



SECONDA UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI

FACOLTÀ DI LETTERE E FILOSOFIA
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN
ARCHEOLOGIA E STORIA DELL'ARTE

Tesi di laurea in
Diffusione multimediale del dato archeologico

La comunicazione e l'interscambio dei
dati archeologici attraverso il web

RELATORE
Chiar.mo Prof. Marco Bianchini

CANDIDATO
Cinzia Rita Maria Privitera
Matr. A27/ 000045

ANNO ACCADEMICO 2011 – 2012

INDICE

Premessa	pag. 4
Capitolo I	pag. 8
Informatica e archeologia	
I.1 Registrare la distruzione: la documentazione dello scavo archeologico	pag. 9
I.2 Il laser scanner per il rilievo di monumenti e stratigrafie	pag. 14
I.3 Gestione, analisi e condivisione del dato in archeologia	pag. 19
I.4 L'archiviazione del dato in archeologia	pag. 25
I.5 Documentazione archeologica e standard	pag. 29
I.6 Modelli formali per la rappresentazione della conoscenza In archeologia	pag. 34
I.7 Raccontare l'incertezza: comunicare l'interpretazione	pag. 37
Capitolo II	
I GIS in archeologia	pag. 42
II.1 IGIS: finalità e questioni terminologiche	pag. 43

II.2 IGIS archeologici: caratteristiche e scopi	pag. 47
II.3 L'organizzazione dei dati	pag. 54
II.4 Applicativi e software GIS	pag. 63
II.5 Dal Gis al webGis	pag. 71
II.6 Lo scavo archeologico: analisi spaziali intra-site	pag. 78
 Capitolo III	
L'archeologia virtuale e la diffusione del dato	pag. 88
III.1 La computergrafica nella ricerca archeologica	pag. 89
III.2 L'acquisizione dei reperti al calcolatore	pag. 93
III.3 La modellazione	pag. 96
III.4 Fotoritocco e foto raddrizzamento	pag. 99
III.5 Documentazione	pag. 101
III.6 La modellazione finalizzata ad analisi specifiche	pag. 105
III.7 La modellazione 3D di strutture e di siti	pag. 107
III.8 Fruizione della documentazione	pag. 111

III.9 L'archeologia e il web

pag. 114

Bibliografia

pag. 123

Premessa

Negli ultimi anni il lavoro dell'archeologo è sempre più coadiuvato dai nuovi mezzi informatici, protagonisti di un progresso turbinoso e prevedibilmente inarrestabile. Qualsiasi reperto archeologico o territorio oggetto di analisi è costituito da molteplici evidenze materiali che nel tempo tendono a trasformarsi e, nella maggior parte dei casi, a non essere più rintracciabili.

E' evidente, quindi, che nella ricostruzione della storia di un singolo manufatto, di un insediamento o di un territorio, il momento dell'acquisizione e della successiva schedatura dei dati rappresentano due fasi di notevole importanza. L'archeologo deve acquisire e registrare i dati con scrupolo e meticolosità, eludendo la perdita perenne o lo stravolgimento dell'unico potenziale informativo derivabile dagli elementi in nostro possesso.

L'impiego esclusivo degli abituali metodi di documentazione cartacea già da tempo si è rivelato insufficiente. E' noto che l'indagine

archeologica fornisce una quantità ingente di dati che devono essere trasferiti su un numero elevato di schede cartacee, la cui stesura, oltre a richiedere molto tempo, è soggetta a un'elevata percentuale di disomogeneità e di errore. Riuscire a controllare integralmente una vasta mole di informazioni è un lavoro complesso e talvolta impraticabile, specialmente quando tali dati si devono archiviare per poi analizzarli e studiarli in un secondo momento. Procedendo in tal modo è inevitabile che i tempi per l'elaborazione dei dati siano molto lunghi e di riflesso la divulgazione scientifica degli esiti subirà dei rallentamenti.

