

Ao8



Vai al contenuto multimediale

Romina Nespeca

Documentazione digitale per il Cultural Heritage

Point Cloud come Sistema Informativo





Aracne editrice

www.aracneeditrice.it
info@aracneeditrice.it

Copyright © MMXVIII
Giacchino Onorati editore S.r.l. — unipersonale

www.giacchinoonoratieditore.it
info@giacchinoonoratieditore.it

via Vittorio Veneto, 20
00020 Canterano (RM)
(06) 45551463

ISBN 978 – 88 – 255 – 0980 – 9

*I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica,
di riproduzione e di adattamento anche parziale,
con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.*

*Non sono assolutamente consentite le fotocopie
senza il permesso scritto dell'Editore.*

I edizione: marzo 2018

*...e si mettono lì tra noi e il cielo
per lasciarci soltanto una voglia di pioggia.*

F. De André



INDICE

| | |
|--|------------|
| Il digitale che ci salva | 7 |
| Rilevare è digitalizzare | 11 |
| 1.1 Il rilievo nell'epoca della riproducibilità tecnica | 13 |
| 1.2 Dal manufatto alla sua rappresentazione | 15 |
| 1.3 Metodologie, tecniche e strumenti | 17 |
| 1.4 La nuvola di punti come punto di arrivo e partenza | 36 |
| Dal 3D al 3D: dal rilievo alla rappresentazione | 39 |
| 2.1 Dalla pratica comune alla sfida di integrazione e analisi tridimensionale | 39 |
| 2.2 Casi studio | 41 |
| L'integrazione strumentale | 75 |
| 3.1 Laser scanner terrestre, laser scanner mobile, stazione totale e drone: il centro storico di Cagli | 76 |
| 3.2 Laser scanner terrestre e fotocamera integrata: il convento della Beata Antonia a L'Aquila | 83 |
| 3.3 Laser scanner e termocamera: la chiesa di San Filippo | 85 |
| 3.4 Laser scanner e termocamera: esperimento in laboratorio | 95 |
| 3.5 Laser scanner e georadar: la via Flaminia alle Gole del Furlo | 107 |
| L'integrazione analitica | 113 |
| 4.1 Analisi per la diagnostica | 114 |
| 4.2 Creazione del modello dell'Eglise di Caromb | 115 |
| 4.3 Cartografia digitale ed estrazione di nuovi descrittori | 117 |
| 4.4 Metodi di selezione e clustering | 123 |
| 4.5 Calcolo di superfici, volumi e analisi di distribuzione | 129 |
| 4.6 Validazione dei risultati e implementazione in sw per annotazioni 3D su nuvole di punti | 135 |
| Un rilievo integrato per la documentazione | 141 |
| 5.1 Tecniche di visualizzazione e comunicazione del Cultural Heritage | 142 |
| 5.2 Il progetto Archeofano | 147 |
| Digitalizzare è tutelare | 165 |
| Bibliografia | 169 |
| Sitografia | 179 |

Il digitale che ci salva

prefazione di
Paolo Clini

Fu per primo Walter Benjamin nel suo celeberrimo saggio “L’opera d’arte nell’epoca della sua riproducibilità tecnica” ad intuire circa un secolo addietro le straordinarie potenzialità del digitale (che lui però non conosceva) nella creazione di nuove forme di Beni Culturali e nella possibilità di rendere questo nostro straordinario patrimonio artistico davvero democratico e disponibile a tutti. Allora la rivoluzione era costituita dalla fotografia che permetteva di “riprodurre” un’opera d’arte e di crearne un *fac-simile* ancora imperfetto ma già utile allo studio, alla sua circolazione, alla sua conoscenza, alla sua (come sosteneva Benjamin) democratizzazione. Facile profeta fu. A distanza di un secolo quello scenario intuito, descritto e auspicato sta trovando una sua quasi definitiva consacrazione nelle straordinarie possibilità concesse a quelle che genericamente chiamiamo “tecniche digitali” per riprodurre sempre più perfetti *fac-simili* di un Bene Culturale storico-artistico, dalla scala architettonica a quella di dettaglio. Fino al punto che oggi parliamo di una nuova

forma di patrimonio, il DCH, Digital Cultural Heritage, cioè un patrimonio dematerializzato nella sua fisicità ma che, proprio in funzione di questa dematerializzazione diventa in grado di assolvere a straordinari compiti e funzioni. A che cosa serve dematerializzare il nostro patrimonio creandone *fac-simili* digitali?

