

# LA VALORIZZAZIONE DIGITALE DEL MUSEO GEOLOGICO GIOVANNI CAPELLINI DI BOLOGNA

di Dante Abate, Federico Fanti

Le tecnologie digitali vengono sempre più utilizzate per la condivisione, la promozione e la valorizzazione del patrimonio culturale, motivo per cui un numero crescente di musei se ne serve per aumentare la propria visibilità e la propria offerta culturale.

Questo studio è parte di un progetto pilota ancora in corso condotto dal 3D GraphLab del Centro Ricerche ENEA di Bologna (Unità Tecnica per l'Information and Communication Technology) in collaborazione con il Museo Geologico Giovanni Capellini, al fine di sviluppare dei contenuti multimediali online sfruttando gli standard WebGL e JavaScript.

## VISUALIZZAZIONE 3D SU WEB BROWSER

Lo sviluppo di tecnologie di visualizzazione *Web-based* e di strumenti per la condivisione di dati tridimensionali on-line, sebbene sia da considerare tuttora un processo in continua evoluzione, ha compiuto decisi passi in avanti nell'ultima decade.

Ciò malgrado, la presenza di modelli 3D scientifici sulla rete non è molto diffusa a causa principalmente della possibile compromissione dei diritti d'autore (IPR - *Intellectual Property Rights*), legati al download libero dei modelli, ed alle difficoltà che possono derivare dall'installazione e dalla configurazione di software terzi da parte di utenti non esperti.

Si deve a Behr [1] un'estensiva ed esauriente rassegna delle tecnologie di visualizzazione di modelli 3D su Web. I diversi approcci sono stati suddivisi dall'autore principalmente in due categorie: plug-in e plug-in free. Per questo studio è stata adottata la seconda opzione che prevede l'utilizzo delle librerie grafiche WebGL, escludendo quindi la necessità di installare plug-in aggiuntivi.

WebGL (Web-Based Graphic Library) è un API 3D (*Application Programming Interface*) di cui oggi sono dotati i più comuni browser (Mozilla Firefox; Google Chrome; Opera; Safari, IE) che permette di creare e visualizzare animazioni 3D senza l'utilizzo di plug-in e di applicazioni esterne, come ad esempio flash, ma che si basa unicamente sul linguaggio JavaScript [2]. Queste librerie grafiche sono state implementate per lavorare direttamente con le schede grafiche utilizzando le risorse della GPU (*Graphics Processing Units*). L'API è basata su OPEN GL ES 2.0, che permette di eseguire le funzioni di rendering in un contesto HTML5 a prescindere dal dispositivo su cui si stanno visualizzando i dati (desktop pc, smartphone, tablets, smart TV).

Oltre a ciò, la disponibilità di numerosi standard ed il crescente sviluppo di librerie grafiche, (C3DL, OpenSceneGraph, X3DOM, etc); API (WebGL, O3D, etc); plug-in (OSG4WEB, Ja-

va3D, etc); game engines (Unity3D, 3DVia, etc); linguaggi e formati (X3D, PDF3D, etc) comincia a favorire questo processo di condivisione di dati tridimensionali [3].

Una delle prime applicazioni cosiddette plug-in free di grafica tridimensionale on-line è stata rappresentata da Google O3D, un API grafica sviluppata per creare applicazioni 3D interattive all'interno di un comune Web browser. In un primo momento concepito come un plug-in, successivamente è stato commutato in una libreria JavaScript basata sulla tecnologia WebGL [4].

Un'altra soluzione è rappresentata da X3DOM, un'interfaccia grafica basata su JavaScript che permette di incorporare file in formato X3D all'interno di pagine HTML, semplicemente modificando gli elementi del DOM (*Domain Object Model*). X3DOM è una sintassi di programmazione basata su WebGL che non necessita l'installazione di alcun plug-in [5]. Presso il CNR ITABC è in corso un progetto di riconversione del modello della Villa di Livia di prima porta (Roma), in origine concepita come un'installazione interattiva presso il museo delle terme di Diocleziano a Roma. L'attività di *porting* prevede la pubblicazione dell'intera scena tridimensionale sul Web utilizzando le specifiche X3DOM [6].

