

Archivi digitali 3D per la gestione di siti archeologici: i templi megalitici di Malta

Laura Baratin, Daniela Peloso

Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo", Facoltà di Scienze e Tecnologie, Campus Scientifico Sogesta ,
Località Crocicchia 29, 61029 Urbino, tel: 0722.304302, fax: 0722.304240, laura.baratin@uniurb.it

KEY WORDS: 3D, Conservation, Laser Scanner, Database, Virtual Reality

Riassunto

Il progetto è rivolto alla conoscenza dei templi megalitici di Malta a supporto della loro valorizzazione e gestione. Si tratta nello specifico del tempio di Ggantja nell'isola di Gozo e di quelli di Mnajdra e Hagar Qim, Ta Hagart e Skorba nell'isola di Malta; giganteschi monumenti megalitici, tra i più singolari ed affascinanti nella preistoria europea, le cui precarie condizioni di conservazione hanno spinto le autorità locali a sviluppare un programma di attività per la loro salvaguardia. Date le caratteristiche tipologiche e morfologiche si è ricorsi all'integrazione di diverse metodologie di rilievo per mettere in relazione i rilievi antichi e moderni creando un supporto per la gestione dei dati sia da un punto di vista scientifico, sia da un punto di vista divulgativo.

Nell'ambito della documentazione le ricerche si sono concentrate su archivi di dati di origine diversa ed acquisiti attraverso differenti metodologie di rilievo, quali laser scanner tridimensionale, tecniche fotogrammetriche e rilievi topografici tradizionali.

L'evoluzione della tecnologia che ha facilitato la costruzione di banche dati tridimensionali ci ha permesso di costruire un prototipo di archivio digitale 3D non solo per la configurazione geometrica del bene a fini di tutela e di conservazione, ma anche come contenitore delle diverse tipologie di informazioni. La realizzazione di modelli digitali tridimensionali costituisce un elemento rappresentativo realistico da cui possono essere derivati dei sotto-prodotti finalizzati all'uso in ambienti di realtà virtuale, utili per la gestione dell'informazione di restauro ed a scopi scientifici o per la fruizione del pubblico in ambito museale. I rilievi digitali, quindi, costituiscono una banca dati di tipo dinamico sulla quale inserire le informazioni di tipo storico, culturale e diagnostico, con l'obiettivo di integrare il modello digitale 3D ad un sistema informativo.

Abstract

The project is based on knowledge of the megalithic temples of Malta to support their use and management. This is particularly the temple of Ggantja in the island of Gozo and those of Mnajdra, Hagar Qim, Ta Hagart and Skorba in the island of Malta. giant megalithic monuments, among the most unique and fascinating in European prehistory, whose poor storage conditions have prompted local authorities to develop a program of activities for their protection.

Given the typological and morphological characteristics of the sites have been used for integration of different integrated methodologies of survey to correlate the ancient and modern surveys, creating a support for data management from a scientific point of view and from the point of view of diffusion. As part of the documentation of the research focused on data files of different origin and acquired through different methodologies which three-dimensional laser scanner, photogrammetrical and topographical survey.

The evolution of technology has facilitated the construction of three-dimensional databases has allowed us to build a prototype digital archive not only for 3D geometric configuration of the property for the protection and conservation, as well as containers for different types of information. The three-dimensional models can be used in the virtual reality, for the restoration and to scientific scopes or for the public in the museums.

The three-dimensional models, therefore, constitute a database of dynamic type on which to insert the information of historical, cultural and diagnostic type, with the objective to integrate the digital model 3D to an information system.

Introduzione

Il tema del rilievo e della documentazione in uno scavo archeologico si è sviluppato in maniera sistematica contestualmente al moderno sviluppo della disciplina archeologica. La conoscenza di un sito archeologico nelle sue dimensioni e caratteristiche specifiche, lo rendono di grande interesse e difficilmente descrivibile con schemi convenzionali e metodologie standardizzate.

Tale sensibilità ha permesso di coniugare il valore di attendibilità e completezza dei dati acquisiti con requisiti di rapidità nelle operazioni di campagna. Fondamentale è stato il diffondersi delle tecnologie digitali, che ha prodotto un significativo cambiamento nelle modalità di registrazione dei dati spaziali, indirizzandosi sempre di più verso una crescita dell'automazione che può favorire una ricaduta scientifica delle informazioni per una conoscenza geometrica dei soggetti rilevati e per garantirne una significativa fruibilità. I rilievi digitali costituiscono una banca dati di tipo dinamico sulla quale inserire le informazioni di tipo storico, culturale e diagnostico, con l'obiettivo di integrare il modello digitale 3D ad un sistema informativo.