Ci si è resi conto, pertanto, che è necessario uno strumento in grado di risolvere una vasta gamma di problemi che affliggono le metodologie di gestione ed analisi dei dati archeologici, e di applicare quindi l'informatica all'archeologia. L'utilizzo della tecnologia digitale permette di estrarre e conservare in tempi brevi e in modo accurato e rigoroso le informazioni ottenute durante la fase di distruzione propria dello scavo stratigrafico. Inoltre già nel momento dell'archiviazione dei dati è possibile compiere rigorose verifiche e controlli del lavoro

che si sta svolgendo. Durante la fase di interpretazione si possono compiere molteplici indagini che non sarebbero possibili su schede cartacee e, ultimato il lavoro, è possibile condividerlo e divulgarlo, grazie anche agli strumenti multimediali. Le applicazioni di grafica tridimensionale permettono di stravolgere gli abituali metodi di acquisizione e gestione della documentazione visuale e pilotare un processo di reale innovazione metodologica, dalla fase di raccolta analitica dei dati sul campo alla comunicazione dei risultati.

L'aspetto gestionale, quello analitico e divulgativo sono certamente gli elementi più idonei a mostrare il notevole progresso qualitativo che il mezzo informatico ha portato alla pratica dell'archeologia.

Siamo di fronte a profonde trasformazioni che lentamente stanno cambiando il modo di fare archeologia, così come si era avvenuto nel decennio a cavallo fra gli anni '70 e '80 dello scorso secolo quando si affermò il metodo stratigrafico.

Bisogna però riconoscere che le innovazioni tecnologiche e le infinite e interessanti sperimentazioni di interazione fra le tecnologie e le

attività della ricerca archeologica non hanno ancora avuto un esito dirompente, paragonabile all'affermazione e alla diffusione capillare del metodo stratigrafico poiché non si è ancora raggiunta una uniformazione della documentazione e una piena condivisione dei dati, che è l'obiettivo prioritario per un reale evolversi di metodi e prassi alla base della moderna ricerca archeologica.

CAPITOLO I

Informatica e archeologia

I.1 Registrare la distruzione: la documentazione dello scavo archeologico

Dalla considerazione che lo scavo archeologico trasforma ciò che appartiene alla storia stratificata del mondo antico in fenomeni e concetti per noi visibili e quindi comprensibili, scaturisce l'importanza che rivestono, nel processo di ricostruzione storica, l'osservazione e il rilevamento del dato, costituente principale di tale processo.

Negli ultimi anni il problema della organizzazione e della successiva analisi dei dati è stato largamente discusso dagli archeologi.

Hodder I.¹ mette in risalto la funzione particolare che la metodologia ricopre nello stabilire i parametri di osservazione e rilevamento che verranno adottati nella seguente analisi e catalogazione dei dati archeologici raccolti sul terreno. Lo stesso pensiero è condiviso anche

¹ Cfr. Hodder 2000. L'archeologo britannico utilizzò in modo massiccio le tecniche multimediali, come altre procedure di archiviazione informatica dei dati, nel suo progetto Çatalhöyük determinando un decisivo cambiamento di rotta che segnerà in modo definitivo la fine della separazione tra informatica ed archeologia.

da D. Manacorda² che, riferendosi ai diversi metodi per l'archeologia, considera che il caposaldo dello scavo archeologico sia delineato dall'interrogativo «*cosa cerco ... ovvero come la trovo?*».

Alla metodologia si deve aggiungere la formalizzazione o decodificazione del dato, un aspetto indubbiamente non secondario, da tenere in grande considerazione nel processo di creazione.

Gli archeologi, durante lo scavo, indirizzano il processo di scoperta scientifica non solo selezionando i materiali che, a loro giudizio, sono portatori di un contenuto informativo, ma anche rileggendo i dati stessi attraverso il loro bagaglio culturale e la loro esperienza. La selezione operata dall'archeologo di ciò che è importante ed essenziale per il successivo percorso ricostruttivo ed interpretativo è dunque il reale elemento distruttivo che si annida nello di scavo.

Se lo scavo permette il rinvenimento di un contesto antico nel momento della sua distruzione materiale, la successiva selezione praticata dall'archeologo degli elementi che hanno bisogno di essere

² Cfr. Manacorda 2008.

registrati e di quelli che non lo sono, crea al contrario una distruzione concettuale irrimediabile, quanto e forse di più, di quella materiale. Per questo motivo, il processo di documentazione dello scavo archeologico rappresenta un momento critico del lavoro dell'archeologo.

