riproduzione della tavola di Polcevera (Fig. 5). Questa riproduzione è attualmente custodita dal Museo archeologico di Genova.

Inoltre, qualora l'oggetto dovesse essere più grande del vo-

lume di stampa, una ricerca del gruppo presentata a Eurographics 2016 mostra come scomporre modelli in parti più piccole che possono essere impacchettate all'interno del volume di stampa per una produzione più rapida ed efficace, che avrebbe nell'ambito dei Beni Culturali una grande importanza. La stampa 3D, e la possibilità di simulare in digitale processi complessi, apre infatti diversi scenari di utilizzo molto interessanti che hanno nelle applicazioni industriali una ricaduta potenziale enorme. La ricerca dell'IMATI all'interno del progetto Europeo CAxMan (<http://www.caxman.eu/>), ad esempio, studia processi automatici per trasformare un modello di design in istruzioni di stampa ottimizzate che tengono conto dei risultati di simulazioni sia strutturali che termiche.

RISULTATI E RICONOSCIMENTI

Il gruppo è riconosciuto a livello nazionale e internazionale per le sue competenze, e ha attivato importanti collaborazioni a carattere interdisciplinare con importanti enti di ricerca e università con scambio di giovani ricercatori, tesisti e dottorandi. Inoltre sono attive collaborazioni progettuali con musei ed enti nel contesto dei Beni Culturali.

Negli ultimi 3 anni il gruppo partecipa a 11 progetti europei (di cui 3 H2020, e 1 ERC da ottobre 2016) e a 15 progetti nazionali/regionali.

Inoltre sono state organizzate 8 conferenze o workshop internazionali, l'ultimo dei quali è il workshop EUROGRAPHICS su Computer Graphics e Cultural Heritage, Genova 5-7 ottobre 2016.

I risultati ottenuti sono di rilievo. Delle numerose pubblicazioni scientifiche, alcune sono state premiate come best paper. I ricercatori dell'IMATI hanno avuto riconoscimenti individuali come conferenzieri e inviti in comitati internazionali. Alla fondatrice del gruppo, Bianca Falcidieno, è stato riconosciuto il ruolo di pioniera e innovatrice per le ricerche in modellazione e analisi di forme 3D. È stata infatti nominata tra le 12 scienziate della storia del CNR al femminile, in occasione degli 80 anni del CNR e ha ricevuto il titolo di pioneer dall'associazione internazionale del Solid Modeling (SMA).

L'articolo "Shape and Semantics Modelling: la ricerca dell'IMATI - CNR per la rappresentazione, l'analisi e la documentazione di modelli digitali 3D e le sue applicazioni ai Beni Culturali" è il quinto della serie tematica curata da Luca Papi (CNR) dedicata a cinque laboratori del Consiglio Nazionale delle Ricerche, il più grande Ente Pubblico di Ricerca italiano. I direttori dei singoli laboratori sono chiamati a descrivere le competenze, le attività di ricerca, i progetti, le collaborazioni nazionali e internazionali delle strutture di cui sono responsabili.

ABSTRACT

The Shape and Semantics Modelling Group of CNR-IMATI (an Institute of the Italian National Research Council) is active on several research topics related to shape modelling and retrieval. They include geometric modelling, shape analysis and similarity with applications to Cultural Heritage, Product Modelling, Geographical Data Processing, Fabrication and Medicine. The group is characterized by a unique mix of theoretical, computational and applied expertise in mathematics and computer science.

It has an internationally recognized leading role in shape modelling and analysis, and in semantics-based technologies as proven by the scientific results and by the many EU projects and international/national collaborations. In Cultural Heritage and Archaeology the team is applying its specific expertise in the acquisition and reconstruction of surfaces and objects, in the analysis of 3D models, and point clouds and in the similarity evaluation and classification of digital heritage objects.

PAROLE CHIAVE

3D; SHAPE MODELLING; SEMANTICS MODELLING

AUTORE

BIANCA FALCIDIENO, BIANCA.FALCIDIENO@GE.IMATI.CNR.IT
FRANCA GIANNINI, MICHELA SPAGNUOLO, MARCO ATTENE, SILVIA BIASOTTI, CHIARA CATALANO, MONICA DE MARTINO, MARINA MONTI, MICHELA MORTARA, CORRADO PIZZI
CNR-IMATI, GENOVA

OXFORD
INSTRUMENTS

T Technologies
for Quality S.r.l.
www.TQsrl.com

Oxford X-MET8000

Il nuovo Spettrometro ED XRF portatile



Nuovo rivelatore RX
SDD large Area
Tubo RX 50 kV Tgt Rh, 4 W

Elaborazione Spettri su
monitor integrato o su PC
Collegamento via cavo
USB o WiFi
Fotocamera integrata

Operatività batterie
fino a 10 ore
Impermeabile antispruzzo
antipolvere

Pre-calibrato con
metodi Alloy e Minerals
Software di calibrazione
ed elaborazione spettri
integrato

TQ Technologies for Quality S.r.l

Via Marsilio da Padova, 2 R 16146 Genova (GE)

Tel: 010 4070991 - Fax: 010 42091199

e-mail: info@tqsrl.com web: www.tqsrl.com