Il progetto è rivolto alla conoscenza dei templi megalitici di Malta a supporto della loro valorizzazione e gestione. Si tratta nello specifico del tempio di Ggantja nell'isola di Gozo (fig.1) e di quelli di Mnajdra e Hagar Qim, Ta Hagart e Skorba nell'isola di Malta; giganteschi monumenti megalitici, tra i più singolari ed affascinanti nella preistoria europea, le cui precarie condizioni di conservazione hanno spinto le autorità locali a sviluppare un programma di attività per la loro salvaguardia. Date le caratteristiche tipologiche e morfologiche si è ricorsi all'integrazione di diverse metodologie di rilievo per mettere in relazione i rilievi antichi e moderni creando un supporto per la gestione dei dati sia da un punto di vista scientifico, sia da un punto di vista divulgativo.¹



Figura 1 – Il Tempio megalitico di Ggantja

Importantissime testimonianze delle bellezze archeologiche del territorio maltese sono state tramandate grazie agli studi realizzati dall'archeologo Luigi Maria Ugolini tra la metà degli anni '20 e '30.

¹ Il progetto sviluppato su finanziamenti dell'Unione Europea ha visto la collaborazione Heritage Malta, l'Università di Urbino e le società Randolph Camilleri di Malta e A.B.C. s.a.s. di Firenze.

La raccolta dei dati e l'elaborazione dei modelli

La geometria delle prese e la risoluzione delle scansioni è stata progettata in funzione delle caratteristiche formali e dimensionali dei templi indagati; trattandosi di strutture architettoniche molto complesse, spesso difficilmente accessibili per la presenza di crolli o ponteggi, ed in particolare, come nel caso del tempio di Ggantja, in cui sono state eseguite prese anche da posizioni sopraelevate.

Il limite maggiore riscontrato nelle fasi di acquisizione non è stato dovuto solo dalle massime portate degli strumenti, quanto dall'articolazione delle strutture architettoniche, impedendo di completare l'acquisizione di piccole porzioni di alcuni spazi più interni. Nei casi in cui la presentazione grafica del modello rivestiva un ruolo primario nella logica del rilievo è stata applicata, in fase di elaborazione la procedura di *holes filling*, ovvero la chiusura di alcuni triangoli con i vertici nei punti rilevati.

L'esperienza di rilievo sui siti megalitici di Ggantja Mnajdra e Hagar Qim è stata svolta impiegando lo scanner a tempo di volo Leica HDS 2500. Durante le fasi di rilievo, nelle zone più accessibili delle singole aree archeologiche sono stati disposti dei target la cui posizione viene riconosciuta automaticamente, grazie alle specifiche caratteristiche geometriche e di riflettanza. Successivamente il software di elaborazione è in grado di calcolare il baricentro di questi target come media pesata della nuvola di punti appartenenti allo stesso insieme, diminuendo al massimo la componente di errore². Si realizza in questo modo l'unione delle scansioni in modo del tutto automatico.

Purtroppo non è sempre stato possibile riuscire a disporre i target sull'oggetto di rilievo a causa della loro complessità; è stata integrata anche un'unione manuale eseguita dall'operatore. In generale, le operazioni di *registration* influiscono sulla precisione complessiva del rilievo: la precisione che si ottiene con l'unione automatica delle scansioni è dell'ordine di pochi millimetri, mentre con il riconoscimento di punti omologhi si attesta su un errore di 1-2 cm.

La fase di allineamento e di unione delle tante scansioni, eseguite sui siti di Ggantja Mnajdra e Hagar Qim, ha rappresentato una delle fasi di maggiore complessità dell'intero rilievo, sia per il numero estremamente elevato delle scansioni, sia a causa della complessità morfologica dei siti in esame.

Il vantaggio, comunque, di disporre di un rilievo topografico che agisse da controllo dimensionale sulle operazioni di unione delle scansioni, ha consentito di evitare od accumulare errori. In particolare è stata realizzata una poligonale intorno ai siti ed alcune stazioni topografiche sono state situate nelle parti interne dei templi per rilevare il dettaglio. Lo scopo era racchiudere geometricamente l'oggetto da rilevare e per misurare i target usati come riferimenti per l'unione delle nuvole di punti.

