

Epigrafia e rilievo 3D: parte prima

Alfredo Bonassi

"Ager Veleias", 13.08 (2018) [www.veleia.it]

INTRODUZIONE

In quasi ogni campo della ricerca archeologica la ricerca è supportata da un processo di documentazione descrittiva di caratteristiche formalmente significative dell'oggetto di studio completata da una parte grafica (rilievi disegni fotografie).

Con riferimento al solo ambito epigrafico, ormai da tempo, la catalogazione dei reperti e la trascrizione dei testi ha trovato una organizzazione in raccolte sistematiche nelle quali le modalità descrittive ed il linguaggio stesso tendevano a essere organizzati secondo criteri di omogeneità formale e linguistica¹.

Nell'era dei computer da tavolo (il primo PC IBM è del 1981 ed il primo Macintosh è del 1984), da subito l'utilizzo dei nuovi strumenti informatici per la schedatura e l'archiviazione dei dati in ambito epigrafico (in parallelo a quello che avveniva in molti altri campi delle Scienze Umanistiche) diventa oggetto di ricerca e discussione².

Nonostante le limitazioni tecniche (negli anni 80-90 la grande potenza di calcolo era appannaggio di grandi istituti di ricerca o università) già si parlava delle possibili applicazioni non solo grafiche ma di resa grafica tridimensionale dell'oggetto di studio³.

1 Valga per tutti il riferimento alla principale raccolta epigrafica:

CIL / Corpus Inscriptionum Latinarum, curr. Th. Mommsen et alii, I ss., Berolini MDCCCLXIII ss. Nel *CIL* si trovano raccolte, ordinate geograficamente, le iscrizioni provenienti dal territorio di tutto l'impero romano. Fondato dopo la prima metà del XIX secolo, attualmente è costituito da 17 volumi + aggiornamenti.

2 **Title:** *Le banche dati dell'epigrafia: esperienze e prospettive*
Published in: Archeologia e Calcolatori n. I - 1990
Date: 1990

Language: IT

Publisher: Edizioni All'Insegna del Giglio

3 **Author/s:** **Guidazzoli, A. - Forte, M.**
Title: *Archeologia e tecniche di eidologia informatica*
Published in: Archeologia e Calcolatori n. III - 1992
Date: 1992

Language: IT

Publisher: Edizioni All'Insegna del Giglio

Con l'avvento del WEB, sono aumentate possibilità di accesso alle informazioni contenute negli archivi digitali⁴ e l'invenzione di nuove "tecnologie" per restituzione grafica utilizzabili al computer (fotografia digitale, ricostruzioni tridimensionali) ha posto nuovi problemi sia dal punto di vista della organizzazione e resa dei dati che dal punto di vista della loro fruibilità⁵.

L'evoluzione tecnologica, dalle tecniche di ripresa digitale alle aumentate possibilità di archiviazione e distribuzione, consentono oggi un utilizzo sempre più diffuso delle informazioni grafiche nei processi di studio e documentazione.

Per quanto riguarda le modalità di resa grafica, dai disegni si è passati alla riproduzione fotografica dell'oggetto di studio. La fotografia digitale e altre tecnologie di rilievo veramente portatili (laser, onde radio etc.) ha consentito passare dalle prime costose e complesse applicazioni di restituzione grafica tridimensionale di porzioni di territorio o di specifiche aree monumentali⁶ al rilievo di oggetti di medie e piccole dimensioni (statue, vasi, monili etc.) con modalità grafiche di rilievo e restituzione tridimensionale relativamente semplici ed economiche. Tanto che oggi si può parlare di una generalizzata applicazione di queste tecnologie di rilievo grafico in tutti gli ambiti dei Beni culturali⁷.

4 Per quanto riguarda l'epigrafia, il portale del progetto EAGLE [<http://www.eagle-eagle.it/>] consente di consultare numerosi archivi epigrafici online.