La lista delle risposte è lunghissima. La possiamo sintetizzare in una definizione: conservare e fissare per sempre una memoria storica che potrà venire in aiuto della nostra civiltà ogni volta che ve ne sia bisogno: studiare il patrimonio, farlo circolare, ricostruirlo dopo un evento catastrofico, narrarlo con nuove forme di comunicazioni nei musei o nell’oceano della rete, riprodurlo, tramandarlo a tutte le future generazioni... e molto altro che forse ancora oggi non sappiamo intuire.

Naturalmente alla base di ciò vi è una evoluzione tecnologica complessa e una necessità di un approccio multidisciplinare che possa trattare le tante metodiche e i diversi strumenti da impiegare in quello che possiamo, in sintesi,

definire un processo di documentazione digitale del nostro patrimonio. Con un approccio scientifico e rigoroso che possa effettivamente permetterci di riconoscere in un *avatar* digitale la copia reale del bene che esprime.

Quindi, la necessità di una documentazione validata e al tempo stesso sostenibile, in termini economici, del Cultural Heritage, in relazione alla spesso lacunosa documentazione dei beni storici italiani e del loro precario stato di conservazione, invita anche alla ricerca di metodologie speditive per la digitalizzazione e alla messa a punto di nuove filiere di conoscenza, documentazione, controllo/monitoraggio e tutela/prevenzione.

Quello che una volta chiamavamo rilievo, un termine che nel corso degli anni sembra aver cambiato significato e forse sembra anche non più idoneo a descrivere la complessità delle operazioni che la documentazione digitale del patrimonio richiede. Storicamente infatti la disciplina del rilievo ha sempre inteso l'operazione di misura come un'operazione critica, mirata alla documentazione che si manifesta nella trascrizione grafica della realtà, ai fini della ricostruzione, della comprensione e della conoscenza del patrimonio culturale in generale.

Oggi il rilievo è quasi completamente digitale in tutte le sue fasi, tanto che in letteratura il termine viene sostituito, appunto, con quello più ampio e al tempo stesso più specifico di digitalizzazione. Il passaggio dal manufatto alla sua rappresentazione passa tramite le fasi di rilevamento e di modellazione, per mezzo di metodologie, tecniche e strumenti differenti e in continua evoluzione. Questi temi aprono questioni nuove anche nell'ambito di oramai anacronistiche definizioni disciplinari (penso solo alla disciplina del disegno e del rilievo) che devono prendere atto della nascita di nuove discipline (come quelle legate al DCH) che si definiscono proprio dalla integrazione di diverse tradizionali ambiti. La storia, il disegno, l'informatica, la computer grafica, la scienza della comunicazione sono solo alcune delle discipline che bisogna saper gestire e coordinare in una operazione di documentazione digitale di un Bene Storico.

Ma resta la necessità che a coordinare e a governare questi processi siano coloro che affondano le radici della loro formazione nella tradizione della disciplina a cui storicamente è attribuita la competenza del Rilievo dei Beni Culturali, cioè la disciplina del Disegno.

Questo libro dimostra proprio la capacità del Disegno, come comunemente lo intendiamo e lo abbiamo inteso negli anni, di trasformarsi nella guida e nell'aggregatore di tutte quelle nuove tecnologie che contribuiscono a dare vita a quelle che non sono altro che nuove forme di disegno dove cambia lo strumento, ma non l'operazione culturale e concettuale.

L'autrice del libro percorre proprio questa strada che la conduce dalla tradizione all'innovazione e alla capacità stessa di governarla. Disegnare ha sempre significato ricreare una visione dell'oggetto. Un suo *fac-simile* la cui aderenza all'originale è stata sempre legato dalla perfezione/imperfezione dello strumento. L'imperfezione dello strumento genera l'interpretazione, la perfezione (quella possibile) dello strumento tende ad avvicinarci (così come la perfezione/*technè* degli scultori ellenistici che riproducevano perfettamente le statue antiche) alla sua essenza che, almeno in una prima forma, non può che essere la sua esatta riproduzione.

E allora per mezzo di queste nuove tecnologie l'obiettivo sembra sia proprio diventato quello di creare un vero e proprio *fac-simile* dell'oggetto, il più possibile fedele, oggettivamente simile, misurabile e scevro di interpretazione, dal quale, successivamente, estrarre tutto il necessario per la valorizzazione e la salvaguardia dell'originale.

L'accuratezza, la velocità e l'economicità raggiunte, rendono perseguibile la strada dell'attuazione di campagne di rilievo che conducano alla realizzazione di database integri e oggettivi. Questi dati potranno, anche in tempi diversi, essere filtrati e scalati a seconda delle diverse esigenze di documentazione e rappresentazione, conservazione e restauro, comunicazione e musealizzazione.