I rilievi dei siti di Ta' Hagart e Skorba, invece, sono stati eseguiti con lo scanner Leica HDS 3000. Una maggiore semplicità è stata riscontrata nelle fasi di lavoro, per la maggiore duttilità del sistema e per la sua velocità di acquisizione.

Nelle aree archeologiche, di minor estensione e minore complessità, sono stati distribuiti dei target, lasciati fissi per tutto il tempo necessario a realizzare la totalità delle scansioni. Tali oggetti riflettenti sono stati acquisiti con strumentazione topografica ed il loro riconoscimento in fase di rilievo e, successivamente, nel software di elaborazione, ha consentito di unire le scansioni con facilità ed estrema precisione.

I modelli creati possono essere considerati come dei veri e propri archivi su poter intervenire in ogni momento come documento di sintesi capace di supportare successive elaborazioni relative ai vari tematismi, alla stesura del progetto di conservazione, a misurazioni oppure confronti, come nel nostro caso di studio, tra elementi strutturali simili ed in differenti condizioni conservative (fig. 2).

² In tutti i rilievi l'elaborazione dei dati è stata realizzata con i software Cyclone e Rapidform

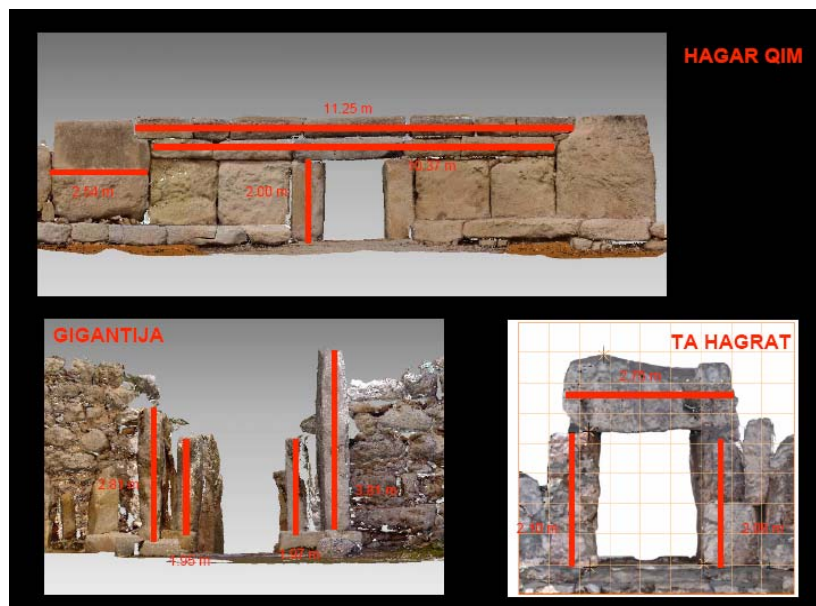


Figura 2 – Confronti tra le misure degli ortostati nei differenti templi

Nei casi specifici, si è proceduto alla realizzazione di rappresentazioni in prospetti, sezione ed a curve di livello degli elevati del monumento. Tali elaborati grafici possono costituire un insostituibile elemento di supporto per la pianificazione di qualsiasi intervento sul manufatto (Bornaz 2006).

Altro obiettivo è quello di poter sfruttare le ricostruzioni tridimensionali per una fruizione remota di opere attraverso un'esplorazione in realtà virtuale con strumenti multimediali; ad esempio, interessante può essere l'utilizzo di tecnologie "immersive" per studiare o promuovere un soggetto attraverso una vista virtuale. Infatti, in ogni modello 3D, le caratteristiche reali piccole e visibili solo a una distanza ravvicinata possono essere esaminate interattivamente, permettendo lo studio di dettagli interessanti come segni di strumenti di lavorazione o particolari di superfici. Inoltre, luoghi che devono essere chiusi al pubblico per ragioni di conservazione oppure non accessibili a persone diversamente abili possono essere ancora studiati e visitati virtualmente una volta che ne è stato creato un modello tridimensionale.

Ovviamente, questi differenti risultati possono influenzare anche il grado di accuratezza con cui si deve operare. Nel primo caso, infatti, si richiedono requisiti molto stringenti in termini di risoluzione, che può essere meno elevata quando l'obiettivo sia l'efficacia nella presentazione e visualizzazione di un oggetto.