5 **Author/s: Mainardis, F.**
Title: *"The epigraphic project of the Laboratory of Epigraphy (EpiLab), Department of Humanities (Trieste University).*
Published in: Archeologia e Calcolatori n. XXVI - 2015
Date: 2015
Language: ENG
Publisher: Edizioni All'Insegna del Giglio

Author/s: Felle, A.
Title: *Oltre EAGLE: l'International Digital Epigraphy Association (IDEA). Una presentazione in anteprima*
Published in: Archeologia e Calcolatori n. XXVII - 2016
Date: 2016
Language: IT
Publisher: Edizioni All'Insegna del Giglio

6 **Author/s: Forte, M.**
Title: *Un esperimento di visualizzazione scientifica per l'archeologia del paesaggio: la navigazione nel paesaggio virtuale*
Published in: Archeologia e Calcolatori n. IV - 1993

Author/s: Cremaschi, M. - Ferretti, A. - Forte, M.
Title: *Tecniche digitali e di visualizzazione in geoarcheologia: il caso di studio della terramara S. Rosa di Poviglio (Re)*
Published in: Archeologia e Calcolatori n. V - 1994
Date: 1994
Language: IT
Publisher: Edizioni All'Insegna del Giglio

7 **Author/s: Russo, M. - Remondino, F. - Guidi, G.**
Title: *Principali tecniche e strumenti per il rilievo tridimensionale in ambito archeologico*
Published in: Archeologia e Calcolatori n. XXII - 2011

TECNICHE DI RILEVAMENTO

La rappresentazione di una figura dello spazio reale su una superficie piana in modo che, osservando questa rappresentazione si riceva la medesima impressione, segue le leggi della prospettiva.

La prospettiva è un codice di rappresentazione della realtà. Il suo fondamento sono leggi matematiche.

La possibilità di implementare queste leggi matematiche all'interno dei computer e la loro sempre maggiore potenza di calcolo hanno dato origine a una ampia gamma di applicazioni per la rappresentazione bidimensionale (su uno schermo) di una realtà tridimensionale.

Alla base di queste rappresentazioni c'è un modello digitale tridimensionale metricamente corretto di un "oggetto".

Un modello matematico di un oggetto è costituito dal luogo dei punti che ne descrivono la superficie, all'interno di un sistema di coordinate X-Y-Z, e che li colloca in una posizione precisa nello spazio. Ai singoli punti possono essere poi associate altre informazioni (colore, tono e intensità di colore etc.) che consentono di qualificare la superficie reale.

Come si ottiene oggi un modello digitale di un oggetto reale? Le più moderne tecniche/strumenti sfruttano sensori di radiazione elettromagnetica (luce visibile, laser, onde radio).

Se si utilizzano tecniche/strumenti che usano la luce naturale servendosi di sensori passivi (es. fotocamere digitali) che generano delle immagini si parla di sistemi IMAGE BASED.

Se si utilizzano tecniche/strumenti che usano radiazione elettromagnetica controllata, codificata e che si basano sulla misura di distanza (scansione laser), si parla di sistemi attivi o RANGE BASED.

La scelta della tecnica di rilevamento dipende da molteplici fattori, fra i quali il tipo di

Date: 2011

Language: IT

Valentina Alena Girelli

"Tecniche digitali per il rilievo e la modellazione tridimensionale e la rappresentazione nel campo dei beni culturali"

Tesi Dottorato di Ricerca -Università di Bologna

Author/s: **Angelini,**

A.

-

Gabrielli,

R.

Title: *Laser scanning e photo scanning. Tecniche di rilevamento per la documentazione 3D di beni architettonici ed archeologici.*

Published in: Archeologia e Calcolatori n. XXIV - 2013

oggetto-area da rilevare (uno scavo, un edificio un reperto necessitano di metodologie di rilievo differenti), lo scopo del rilievo, il grado di dettaglio richiesto (fattore collegato al tipo di utilizzo del modello che si andrà a creare) e non da ultimi, l'esperienza tecnica del rilevatore e le disponibilità economiche per la realizzazione del rilievo⁸.

La tabella seguente riporta indicativamente le grandezze metriche relative alle varie tipologie di rilievo.