A tal proposito sono sempre più diffusi gli esempi di istituzioni pubbliche e private attive nel campo dei beni culturali che creano musei virtuali sfruttando le tecnologie Web, con la finalità di raggiungere l'audience più ampia possibile, cercando al tempo stesso di evitare l'installazione di software terzi o specifiche soluzioni commerciali. Un esempio interessante è rappresentato dal DEA (Digital Epigraphy and Archaeology) Virtual Museum of World Heritage, che offre l'opportunità di visualizzare una ricca collezione di iscrizioni 3D o manufatti archeologici accedendo ad un database online attraverso standard Web browser implementati con le librerie WebGL [7,8].

Anche consultando il sito Web del progetto 3D-COFORM è possibile visualizzare modelli 3D realizzati utilizzando tec-

nologie *range-based* e resi disponibili online sfruttando la tecnologia X3DOM [9].

Lo Smithsonian Institution, a supporto del progetto di digitalizzazione delle sue collezioni, ha recentemente pubblicato online il servizio Smithsonian X 3D, un 3D viewer browser-based sviluppato in collaborazione con Autodesk che permette di visualizzare ed analizzare modelli tridimensionali su Web [10].



Fig. 1 - Scansione a luce strutturata di plastico di area costale del XIXo secolo.

#### IL MUSEO GEOLOGICO G. CAPELLINI DI BOLOGNA ED IL PROGETTO DI VISUALIZZAZIONE

Il MGGC è il più grande e ricco museo geologico e paleontologico del diciannovesimo secolo in Europa con oltre un milione di campioni conservati al suo interno [11]. Una delle qualità intrinseche più importanti, che lo rende unico nel suo genere, risiede nell'allestimento. Il suo design è infatti lo stesso studiato e realizzato da Capellini nel 1881, anno in cui il museo venne completato, riunendo collezioni, donazioni e nuove acquisizioni provenienti da tutto il mondo. La sua *mission* principale è quella di preservare e valorizzare le ricche collezioni, promuovendo la comunicazione e l'educazione della storia della scienza della terra e della vita. Al fine di salvaguardare la sua identità, e preservare il museo stesso, la direzione scientifica ha deciso di offrire e promuovere la fruizione delle collezioni musealizzate attraverso tecniche non invasive, sfruttando le potenzialità offerte dalle moderne tecnologie digitali con la finalità di arricchire l'esperienza degli utenti prima, durante e dopo la visita del museo.

Per valorizzare le collezioni conservate al MGGC sono state utilizzate e messe a punto principalmente tre tecniche di visualizzazione:

- modelli 3D, digitalizzati tramite scanner a luce strutturata, fruibili dagli utenti sul Web senza la necessità di installare nuovi software o configurare il proprio sistema;
- dati multimediali, metadati e modelli 3D, creati con tecniche di computer grafica, accessibili direttamente durante la visita museale utilizzando smartphones o tablets;
- documenti digitali ed interattivi in formato 3D PDF da consultare per approfondire lo studio.

#### MODELLAZIONE RANGE BASED E VISUALIZZAZIONE WEBGL

In accordo con il coordinamento scientifico del museo, e con le finalità del progetto, sono stati digitalizzati alcuni oggetti scelti in base al materiale, alla tipologia ed alle dimensioni. I sei oggetti selezionati dai ricercatori sono:

- Frammento fossile di Mososauro (dinosaurio)
- Testa di Tomistoma Calaritanus (coccodrillo)
- Murex (mollusco)
- Frammento di Cycadeoidea (palma fossile)
- Plastico di zona costale del diciannovesimo secolo.
- Modello in scala di iguanodonte