In letteratura si dimostra la possibilità, a fronte della molteplicità dei dati acquisiti, di estrarre differenti *output* che,

in un approccio tradizionale, richiederebbero una più onerosa e lenta la fase di acquisizione.

Di contro, si rende necessaria la sperimentazione e la ricerca di metodiche di trattamento dati e analisi che facilitino l'extrapolazione delle informazioni e la loro gestione ai fini diagnostici. Infatti, nella pratica comune, si passa da un'acquisizione 3D ad alta definizione alle più tradizionali rappresentazioni 2D. Mentre, quindi, le tecnologie permettono incredibili prestazioni in fase di acquisizione dati, la loro gestione e l'extrapolazione di informazioni sono sempre più onerose e difficili. Al centro di tutte queste operazioni c'è quella che chiamiamo "nuvola di punti", che può derivare dal sofisticato rilievo di un laser scanner o da più abbordabili ma molto efficaci procedure fotogrammetriche. Un agglomerato anche di milioni di punti che descrivono l'oggetto nella sua più perfetta forma, morfometria e caratterizzazione cromatica e materica.

Questo libro è il frutto di anni di ricerca tesi a definire, in questo complesso scenario, *best-practices*, attraverso la sperimentazione di procedure di integrazione strumentale e analitica proprio per trasformare il dato grezzo di una nuvola di punti in informazione utile, senza passare per la fase di modellazione e lavorando sui dati tridimensionali acquisiti. Un lavoro che ha richiesto un percorso di sperimentazione attraverso casi di studio ampiamente illustrati utili per l'individuazione di punti deboli e punti di forza del processo di digitalizzazione. Ogni caso è stato descritto in tutte le sue fasi e infine catalogato sulla base dei tempi, competenze e costi richiesti. Quello che ne è emerso è che mentre per la visualizzazione si predilige il modello tridimensionale, nei casi in cui la finalità è il progetto di restauro sembra sia ancora imprescindibile la redazione dei tradizionali elaborati bidimensionali.

La nuvola di punti è il grande protagonista di questo libro che costituisce, ad oggi, una sorta di stato dell'arte di che cosa è possibile fare con questo preziosissimo aggregato di punti che derivi, come scritto, da scansione laser (*range-based*) o da fotogrammetria (*image-based*).

Il libro esplora gli affascinanti contenuti di una serie infinita di freddi (apparentemente) numeri che costituiscono proprio il listato di una nuvola di punti. Numeri e dati apparentemente senza significato ma che possono trasformarsi, se adeguatamente trattati, in tutto quello scritto all'inizio di questa presentazione. Infatti ad ogni punto, oltre alle coordinate, sono associati il valore di riflettanza, le componenti RGB del colore e le componenti tridimensionali della normale. Ciò che basta per ricostruire un perfetto *fac-simile* dell'oggetto digitalizzato. Per disegnarne la sua forma perfetta.

L'idea alla base della ricerca che ha generato questo libro è quindi di operare sulla struttura, per arricchirla di nuovi descrittori: grandezze provenienti da acquisizioni realizzate da strumentazioni differenti e da nuovi descrittori geometrici calcolati sulla base di quelli acquisiti. Sono poi descritte le procedure di integrazione multi-strumentale sperimentate (scanner terrestre, scanner mobile, fotogrammetria da drone, termocamera e georadar).

La nuvola di punti viene arricchita per diventare un vero e proprio sistema informativo tridimensionale, multi-dato, con l'aggiunta delle grandezze di temperatura e riflettività.

Il lavoro mostra anche come a partire dalle sole grandezze geometriche sia possibile estrapolare informazioni aggiuntive per mezzo di analisi e operazioni di *clustering*, generando cartografie automatiche e quantitative, finalizzate all'implementazione di *software* per le annotazioni 3D su nuvola di punti, analisi semantiche e ontologie. Quella che chiamiamo "Integrazione Analitica".

Un processo di questo genere può considerarsi compiuto e ottimizzato quando gli output delle due fasi di integrazioni garantiscono differenti rappresentazioni, tutte coerenti con le metodologie tradizionali.

Alla fine si perviene alla definizione di pratiche condivisibili e riutilizzabili per la digitalizzazione del CH, nella creazione di un sistema controllato e calibrato di dati integrati e nell'extrapolazione semi-automatica di informazioni per la diagnostica.