SCALA TERRITORIALE (km ²)	Aerofotogrammetria, Telerilevamento, GPS
SCALA LOCALE (ha)	Aerofotogrammetria, Scansione laser, Stazione totale ⁹
SINGOLO EDIFICIO (da)	Fotogrammetria, Stazione totale, Scansione laser
SINGOLO OGGETTO (m, mm)	Fotogrammetria, Scansione laser

TECNICHE RANGE BASED

Impiegano strumenti che emettono un segnale che colpisce l'oggetto da rilevare e lo riflette verso lo strumento (o altri sensori appositi). Il segnale riflesso è utilizzato per ottenere una misura della distanza dell'oggetto.

Radar, stazioni totale e scanner laser fanno parte di questa tipologia di strumenti.

Nell'ambito dei Beni Culturali, gli scanner laser hanno riscontrato un grande successo, determinato dalla loro relativa facilità e flessibilità di utilizzo.

Se lo strumento, per la misura della distanza utilizza il tempo intercorso fra l'emissione e la ricezione del segnale riflesso si parla di strumenti a "tempo di volo".

Se lo strumento, attraverso l'utilizzo di uno o più sensori rileva una variazione di posizione del segnale riflesso si parla di sistemi a triangolazione. Questi strumenti possono operare anche a distanze ridotte, dell'ordine dei m, con precisioni ottenibili elevate, dell'ordine dei mm o dei decimi di mm.

⁸ Un utile e conciso riepilogo in:

Bitelli, G., 2002. "Moderne tecniche e strumentazioni per il rilievo dei Beni Culturali". Relazione invitata, Atti della 6° Conferenza Nazionale ASITA, Vol.1, IX-XXIV, Perugia

⁹ **Stazione totale** è lo strumento comunemente utilizzato per il rilievo indiretto, è dotato di un distanziometro elettronico e di un computer per la memorizzazione e il calcolo dei dati. Consente di misurare angoli e distanze di una serie di punti e di determinarne la collocazione spaziale rispetto a un sistema di coordinate predefinito

TECNICHE/STRUMENTI IMAGE BASED

Queste tecniche utilizzano le informazioni ricavabili da serie di immagini fotografiche per ricavarne una informazione tridimensionale.

L'utilizzo delle immagini digitali, semplificando i procedimenti tecnici fa della aerofotogrammetria e della fotogrammetria una tecnica diffusa e insostituibile.

Accanto alle strumentazioni tradizionali, si vanno sempre più diffondendo sistemi di fotogrammetria digitale a basso costo che, attraverso la automatizzazione delle fasi di elaborazione dei dati ne semplificano molto l'utilizzo.

Di particolare interesse sono i sistemi multi immagine, basati su serie di riprese fotografiche ottenute da normali fotocamere digitali elaborate successivamente da software utilizzabili su personal computer. Questa metodologia sarà di seguito vista in dettaglio.

RILIEVO 3D IMAGE BASED¹⁰

E' una tecnica che, partendo da una serie di immagini digitali permette di costruire in modo semi automatico un modello 3D.

Perché il procedimento funzioni al meglio, le immagini devono essere scattate con una sequenza che preveda un certo grado di sovrapposizione fra le immagini consecutive per consentire al software una loro più precisa correlazione.

Il procedimento avviene attraverso 3 fasi di elaborazione dei dati distinte e successive:

- 1) Ricostruzione di una nuvola di punti densa (dense point cloud reconstruction)
- 2) Costruzione di un modello 3D poligonale a superficie continua (mesh reconstruction)
- 3) Costruzione finale del modello con effetti foto realistici (texture mapping).

¹⁰ Le informazioni di seguito riportate sono ricavate da seminario "3d scanning. Scanner e software low cost per il rilievo tridimensionale" tenuto dal dott. Giulio Bigliardi (3D ARCHEOLAB) a Parma nel novembre 2016

Applicazioni Open Source per il rilievo 3D dei Beni Culturali (Atti della Giornata di Studio, S. Giovanni Valdarno 19 luglio 2013), G. Bigliardi, A. Bezzi, S. Cappelli (eds.), "Free and Open Source Software per i Beni Culturali", 1, 2013
<http://www.opentechne.it/open-techne-journal/foss4bc-1-2013/>

1) Ricostruzione di una nuvola di punti densa

Durante questa fase il software effettua la correlazione fra le immagini attraverso la identificazione di punti ben riconoscibili in tre o più immagini. Con l'orientamento delle immagini esegue in maniera automatica la ricostruzione dei punti di presa.