Per la modellazione è stato utilizzato uno scanner a luce strutturata Breuckmann SmartScan 3D HE 5 Mpx, (Fig.1) acquistato dall'ENEA 3D GraphLab all'interno del progetto di ricerca It@cha (Tecnologie Italiane per Applicazioni Avanzate nei Beni Culturali). Sebbene modelli costituiti da un elevato numero di poligoni non siano utilizzabili per la visualizzazione Web browser plug-in free a causa delle loro dimensioni, la tecnica *range based* adottata ha permesso di ottenere modelli ad alta risoluzione utilizzabili dai ricercatori, oltre che per scopi divulgativi, anche per finalità di studio puramente scientifiche, nonché per realizzare repliche fisiche delle opere musealizzate che, secondo le normative vigenti, non possono essere riprodotte attraverso tecniche a contatto. Lo scanner impiegato ha assicurato:

- una rapidissima acquisizione dei dati (sia geometrici che RGB);
- definizione ed accuratezza metrica (26  $\mu\text{m}$  per singola *range map*).

Dopo le note fasi di post processing, eseguite con i software Optocat e Meshlab (allineamento *range maps*, *merge*, *surface reconstruction*, etc.), (Fig.2) i sei modelli sono stati ottimizzati per la visualizzazione on-line riducendo il numero di poligoni da diversi milioni a circa 100 mila facce, ed esportati in formato PLY. E' stato infatti testato che l'applicativo WebGL sviluppato per la fruizione via browser non è in grado di processare più di questo quantitativo di poligoni. La libreria grafica utilizzata è stata Three.js nata principalmente per lavorare con le potenti API WebGL e disponibile gratuitamente attraverso il servizio Web di hosting per lo sviluppo di progetti GitHub [12]. Essa permette di esplorare modelli 3D sfruttando la GPU dei PC ed il linguaggio JavaScript. Ciò ovviamente presuppone che la scheda grafica utilizzata sia aggiornata. Una delle caratteristiche che la rende particolarmente accessibile è il basso livello di com-

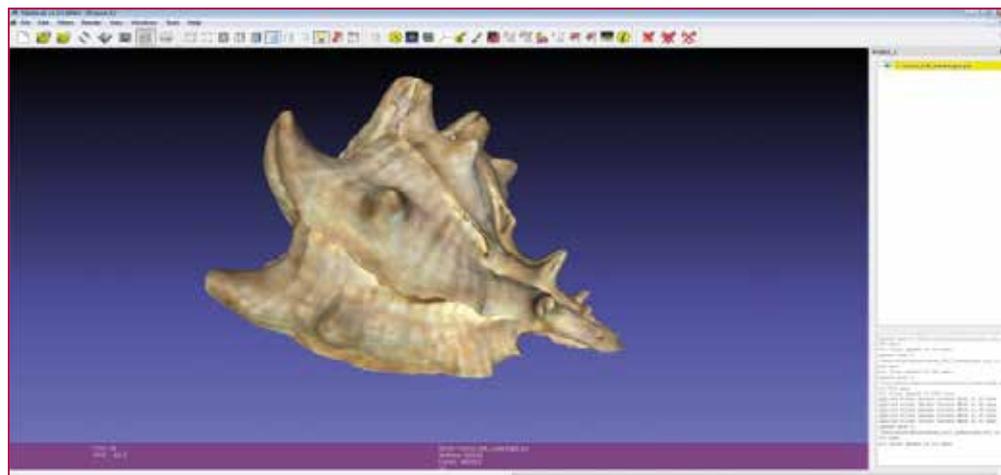


Fig. 2 - Modello tridimensionale di Murex visualizzato in Meshlab.

plexità della sintassi.

Three.js mette a disposizione alcune forme geometriche predefinite, così come la possibilità di importare oggetti dai più popolari programmi di modellazione 3D. I modelli digitalizzati presso il Museo Capellini sono stati quindi convertiti in formato Js in modo tale da poter essere interpretati dalle librerie grafiche appena menzionate. Per fare ciò si è utilizzato un plug-in (linguaggio python) per il software di grafica Blender che permette di esportare sia la geometria che i valori RGB associati a ciascun vertice del modello.

