

# The Shape and Semantics Modelling Group

B. Falcidieno<sup>1</sup>, M. Spagnuolo<sup>1</sup>, F. Giannini<sup>1</sup>, R. Albertoni<sup>1</sup>, M. Attene<sup>1</sup>, S. Biasotti<sup>1</sup>, C. E. Catalano<sup>1</sup>, A. Cerri<sup>1</sup>,  
M. De Martino<sup>1</sup>, M. Monti<sup>1</sup>, M. Mortara<sup>1</sup> and G. Patanè<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CNR-IMATI, Sez. Genova, Italy

---

## Abstract

*Presentiamo le attività del gruppo di ricerca denominato “Shape and Semantics Modelling” operante presso la sezione di Genova dell’Istituto di Matematica Applicata e Tecnologie Informatiche “E. Magenes” del Consiglio Nazionale delle Ricerche.*

---

## 1. Descrizione del gruppo

Il gruppo di ricerca, fondato da Bianca Falcidieno agli inizi degli anni '80, è stato uno dei primi ad occuparsi di Computer Graphics in Italia. La grafica computazionale, a suo tempo inserita nell'area Informatica Matematica, in origine si è concentrata su temi di modellazione geometrica, geometria computazionale e visualizzazione. L'attività di ricerca del gruppo si è attualmente focalizzata sullo studio degli aspetti legati alla forma di oggetti 3D, a partire dalla rappresentazione e analisi della geometria per la modellazione, la classificazione e il riconoscimento di forme 3D fino alla formalizzazione della conoscenza e del contesto di utilizzo di oggetti. L'attività di ricerca relativa alla gestione della conoscenza si estende all'analisi semantica di dati multi-dimensionali e, in genere, di risorse informative disponibili nel WEB, quali sono i dati esposti rispetto al paradigma Linked Data. Le ricerche di base affrontate dal gruppo Shape and Semantics Modelling si declinano in diversi ambiti applicativi con punte di eccellenza comprovate dalla produzione scientifica (articoli su rivista, libri, atti di convegno, etc.) e dalla partecipazione a numerosi progetti internazionali competitivi (FP7 e H2020), in un ampio spettro di contesti: Beni Culturali, Territorio e Ambiente, Infrastrutture di Dati Spaziali, Progettazione e Produzione Industriale, Medicina e Bioinformatica; tutti ambiti applicativi in cui l'integrazione di informazioni di tipo geometrico e semantico riveste un ruolo chiave. Il gruppo è riconosciuto a livello nazionale ed internazionale per le sue competenze, ed ha attivato importanti collaborazioni a carattere interdisciplinare con importanti enti di ricerca e università con scambio di giovani ricercatori, tesisti e dottorandi. Tra questi, l'università di Genova, l'università

di Bologna, il centro RWTH-Aachen/Germania (geometry processing e mesh repairing), l'università della Southern Australia (metodi di machine learning per l'analisi della funzionalità), l'università di New York, Stony Brook/US (metodi numerici per l'analisi di forme 3D), l'università Blaise Pascal/Francia (analisi di forma), l'università Aix-Marseille di Aix en Provence (analisi di forme). Il gruppo è infine partner del Polo di Ricerca e innovazione POLITECMED (Polo Ligure delle TECnologie MEDicali) e membro del CDA e del CTS.

## 2. Linee di ricerca

Le competenze distintive del gruppo di ricerca Shape and Semantics Modelling (SSMG) si articolano in attività che spaziano dalla modellazione e l'analisi di dati 3/nD alla modellazione semantica, alla matematica applicata.

Il gruppo si occupa di metodi e algoritmi per la modellazione, l'analisi e il confronto di contenuto digitale per il trattamento di forme 3/nD. Questo ha portato ad acquisire competenze metodologiche in geometry processing, intendendo la forma come insieme di aspetti geometrici, strutturali e semantici e competenze specifiche in acquisizione, ricostruzione e riproduzione di forme 3D, vedi Figura 1; nel trattamento di grosse moli di dati; nell'analisi, classificazione e retrieval di forme 3D.

Il gruppo è coinvolto nella ricerca e sviluppo di metodi per la codifica e l'elaborazione della conoscenza con focus specifico su applicazioni che utilizzano in modo significativo contenuti digitali 3/nD (product modelling, creative design, manufacturing, sistemi informativi geografici,

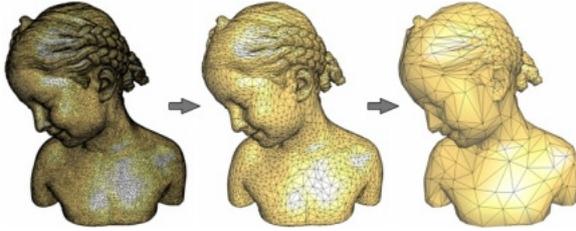


Figure 1: Esempio di tecniche sviluppate dallo SSMG.

medicina, gaming e simulazione, beni culturali). L'obiettivo è l'integrazione e lo sfruttamento di descrizioni semantiche nei modelli tradizionali per la realizzazione di nuovi metodi di codifica dei contenuti semanticamente ricchi che possano essere automaticamente interpretati, elaborati e visualizzati nella maniera più idonea al contesto in esame. Vengono inoltre sviluppati strumenti l'annotazione, esplorazione e analisi semantica delle risorse. L'attività include la definizione di metodi per il consumo di dati pubblicati, strutturati e collegati secondo il paradigma del Linked Data best practice con focus specifico sulle problematiche legate alla qualità dei linkset tra le risorse collegate e al consumo delle risorse stesse.