Un primo fattore da prendere in considerazione è il linguaggio utilizzato per descrivere il dato che, per quanto si sforzi di essere oggettivo e imparziale, rischia sempre di sottintendere nella descrizione stessa del dato una teoria.

I dati assumono pertanto un valore unicamente se inseriti in un modello di riferimento: non è sufficiente l'osservazione sistematica, la misurazione e la registrazione in senso quantitativo di un oggetto per avere l'oggettività del dato poiché ad un insieme di dati è sempre possibile sovrapporre più di una costruzione teorica.

Nel processo informatico il dato archeologico deve essere tradotto in informazione digitale attraverso un processo di codifica che permette di inserire i dati al computer e gestirli attraverso opportuni programmi. La trasformazione in digitale delle informazioni richiede alcune

particolari attenzioni rappresentate principalmente dal passaggio dalla conoscenza e dalla competenza di elaborazione di concetti, astratti e pratici, ad una capacità gestionale propria delle macchine.

Per gestire la documentazione schedografica potrebbe essere utilizzato un database, costruito su tecnologie ASP (*Active Server Pages*) e VBSCRIPT (*Visual Basic Scripting Edition*) e sviluppato su una piattaforma open source per consentire un semplice accesso alla documentazione. Attraverso queste tecnologie è anche possibile collegare i dati di scavo alla cartografia digitale usando specifici collegamenti ipertestuali con parametri associati.

La tecnologia web based, inoltre, permetterebbe di visualizzare l'intero sistema informativo attraverso i browser commerciali più diffusi e di aggiornare la base dati direttamente dal cantiere di scavo.

Anche i disegni eseguiti durante le campagne di scavo, in assenza di strumenti di rilievo tridimensionale possono essere digitalizzati; la conversione in oggetti tridimensionali degli abituali output grafici di uno scavo (piante, sezioni, prospetti, disegno dei materiali, ecc.)

permette di creare un ambiente di gestione tridimensionale in cui sono presenti tutti i dati di archivio.

In futuro il lavoro degli archeologi sarà sempre più caratterizzato dall'uso di apparecchi di precisione nell'acquisizione dei dati, che permetteranno di acquisire maggiori quantità di dati e di gestirli in modo più rapido ed efficiente.

Non si deve però commettere l'errore di abbandonare la metodologia tradizionale a favore dell'evoluzione tecnologica: un insieme di punti non può rappresentare la documentazione archeologica è un disegno archeologico rimane sempre un'interpretazione della realtà, e la caratterizzazione geometrica o cromatica registrata dal Laser scanning possono lasciare irrisolti una serie di dubbi che solo un esame autoptico può sciogliere.

Le evoluzioni tecnologiche, dunque, devono procedere di pari passo con l'innovazione metodologica.

I.2 Il laser scanner per il rilievo di monumenti e stratigrafie

Un deposito stratigrafico, come una qualunque struttura architettonica, non sono bidimensionali, quindi per riprodurli in modo attendibile è necessario che il rilievo sia tridimensionale e permetta di cogliere il reale sviluppo dell'oggetto. Il dispositivo di rilievo più innovativo è il laser scanning, da considerarsi come l'evoluzione delle metodologie topografiche e fotogrammetriche per l'acquisizione di modelli digitali delle superfici.



Modello di laser scanner

Il meccanismo è piuttosto semplice e si basa su un distanziometro laser capace di calcolare la distanza attraverso organismi di movimento con cui direzionare lo strumento verso l'intera superficie da analizzare. I laser scanner possono sfruttare due differenti tecnologie per il rilevamento di un oggetto o di una superficie: la triangolazione ottica, adoperata per piccoli oggetti collocati entro un range limitato a pochi metri, o il tempo di volo, per oggetti posti a grande distanza. In quest'ultima ipotesi si distingue tra il rilievo del territorio effettuato con il laser scanner montato su di un aeromobile e quello con un dispositivo da terra.

I laser scanner terrestri, architettati per applicazioni del tutto estranee all'ambito archeologico, sono stati frequentemente esaltati come moderni mezzi, che, con rigore e un'esorbitante quantità di dati, offrivano un processo di rilievo che agevolmente permetteva la realizzazione di modelli tridimensionali.

In realtà il laser scanner ha bisogno di essere inglobato nei metodi tradizionali poiché nessuna tecnica è indipendente quando si effettua

un rilievo geometrico. Combinando le differenti metodologie, infatti, si ottengono risultati migliori.