Per le librerie WebGL, così come per ciò che riguarda la pipeline grafica di rendering, il triangolo costituisce l'elemento di base per disegnare oggetti 2D e 3D. In un ambiente WebGL le funzioni di disegno e di visualizzazione degli oggetti consistono nell'utilizzo di JavaScript per generare le informazioni, specificare dove e come questi triangoli saranno creati e come essi appariranno. Questi dati sono poi trasferiti alla GPU che li elabora e crea la scena. Ciò presuppone che sulla macchina su cui vengono visualizzati i dati sia installata una scheda grafica aggiornata. I test iniziali sono stati eseguiti su workstation equipaggiate con schede grafiche di alto profilo (Nvidia FXQuadro 5800). Tuttavia si sono osservate risposte comparabili nell'interazione e nella fluidità della navigazione anche utilizzando PC con schede grafiche di livello standard.

Il tempo di download non è da considerare un parametro significativo in termini di visualizzazione. Utilizzando infatti una connessione ADSL tradizionale, poiché la dimensione media di ciascun oggetto dopo la conversione in

formato Js varia tra 5MB e 10 MB, i modelli vengono visualizzati in un lasso temporale trascurabile.

I diversi JavaScript utilizzati permettono di controllare gli input forniti dall'utente così come la posizione della camera e le caratteristiche delle luci.

Tutti questi elementi sono stati quindi integrati nel codice di una pagina HTML, e criptati al fine di impedirne la modifica e la corruzione (Fig.3).

Grazie quindi alle potenzialità offerte dalle funzionalità delle librerie Three.js e di WebGL, l'utente finale, collegandosi al sito Web dedicato all'attività, può visualizzare ed interagire con i modelli 3D a colori ora disponibili, senza la necessità di installare e configurare alcun software specifico, ma utilizzando unicamente i browser tradizionali (<http://www.afs.enea.it/project/graphlab/sls.shtml>).

### 3D COMPUTER GRAPHIC MODELS AND VISUALIZATION ON-SITE

Considerata la peculiarità degli oggetti conservati presso il MGGC è stato deciso di sviluppare un'altra tipologia di applicazione per smartphone e tablet, con lo scopo di fornire un valore aggiunto al visitatore, e non solamente realizzare un mero esercizio pedissequo di creazione e visualizzazione di oggetti tridimensionali, specialmente quando l'originale è fisicamente presente e fruibile in situ.

Molti oggetti esposti nel museo sono resti di creature preistoriche o fossili, le cui forme originali sono ovviamente perdute. Oltretutto il museo essendo esso stesso un oggetto da conservare non è equipaggiato con molti apparati informativi e didattici nelle sale, e le informazioni per i visitato-

ri, data anche la mole di oggetti conservati, sono spesso limitate alle etichette originali del diciannovesimo secolo che recano nomi in latino secondo la nomenclatura scientifica.

Lo scopo di questa seconda applicazione è quello di fornire ai visitatori, che fisicamente si trovano all'interno del museo, la possibilità di accedere a dei media (testi, video, immagini) collegati all'oggetto che stanno osservando tramite metadati, e, dove necessario, l'opzione di visualizzare su smartphone o tablet la ricostruzione dell'aspetto originale, senza lasciare questa al caso o dover compiere voli pindarici di fantasia.

È stato deciso di utilizzare una tecnica di visualizzazione che funziona con i browser installati di default su telefoni e tablet e che, allo stesso tempo, permette l'interazione attraverso input *touch-screen*. Tale decisione è stata consigliata dal fatto che non tutti i browser per apparecchi *mobile* supportano le librerie WebGL per la visualizzazione di



Fig. 4 - QR Code.



Fig. 3 - Visualizzazione di Iguanodonte attraverso librerie Three.js.

modelli tridimensionali (è stato riscontrato un esito positivo solo con il browser mobile Opera), ed il download di applicazioni terze può essere avvertito come limitante e scoraggiante per i visitatori durante la visita.

Per questo scopo è stato utilizzato il plug-in JavaScript Reel (<http://jquery.vostrel.cz/reel>).

Esso è capace di caricare una serie di immagini all'interno di una pagina html

(a differenza del Quick Time Virtual Reality object che necessita del player QuickTime) e simulare l'interazione con un oggetto 3D, mostrando l'immagine appropriata in accordo con il movimento d'input fornito dall'utente. Invece della geometria (triangoli) l'apparato mobile deve processare unicamente una serie di immagini renderizzate a priori, in formato JPEG e di ridotta dimensione.