Il libro racconta esperienze di ricerca, definisce buone pratiche per la digitalizzazione, costituisce strumento di lavoro per tutti coloro che ritengono che la documentazione digitale del nostro patrimonio, nella complessità e nella scientificità restituita dall'autrice, sia una delle vie (forse l'unica?) di tutela e valorizzazione di un patrimonio e di una bellezza che ci può salvare e diventare nelle sue forme riproducibili, riprendendo ancora Benjamin, il più alto strumento di democratizzazione della nostra civiltà. Scoprendo un nuovo disegno.

Rilevare è digitalizzare

L'atteggiamento scientifico e quello poetico coincidono: entrambi sono atteggiamenti insieme di ricerca e di progettazione, di scoperta e di invenzione.

*Una pietra sopra. Discorsi di letteratura e società.
1980, Italo Calvino*

Rilievo è...

Francesco Guerini

...un'operazione volta a capire l'opera nella sua globalità (...); rilevare quindi significa innanzitutto comprendere l'opera che si ha davanti, coglierne tutti i valori, da quelli dimensionali a quelli costruttivi, da quelli formali a quelli culturali.

Mario Docci, Diego Maestri

...una disciplina antica intimamente connaturata all'esigenza e alla necessità dell'uomo di conoscere e controllare il territorio, lo spazio e la cultura in cui vive

Paolo Clini

...un campo d'applicazione della geometria descrittiva, è l'insieme delle pratiche e dei metodi che consentono di riportare le caratteristiche fondamentali di un oggetto edilizio o urbano in un sistema di rappresentazioni (principalmente bidimensionali). I grafici ottenuti sono la base per le operazioni di documentazione, studio, conservazione dell'edificio e per l'intervento su di esso.

... uno strumento di traduzione dalla realtà alla sua trascrizione grafica

...un'operazione critica complessa e impegnativa, da effettuare in campi conoscitivi diversi, per potere comprendere le regole sottese all'architettura e quindi preservarne la sua integrità in un possibile e fattibile progetto di recupero, di riuso-adequamento, senza stravolgerne le intrinseche peculiarità morfologiche

...una raccolta di informazioni necessarie e sufficienti a consentire la ricostruzione di un'opera architettonica con le tecniche originarie. Nella realtà, così come risulta dai corsi delle facoltà di architettura e ingegneria, il rilievo di un'opera architettonica si riduce ad una rappresentazione grafica della stessa.

wikipedia

Cominciare una ricerca, come iniziare ad occuparsi con interesse ad una qualsiasi attività, significa innanzitutto riuscire a capire qual è il punto di partenza, riuscire ad inquadrare tutti gli aspetti che la compongono, riconoscere le innovazioni e i punti di forza, e comprendere i punti deboli e le problematiche.

L'ambito di ricerca nel quale questo libro si connota è il *rilievo* del *Patrimonio Culturale* in genere. Ho scelto le precedenti definizioni, fra le tante, perché meglio rappresentano, a mio giudizio, il mondo nel quale mi sono mossa: la visione tradizionale, il mio gruppo di ricerca, gli aspetti pratici, l'idea teorica più ampia che vi sottende, gli aspetti più affascinanti e l'espressione del suo valore, fino alla prima voce che compare digitando la parola *rilievo* in un browser, quindi, forse, quella più letta.

Da sempre la disciplina del rilievo ha inteso l'operazione di misura come un'operazione critica, mirata alla documentazione tramite la trascrizione grafica della realtà.

Oggi il rilievo è quasi completamente digitale, in tutte le sue fasi, tanto che in letteratura questo termine è spesso sostituito con il termine *digitalizzazione*. Infatti, negli ultimi trent'anni gli sviluppi nel campo delle tecnologie digitali hanno messo a punto una serie di strumenti e metodiche in grado di acquisire digitalmente le informazioni geometriche e radiometriche di oggetti tridimensionali con un grado di accuratezza e di risoluzione tali

da consentirne la riproposizione come repliche virtuali della realtà. Gli sviluppi tecnologici sembrano aver ingenuito quelle caratteristiche descritte nelle "lezioni americane" preparate da Italo Calvino nel 1985 in vista di un ciclo di sei lezioni da tenere all'Università di Harvard: Leggerezza, Rapidità, Esattezza, Visibilità, Molteplicità, Consistenza. Sono esattamente le prestazioni che oggi si attendono dalle nuove strumentazioni e sono le direzioni di sviluppo verso le quali esse tendono e verso le quali la ricerca spinge. Una delle conseguenze più interessanti dell'utilizzo di queste tecniche in campi e ambiti diversi consiste nella possibilità di sostituire un oggetto reale con la sua copia digitale, interagendo con essa ed adattando il livello di densità informativa contenuto nella restituzione in funzione di obiettivi e finalità di indagine differenti. Si tratta quindi di creare un vero e proprio *fac-simile* dell'oggetto, il più possibile fedele, oggettivamente simile, misurabile e scevro di interpretazione, dal quale, successivamente, estrarre tutto il necessario per la valorizzazione e la salvaguardia dell'*originale*.