La tecnica LiDAR differisce dalle varie tecniche di rilievo geometrico, perché trilaterazione, celerimensura e fotogrammetria non si eseguono con scelta controllata dall'operatore, ma l'apparecchio acquisisce invece, tutti i punti possibili sull'oggetto, e trova le tre coordinate, rimandando l'azione di selezione a un secondo momento, grazie all'uso di software che non richiedono particolari competenze specialistiche nel loro utilizzo. Oltre alla semplice visualizzazione tridimensionale dei depositi stratigrafici, questa tecnologia ne permette la georeferenziazione, grazie alle tre coordinate spaziali (x, y, z), e la consultazione integrata di tutti i dati raccolti in fase di scavo.

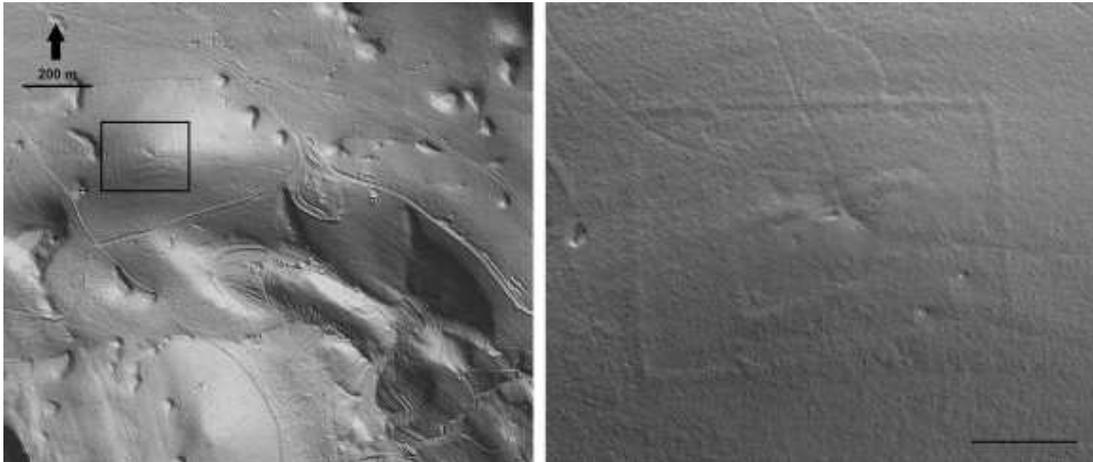
Questa tecnologia deve essere intesa come una moderna tecnica per rappresentare, nelle tre dimensioni spaziali, le differenti unità stratigrafiche identificate in corso di scavo e non può occupare il posto del rilievo planimetrico tradizionale, anche se l'utilizzo di dati oggettivi ne elimina la soggettività e l'astrazione. Infatti, il rilievo di

un'unità stratigrafica o di una struttura architettonica, liberato dalla figura umana del rilevatore, che introduce nella rappresentazione grafica il proprio segno individuale e del tempo storico perviene ad una completa oggettività ed esaustività.

Grazie alla rielaborazione dei dati LiDAR acquisiti a bordo di un elicottero, un team di ricercatori italiani costituito dall'archeologo Federico Bernardini e dal fisico Claudio Tuniz, entrambi del Laboratorio multidisciplinare dell'ICTP (Centro internazionale di fisica teorica Abdus Salam di Trieste), ha scoperto il più antico *castrum* romano, che potrebbe essere quello descritto da Tito Livio nella raccolta *Ab Urbe Condita*.³ L'area su cui sorge l'accampamento è interamente ricoperta da un bosco e le strutture, da terra, sono quasi invisibili. Nelle immagini derivate dai dati LiDAR, invece, è stato possibile riconoscere due strutture fortificate di forma rettangolare: la più grande, che misura 165 m x 134 m, orientata perfettamente N-S, potrebbe essere la più antica, riferibile alla terza guerra istrice (178-

³ Bernardini F. *et al.* 2013

177 a.C.). La più piccola, le cui dimensioni sono 100 m x 43 m, è all'interno della precedente con un orientamento differente.