La sequenza di immagini è stata creata utilizzando uno script Python per il software di *open-source* Blender (<http://www.thoro.de/page/3dnp-introduction-en>). Il vero modello 3D, in questo caso creato con software tradizionali di computer grafica, viene collocato virtualmente all'interno di una sfera i cui vertici rappresentano i punti dalla quale verrà creata l'immagine finale.

Le immagini ottenute sono quindi incorporate con il Reel JavaScript Plug-in in una pagina HTML a cui si può accedere in maniera tradizionale.

Per velocizzare il processo di connessione all'applicazione 3D, e per evitare di dover inserire un indirizzo Web attraverso la tastiera del dispositivo con il rischio di commettere banali errori di digitazione, è stato deciso di posizionare un codice QR (Denso Wave 1994-1999 e successivi standard) vicino agli oggetti definiti sensibili (Fig.4).

Un codice QR consiste in un modulo nero composto da una griglia a forma quadrangolare su di uno sfondo bianco [13], che può essere letto da un apposita applicazione gratuita installata su dispositivi mobili (questa è l'unico download richiesto ai visitatori).

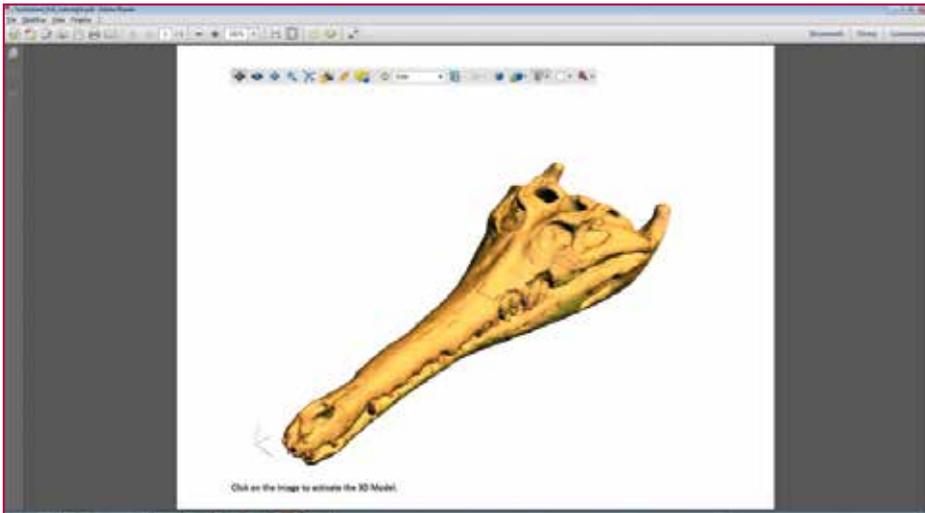


Fig. 5 - 3D PDF di Tomistoma Calaritanus.

Le informazioni vengono lette dai pattern presenti sia nelle zone orizzontali che in quelle verticali del `code` e l'utente viene automaticamente reindirizzato alla pagina collegata. Grazie a questa applicazione, in assenza di una reale ricostruzione fisica dell'oggetto o di immagini esplicative presenti in loco, l'utente avrà la possibilità di visualizzare l'aspetto del campione in esame e comprenderne le forme originali.

### 3D PDF

Al fine di fornire materiale digitale di approfondimento, ed al tempo stesso di facile consultazione, sono stati creati infine per ciascun modello tridimensionale, acquisito attraverso scanner a luce strutturata, delle schede in formato 3D PDF, di cui è possibile eseguire il download (<http://www.afs.enea.it/project/graphlab/3dpdf.shtml>). Ciascuna scheda presenta, oltre che una sezione di approfondimento relativa all'oggetto, la possibilità di interagire con il modello tridimensionale, eseguendo una serie di operazioni direttamente sul file PDF come aggiungere commenti, eseguire misure e sezioni lungo i diversi assi, visualizzare il modello secondo diverse tecniche di rendering e di illuminazione, acquisire *screen-shot* (Fig.5).