Con una successiva elaborazione determina la posizione nello spazio della serie dei punti di riferimento. A partire da questa prima serie di punti, utilizzati come punti di partenza, vengono determinate le coordinate di un maggiore numero di punti (nuvola di punti densa) posti su tutta la superficie da rilevare.

Il risultato sarà una nuvola di punti densa. Ad ogni punto non saranno associate soltanto le coordinate X,Y,Z nello spazio ma anche una serie di dati relativi alle loro caratteristiche (colore, intensità, etc.)¹¹.



2) Costruzione di un modello 3D poligonale a superficie continua (mesh reconstruction)

¹¹ Le immagini fanno riferimento a uno dei due frammenti nei quali è scomposta l'epigrafe edita in *CIL V*, 2162 = *EDR099162* e murata all'esterno del campanile della chiesa di San Vidal a Venezia.



Utilizzando come dato di partenza la nuvola di punti densa, viene costruita una superficie poligonale composta da poligoni i cui vertici sono i punti della nuvola. Di solito si tratta di triangoli, quadrilateri o altri semplici poligoni.

3) Costruzione finale del modello con effetti foto realistici

Alla superficie poligonale (mesh) può essere attribuito un aspetto realistico in due modi: color per vertex, dove il colore dei punti della nuvola densa viene trasferito ai poligoni, oppure texture mapping dove le immagini utilizzate nel rilievo vengono applicate sulla superficie¹². Quest'ultima modalità consente una resa realistica molto spinta, particolarmente utile in quei modelli dedicati alla divulgazione sul WEB, che devono essere caratterizzati da file di dati relativamente contenuti al fine di rendere veloce il download dei modelli stessi.

¹² Il texture mapping, in computer grafica è una tecnica che permette di proiettare una o più immagini sulla superficie di un modello 3D. Una texture è una immagine bidimensionale che viene riprodotta sulle facce di un modello poligonale. Nel nostro caso, le texture provengono dalle fotografie utilizzate per la creazione del modello poligonale 3D.



APPLICAZIONI

Prima di introdurre alcune delle applicazioni della modellazione tridimensionale, è utile ricordare che le tecnologie informatiche in generale, fin dalla loro apparizione, hanno fornito a tutti i settori nuove modalità e strumenti di lavoro per attività che erano prettamente ripetitive o manuali.

Strumenti di archiviazione ed elaborazione di informazioni in formato digitale fanno ormai parte delle attrezzature necessarie al lavoro quotidiano anche per di chi opera nell'ambito della gestione del territorio e dei Beni culturali.

Per ripercorrere l'evoluzione delle applicazioni, in lingua italiana si possono proficuamente visitare:

il sito di Archeologia e Calcolatori¹³ dove sono consultabili e scaricabili i contributi fino ad ora presentati ai convegni annuali della Associazione a partire dal primo del 1990;

il sito di ASITA (Federazione italiana delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali) che organizza convegni annuali, dagli anni 90 e i cui Atti sono disponibili online.

13 <http://www.archcalc.cnr.it/index.htm>

In lingua inglese, "The digital Classicist Wiki"¹⁴ "The [Digital Classicist](https://wiki.digitalclassicist.org) is a hub for scholars and students interested in the application of humanities computing to research in the ancient and Byzantine worlds." fornisce una ampia panoramica di siti con applicazioni digitali alla storia antica.

La possibilità di acquisire, memorizzare e elaborare modelli tridimensionali digitali della realtà fisica è uno strumento che si aggiunge a quelli già a disposizione di tecnici e ricercatori, consentendo di svolgere con maggiore precisione e più in fretta attività come il rilievo metrico dell'oggetto di studio (a qualsiasi scala, sia un sito archeologico piuttosto che un singolo reperto).

La loro disponibilità non solo risulta particolarmente utile per tutte le attività di studio "sul campo", ampliando la possibile collaborazione a studiosi non fisicamente presenti ma ha una sua rilevanza in ambito conservativo per quanto riguarda tutti quei reperti o monumenti a rischio di scomparsa o distruzione.