Sviluppo di un sistema informatizzato: dal GIS 2d al GIS 3d

L'impiego dei sistemi informativi territoriali si è diffuso, ormai da parecchi anni, anche in campo archeologico, in quanto strumento in grado di risolvere numerosi problemi che affliggono le metodologie di gestione ed analisi dei dati archeologici.

In un progetto archeologico di ricerca, invece, ciò che caratterizza un sistema informativo non è tanto il suo contenuto, cioè i dati che gestisce, bensì la sua capacità di favorire la loro interpretazione. I dati vengono reperiti appositamente mediante scavo o ricognizione di superficie nel tentativo di generare nuove informazioni, integrando così le carenze che si hanno rispetto alla conoscenza del passato (Monti 2006).

I sistemi GIS, infatti, rappresentano lo strumento ideale per la gestione dell'intero ciclo di trattamento del dato, dalla fase di registrazione a quella di restituzione, passando attraverso quelle di organizzazione e trattamento.

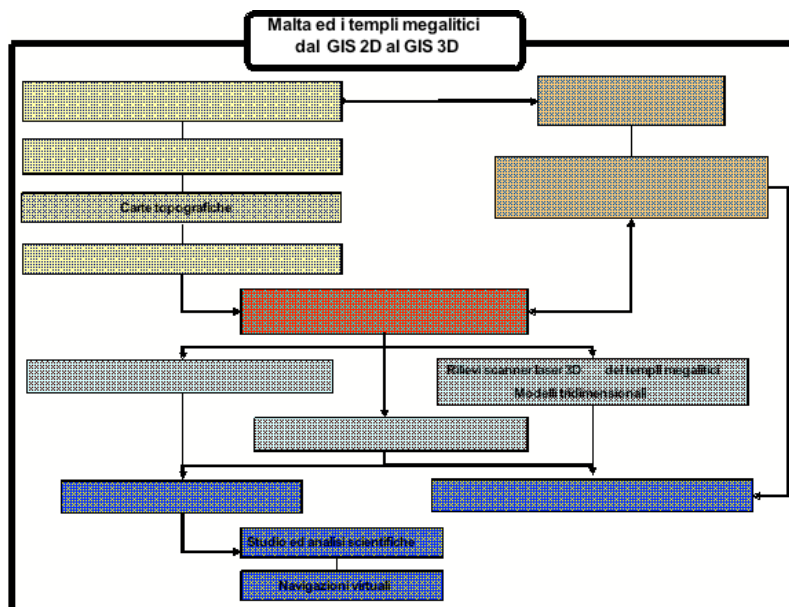


Fig. 3 – Schema del flusso dei dati

L'interrogazione delle banche dati, e la successiva loro trasformazione in livelli informativi generabili a discrezione dell'utente, offre la possibilità di organizzare meglio l'informazione consentendo, in fase di interpretazione, il confronto dei vari tematismi e la restituzione in tempo reale di carte tematiche, di carte di progettazione per nuove ricerche e basi per analisi spaziali.

A prescindere dalla quantità o qualità di informazioni archiviabili in un GIS, quindi, è il modo in cui si costruisce un archivio che può determinare una rivoluzione nei modi e nei tempi della ricerca. Gli attributi grafici correlati di un numero limitato di informazioni di natura analitico-sintetica possono, infatti, essere agevolmente gestiti all'interno di piattaforme GIS in forma tabellare. Quando però essi sono troppo numerosi o si presentano in forma complessa (es: dati descrittivi), la gestione tabellare risulta sostanzialmente inadeguata alle esigenze di una consultazione completa e di un'analisi articolata. E' quindi opportuno, in questi casi, ricorrere ai database relazionali, ideali per il tipo di archiviazione e di interrogazione richiesti.

I numerosi vantaggi si possono riconoscere nella possibilità di un aggiornamento e di una acquisizione continua, nella rapidità di consultazione, nella possibilità di immediati confronti e nello snellimento delle procedure di controllo.

La prima parte del lavoro ha riguardato l'inserimento e l'elaborazione dei dati in un sistema GIS per la costruzione di una cartografia di base su cui georeferenziare le analisi tematiche. Al suo interno sono state introdotte tutte le aree oggetto dello studio e caratterizzate da differenti simbolismi.

L'ambiente di lavoro, per il supporto dei file vettoriali, è quello di ArcGis nel formato *.shp*. Il generico *shape* file è costituito, infatti, da una componente grafica alla quale è possibile associare una serie di attributi editabili e facilmente gestibili, oppure associare degli attributi contenuti in relative tabelle di *database* esterni.