### CONCLUSIONI

In questo articolo sono state descritte tre modalità di visualizzazione, studiate per arricchire l'esperienza degli utenti museali, presso il Museo Geologico Giovanni Capellini di Bologna.

Esse consentono:

- di sfruttare le tecnologie JavaScript, HTML e PDF per visualizzare modelli 3D, realizzati con diverse tecniche, senza la creazione di alcuna specifica applicazione e con un'attenzione particolare alla salvaguardia dei diritti d'autore;
- di liberare l'utente finale dalla necessità di confrontarsi con procedure di installazione o configurazione dei propri dispositivi, siano questi pc, smartphone o tablets

E' stato anche mostrato come utilizzare modelli tridimensionali in maniera efficace solo quando strettamente necessario e non come esercizio superfluo. Infatti grazie alla loro peculiarità, i musei geologici e paleontologici ben si prestano a queste attività laddove l'aspetto degli oggetti conservati è per loro stessa natura compromesso per sempre.

### ABSTRACT

*The Geological Museum G. Capellini (MGCC) is one of the most important Italian and European geological and paleontological institution. The mission of the Museum is represented by the conservation and the preservation of ancient paleontological specimens like vertebrates, mollusks, stones and much more. Today is well known that cultural heritage studies can benefit by the new digital web technologies for haring, promoting and valorizing values of knowledge. This study is part of an ongoing project led by the 3D GraphLab of the ENEA Research Centre in collaboration with the MGCC with the aim to develop an online digital content using WebGL and Java Script standards.*

### PAROLE CHIAVE

VISUALIZZAZIONE 3D; JAVASCRIPT; WebGL; 3DPDF; SPINNING IMAGES; SMARTPHONES, TABLETS.

### AUTORE

DANTE ABATE,  
[dante.abate@enea.it](mailto:dante.abate@enea.it)  
 CENTRO RICERCHE ENEA, UTICT  
 UNITÀ TECNICA PER L'INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY, BOLOGNA, ITALIA

FEDERICO FANTI  
[federico.fanti@unibo.it](mailto:federico.fanti@unibo.it)  
 ALMA MATER STUDIORUM, UNIVERSITÀ DI BOLOGNA, ITALIA

### BIBLIOGRAFIA

- [1] Behr J., Eschler P., Jung Y., Zoellner M., (2009), X3DOM - A DOM-based HTML5/X3D integration model. Web3D Proceedings of the 14th International Conference on 3D Web Technology, 127-135
- [2] T. Parisi, WebGL: Up and Running, O'Reilly Media, 2012
- [3] Manfredini A.M., Remondino F., (2010) Reality-Based 3D Modeling, Segmentation and Web-Based Visualization, EuroMed 2010, LNCS 6436, 110-124
- [4] Google 03D: <http://code.google.com/p/o3d/>
- [5] <http://www.x3dom.org>
- [6] Lucci Baldassarri G., Demetrescu E., Pescarin S., Eriksson J., Graf H., (2013) Behind Livia's Villa. A Case Study for the Devolution of Large Scale Interactive "in-site" to "on-line" Application, in Proceedings of the 15th International conference on Human-Computer Interaction, 21-26 July 2013, Las Vegas, 238-247
- [7] Barmpoutis A., Bozia E., Wagman R. S., (2010), A novel framework for efficient 3D reconstruction and analysis of ancient inscriptions, Journal of Machine Vision and Applications, Vol. 21(6), Springer, 989-998
- [8] <http://www.digitalepigraphy.org/museum/index.html>
- [9] 3D-COFORM Project: [www.3d-coform.eu](http://www.3d-coform.eu)
- [10] <http://www.3d.si.edu/>
- [11] Vai G.B., (2009) Geological Museum Giovanni Capellini, Short Picture Guide, Museo Geologico Giovanni Capellini, Guida Breve per Immagini, Alma Mater Studiorum, Bologna
- [12] <https://github.com/mrdoob/three.js/>
- [13] Liu Y., Yang J., Liu M., (2008) Recognition of QR Code with mobile phones, Proceedings of the Control and Decision Conference, CCDC, 2-4 July 2008, Yantai, 203-206