Le attività di ricerca del gruppo nell'ambito della matematica applicata hanno carattere sia teorico (formalizzazione di strutture e metodi per la manipolazione di forma, dimostrazioni di proprietà) che computazionale (sviluppo di algoritmi). In particolare, lo SSMG è attivo nella geometria computazionale e geometria differenziale discreta per la rappresentazione e l'analisi di forma mediante complessi simpliciali; nella topologia algebrica e differenziale per l'analisi di proprietà di forma attraverso funzioni vettoriali definite su varietà; nella definizione di metodi di approssimazione di dati discreti mediante funzioni implicite (funzioni di base radiali, moving least-squares) e tecniche discrete multi-risolutive; nell'analisi spettrale di varietà e discretizzazione del nucleo del calore su superfici e volumi; nell'analisi geometrica e morfologica multi-scala di varietà.

Le metodologie sviluppate trovano applicazione in diversi contesti, quali lo sviluppo di metodi geometrici per l'analisi e l'annotazione semantica di manufatti 3D; la modellazione e analisi della similarità tra forme; lo sviluppo di motori di ricerca 3D e il riconoscimento automatico; il monitoraggio ambientale; lo sviluppo di metodi per l'analisi di dati MRI segmentati e la caratterizzazione di strutture anatomiche e patologie del sistema muscolo-scheletrico.

### 3. Attività progettuale

Lo SSMG ha partecipato e partecipa a numerosi progetti internazionali e nazionali; è attualmente coinvolto in 3 progetti Horizon 2020 tra cui *CAXMAN - Computer Aided Technologies for Additive Manufacturing* e *GRAVITATE - Geometric*

*Reconstruction And novel semantic reunification of cultural heritage objects*. Inoltre è coinvolto nei progetti FP7 *IQ-mulus - A High-volume Fusion and Analysis Platform for Geospatial Point Clouds, Coverages and Volumetric Data Sets*, *VISIONAIR: A world class infrastructure for Advanced 3D visualisation based Research* e *MSH - MultiScaleHuman - "Multiscale Biological Modalities for Physiological Human Articulation"*.

In ambito nazionale il gruppo attualmente partecipa a vari progetti regionali tra cui i progetti PAR FAS 2007 - 2013, Progetto 4 "Programma triennale per la ricerca e l'innovazione: progetti integrati ad alta tecnologia". In particolare, sono attivi i progetti *MEDIARE: Nuove metodologie di Imaging Diagnostico per patologie reumatiche e I-REUMA: Imaging non invasivo dedicato per diagnosi precoce e follow-up delle patologie reumatiche del distretto mano-polso*. Infine, IMATI partecipa e coordina Progetti Bandiera CNR e MIUR Fabbrica del Futuro quali *SuF-SeF: Sustainable Factory Semantic Framework (2013)* e *Pro2Evo: Product and Process Co-Evolution Management via Modular Pallet configuration (2014)*.

### 4. Strumentazioni e infrastrutture

A supporto dell'attività di ricerca, il gruppo dispone di un laboratorio per l'acquisizione tramite scanner e per la stampa di oggetti 3D. Grazie all'attività svolta negli anni, il gruppo ha sviluppato e mantiene un'infrastruttura e un server Linked Data importanti nel contesto scientifico di riferimento:

- Virtual Visualisation Service (VVS) (<http://visionair.ge.imati.cnr.it/>), e-infrastruttura realizzata nell'ambito del progetto EU infrastrutture VISIONAIR sulla base del Digital Shape Workbench sviluppato nella rete di Eccellenza AIM@SHAPE coordinata da IMATI nell'FP6. L'infrastruttura supporta la condivisione e il riutilizzo di modelli di MDM (immagini, video, modelli 3D, nuvole di punti, etc.) e strumenti software per l'analisi ed elaborazione di MDM. È attualmente uno dei repository più utilizzati in ambito computer graphics e geometric modelling per il benchmarking di algoritmi, e implementa una search engine 3D per il ritrovamento di risorse per similarità di forma.
- Linked Thesaurus Framework for the Environment (LUSTRE), realizzato nell'ambito del progetto EU eENVplus per fornire una soluzione alle problematiche multiculturali e multilinguisti nella condizione dei dati ambientali. È caratterizzato da una Infrastruttura di Conoscenza che integra via Linked Data i Vocabolari per l'Ambiente più noti e utilizzati e da un set di Web Services per il suo sfruttamento. Il framework è pensato per l'annotazione di risorse informative e supportare data discovery. Parte dei vocabolari sono stati inclusi nel Linked Open data Cloud 2014 ampliandone la visibilità. (<http://linkeddata.ge.imati.cnr.it>).