Ad ogni tipologia di dato inserito (templi megalitici, chiese, musei,...) sono stati associati degli attributi specifici e funzionali in base ai quali poter realizzare delle interrogazioni. Ogni punto del file riguardante le varie tipologie in studio, finalizzato esclusivamente ad indicare i luoghi

accessibili ed a quantificare le presenze sul territorio, è associato ad un ID del punto in cui ricadono. Gli attributi associati riguardano l'indicazione della località in cui sorge la struttura, la sua datazione cronologica (nel caso in cui si tratti di siti archeologici), la possibilità o meno di accedere al luogo, l'indicazione degli orari di apertura ed una attenta descrizione di informazioni storico-turistiche. E' stato associato, inoltre, un dettagliato archivio fotografico di ogni singola località.

Fino a questo punto la base del nostro sistema informatizzato è rimasta la cartografia 2D e tutti gli elementi vettoriali con i loro attributi. Il passo successivo è stato dotare il GIS di un supporto tridimensionale, costituito da entità che consentono non solo di rappresentare il dato tridimensionalmente, ma anche di consultarlo mediante interrogazioni e navigarci all'interno (Fico 2006).

La procedura seguita per realizzare il GIS 3D può essere schematicamente suddivisa in due fasi: dapprima tutte le informazioni geometriche desumibili automaticamente dalle scansioni laser sono state integrate al GIS 2D esistente; successivamente un database esterno, appositamente costruito, è stato associato al modello 3D dei singoli templi, passando così, mediante un link di collegamento, dallo spazio bidimensionale della cartografia a quello tridimensionale dei modelli geometrici. Il risultato è stato un GIS con supporto 3D all'interno dell'ambiente virtuale di Walkinside.

Lo scopo del lavoro era di individuare una ottimale ed automatica fruizione dei modelli geometrici, cercando di associare il database in SQL ai modelli 3D con un'operazione di unione basata sulla corrispondenza tra indici identificativi (ID); in questo modo, navigando in un ambiente 3D virtuale, si può accedere a tutte le informazioni relative ad ogni singolo tempio megalitico rilevato, interrogando qualsiasi superficie o particolare architettonico ad esso appartenente (Malinverni 2001).

Conclusioni

Le nuove tecnologie, quindi, offrono la possibilità di rilevare dei soggetti con grande dettaglio e precisione ed ottenere come risultato l'archiviazione di un database di qualità. La diffusione di tali ricostruzioni dovrà diventare sempre più uno strumento sia di lavoro sia di comunicazione finale a vantaggio della conoscenza. Fondamentale è, comunque, preservare il senso di presenza dell'utente nell'ambiente virtuale garantendo delle navigazioni libere e non indotte, al fine di migliorare la fruizione di questi musei archeologici ed anche di ambienti virtuali ricostruiti da parte di utenti con profili diversi (studenti, turisti culturali, etc.) ed aumentare, così, l'accessibilità e la comprensione dei contenuti offrendo nuovi paradigmi di accesso e fruizione al pubblico.

Dai modelli virtuali possono, infine, essere ricavati modelli fisici in scala reale o ridotta con tecniche di riproduzioni materiche in diversi materiali (materiali plastici, resine, materiali lapidei, gesso, ecc.). Queste tecnologie sono assolutamente non distruttive, non invasive e permettono di ottenere un'elevata precisione di riproduzione; la possibilità di poter riprodurre rapidamente un'opera qualsiasi è destinata a favorire notevolmente la produzione di copie da sostituire all'originale.

Bibliografia

- Baratin L., Curti S., Lodi M., Checcucci G., Romeo M., 2005, *3-D visualization and animation of architectonic elements for prehistoric megalithic temples of the island of Gozo: the temple of Ggantija*, in Proceedings of XX Congress CIPA 2005, Torino.
- Bajaj C.L., Bernardini F., E Xu G. 1995, *Automatic reconstruction of surfaces and scalar fields from 3D scans*, in Siggraph '95 proceedings, 109-118.
- Bornaz L., 2006, *Principi di funzionamento e tecniche di acquisizione*, in Laser Scanning Terrestre (a cura di Crosilla F., Dequal S.), International Center for Mechanical Sciences, Collana di geodesia e cartografia, Ed. CISM, Udine, 1-18.
- Monti A., 2006, *Che cos'è un GIS archeologico? Riflessioni a margine di alcune esperienze sul campo*, «Storicamente», 2, http://www.storicamente.org/02_tecnostoria/strumenti/02monti.htm