Sulla base di questo concetto si è mossa tutta l'attività di ricerca che verrà descritta in queste pagine, in un connubio tra prassi tecnologica e tensione al modello ideale perfetto, tra informazione e rappresentazione, fra conservazione e innovazione.



Figura 1 Le lezioni americane di Italo Calvino; Una locandina de La Cité de l'Architecture et du Patrimoine di Parigi.

1.1 Il rilievo nell'epoca della riproducibilità tecnica

“Ciò che vien meno è insomma quanto può essere riassunto con la nozione di «aura»; e si può dire: ciò che vien meno nell'epoca della riproducibilità tecnica è l'«aura» dell'opera d'arte. Il processo è sintomatico; il suo significato rimanda al di là dell'ambito artistico. La tecnica della riproduzione, così si potrebbe riformulare la cosa, sottrae il riprodotto all'ambito della tradizione. Moltiplicando la riproduzione, essa pone al posto di un evento unico una serie quantitativa di eventi. E permettendo alla riproduzione di venire incontro a colui che ne fruisce nella sua particolare situazione, attualizza il riprodotto. Entrambi i processi portano a un violento rivolgimento che investe ciò che viene tramandato - a un rivolgimento della tradizione, che è l'altra faccia della crisi attuale e dell'attuale rinnovamento dell'umanità. Essi sono strettamente legati ai movimenti di massa dei nostri giorni.”

(Benjamin, 1966) Walter Benjamin

Al giorno d'oggi, la digitalizzazione di *Cultural Heritage* (CH) è operazione necessaria, ed è necessario venga fatta rispettando diversi fattori, che inglobano sia le discipline umanistiche sia le *Information and Communications Technology* (ICT). Rendere il patrimonio culturale digitale è uno degli assiomi dalle politiche di salvaguardia e tutela della Commissione Europea. (Miola, 2012) La realtà è analogica e rappresenta un *continuum*. Rilevarla vuol dire misurarla. Per digitalizzarla, ovvero trasformarla in un insieme di parti distinte che possono essere codificate separatamen-

te con sequenze di bit, è necessario discretizzarla. Questo processo si compone di due passi: campionamento e quantizzazione, entrambi molto importanti perché i parametri decidono quanta informazione si è disposti a perdere. Nella teoria dei segnali, nel caso di un segnale monodimensionale, l'operazione di campionamento consiste nel campionare il segnale in input, mentre l'operazione di quantizzazione associa ad ogni valore campionato l'elemento più vicino tra quelli appartenenti ad un insieme finito di valori predefiniti. La digitalizzazione sarà tanto migliore quanto più alti saranno i valori di campionamento e quantizzazione, minimizzando il valore di *aliasing*, cioè di perdita delle informazioni. (Zingaretti, 2004)

La digitalizzazione e l'accessibilità *on line* dei contenuti culturali mutano la concezione dei modelli tradizionali, trasformano le interazioni e richiedono nuovi approcci per il nostro patrimonio culturale e artistico. La digitalizzazione, l'accessibilità e l'interoperabilità consentono la condivisione delle informazioni e la sinergia degli attori operanti, mirando alla conservazione, all'identità culturale e alla consapevolezza. (EU Commission, 2014) (Natale, 2013) In Europa, il patrimonio culturale rappresenta un immenso potenziale ricco di opportunità, ricchezza e sviluppo. Nelle società contemporanee, i cittadini e le varie comunità rivendicano un ruolo attivo nella definizione e nella gestione della cultura e del patrimonio culturale (EU Commission, 2015). Per capire e promuovere i processi di co-creazione in questo settore, la ricerca disciplinare, condotta dal mio gruppo di ricerca, mira da anni a fornire un quadro completo per la valutazione del rischio, la conservazione e la gestione partecipativa delle risorse culturali, basato sulla comprensione sociale dell'identità culturale, tramite contenuti metrici geo-riferiti, il *cloud computing* e lo *sharing* (Clini P., Quattrini, Frontoni, & Nespeca, 2015) (Bonancini, 2014). Inoltre, nel mercato del turismo l'uso di strumenti ICT e di un ampio accesso al CH è in aumento e si è resa necessaria l'interoperabilità tecnologica (Laboratorio per il Turismo Digitale, 2014).