Una dettagliata documentazione tridimensionale di aree ed oggetti consente di ridurre la perdita di informazioni in tutte quelle situazioni di emergenza (scavi legati alla realizzazione di infrastrutture) nelle quali si deve operare con tempi ridotti.

Non solo le tecniche di rilievo 3D risultano di particolare utilità in tutte le attività dove la speditezza dei lavori deve essere coniugata con la precisione ed il rigore, ma anche in tutte quelle situazioni dove l'oggetto da rilevare risulta difficilmente raggiungibile alle tecniche convenzionali, per esempio le guglie del Duomo di Milano, ovvero in tutte quelle situazioni dove il loro utilizzo rappresenta un reale valore aggiunto.

La creazione di modelli tridimensionali dei reperti danneggiati o frammentati può consentire di pensare il restauro prima di operare direttamente sull'oggetto, anche attraverso un restauro "virtuale".

La modellazione tridimensionale unita alla stampa 3D degli oggetti permette di ricostruire parti mancanti con accoppiamenti perfetti o replicare particolari mancanti. Questa stessa tecnologia risulta particolarmente adatta anche alla divulgazione, con la creazione di percorsi museali tattili dedicati a ipovedenti¹⁵ ma anche alla semplice creazione di modelli

14 <https://wiki.digitalclassicist.org>

15 Un elenco di istituzioni museali con percorsi tattili su

degli oggetti che possono trovare utilizzo nella didattica.

La divulgazione può utilizzare canali differenti. Il sito 3D VIRTUAL MUSEUM è il primo museo tridimensionale del patrimonio culturale italiano¹⁶. Attraverso questo sito possono essere visualizzati e scaricati numerosi modelli di monumenti e reperti.

Filmati foto realistici, realizzati a partire da modelli digitali, fanno ormai parte di allestimenti museali e moltissimi, di vario livello qualitativo e contenutistico, sono disponibili su YouTube (filmati/cortometraggi con ricostruzioni 3D di singoli monumenti o di intere città come Roma, Pompei etc.)¹⁷.

Da ultimo, un interessante esempio di divulgazione in ambito epigrafico si può trovare in <http://www.epigraphia3d.es/>, attraverso questo sito si ha accesso ai modelli 3D di una selezione di epigrafi conservate al Museo Archeologico Nazionale di Spagna, a Madrid, e al Museo Nazionale d'Arte Romana di Mérida.

CONCLUSIONI

Il rilievo 3D image based si dimostra essere uno strumento versatile e economico. Consente di costruire modelli tridimensionali professionali di oggetti con strumenti (hardware e software) dai costi contenuti a condizione di padroneggiare adeguatamente le tecnologie utilizzate.

Il rilievo ed i modelli di due epigrafi conservate nell'Antiquarium di Veleia, saranno oggetto di un successivo articolo su "Ager Veleias" [www.veleia.it/], in cui verranno approfondite le modalità tecnico operative.

www.uiciechi.it/documentazione/paginetematiche/autonomia/musei.asp. Si veda anche il Museo Archeologico Nazionale di Ferrara dove grazie alla collaborazione tra La Girobussola ONLUS e 3D ArcheoLab, è stato realizzato un percorso tattile per ciechi e ipovedenti composto da **mappe a rilievo** e da **riproduzioni in stampa 3D** di reperti archeologici esposti, che arricchiscono il percorso tattile già esistente, composto da alcuni reperti archeologici originali che possono essere toccati liberamente.

¹⁶ <http://www.3d-virtualmuseum.it/>

¹⁷ Viaggio virtuale nell'Aquileia Romana <https://youtu.be/BPS0VAYVy5A>
Veleia in 3D https://youtu.be/Fv0_GguV5GM
Placentia- alla scoperta della città romana
Roma antiqua https://youtu.be/qBLX1n6s_Nw
Pompei ricostruita <https://youtu.be/W30UvakY5p4>

I rilievi e le elaborazioni sono stati resi possibili dalla disponibilità del dott. Rosario Maria Anzalone (Polo Museale dell'Emilia Romagna), per l'autorizzazione, e del dott. Giulio Bigliardi (3D archeolab), per il rilievo e la elaborazione dei modelli.

© – Copyright — www.veleia.it