Pianta del *castrum* romano: modello digitale del terreno ottenuto tramite l'elaborazione di dati LIDAR acquisiti da elicottero.

(da <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305440312005547>)

I.3 Gestione, analisi e condivisione del dato in archeologia

Uno dei vantaggi più importanti introdotto dalle applicazioni informatiche nella pratica della ricerca archeologica è quello, ancora non sfruttato appieno, della gestione dell'ingente quantità di informazioni generate.

L'espressione "gestione del dato" include tutte le attività della ricerca archeologica che prevedono l'acquisizione, la registrazione, la catalogazione, l'archiviazione e il reperimento di dati digitali prodotti dalle indagini sul campo o dalle attività di laboratorio. La ricerca archeologica, condotta secondo le più innovative metodologie disponibili, genera una quantità smisurata di informazioni che non è assolutamente possibile gestire in tempi brevi senza l'utilizzo dei potenti mezzi informatici.

Affinché sia possibile elaborare le informazioni acquisite con metodi digitali sono fondamentali e indispensabili i processi di analisi e interpretazione dei dati. L'espressione "analisi del dato" indica, infatti,

i processi digitali dei campioni raccolti e registrati, che ampliano esponenzialmente l'acquisizione di informazioni grazie alla combinazione teorica, algebrica, spaziale, statistica di tutti gli elementi già noti; l'analisi, dunque, sviluppata con il calcolatore converte il dato in informazione.

Gestione e analisi sono pertanto fra i maggiori benefici apportati all'archeologia dalle applicazioni informatiche ed hanno lo scopo primario di generare conoscenza attraverso l'utilizzo del supporto digitale, marcando quindi la linea di separazione fra un valido e utile impiego della tecnologia e la produzione di un enorme calderone di dati che altrimenti potrebbero divenire ingestibili o inutilizzabili per l'interpretazione storica.

E' d'obbligo precisare che l'elaborazione digitale dei dati, sia quella destinata a generare sapere sia lo svolgimento di semplici attività di reperimento e presentazione o di complesse analisi, rappresenta un proficuo e importante ausilio, ma non può in nessun caso sostituire l'intervento dell'archeologo. L'utilizzo delle tecnologie digitali per

l'elaborazione dei dati presuppone un'inferenza intellettuale precisa e rigorosa del ricercatore, che, servendosi del suo *background*, delle sue conoscenze, della sua sensibilità storica, del suo intuito, deve combinare e interpretare l'ingente quantità di dati prodotti, garantendo la qualità dell'interpretazione.

Oltre alla gestione e all'analisi del dato un altro vantaggio offerto dalle tecnologie digitali è quello della condivisione delle informazioni non solo all'interno del gruppo circoscritto degli archeologi che padroneggiano l'informatica applicata, ma all'intera comunità scientifica, a prescindere dalle finalità di un determinato progetto o dal livello di alfabetizzazione informatica dei suoi interpreti.

Un utilizzo sapiente della tecnologia consente ai ricercatori di condividere in tempo reale non solo le informazioni interpretate, ma anche il record archeologico oggettivo, così come viene raccolto sul campo o in seguito a indagini di laboratorio.⁴

⁴ Cfr. Palombini A., Schiappelli A., Zazza E. 2012

Le interpretazioni della storia fondate sui dati archeologici costituiscono un patrimonio collettivo, divulgato in genere tramite pubblicazioni specialistiche in cui i dati vengono omessi o presentati molto sommariamente. Pubblicare tutti i dati, le schede e le immagini prodotte durante le indagini accrescerebbe solamente la dimensione (e il costo) dei volumi stampati, ma non determinerebbe alcun beneficio sulla fruibilità di tali elementi. Gli strumenti offerti dalla tecnologia digitale, invece, permettono di gestire, divulgare e condividere un numero enorme di dati, permettendo a tutta la comunità scientifica di utilizzarli concretamente.

Il mezzo appropriato per la divulgazione del dato archeologico è costituito dalla rete. Si dovrebbe creare una struttura completa di archivi digitali contenenti dati di scavi, indagini territoriali, schedature di materiali, prodotti esplicativi, ecc., nei quali sarebbe possibile compiere ricerche. Affinché ciò sia fattibile, occorrerebbe dapprima stabilire degli standard, cioè strutture formate dal sistema degli archivi e dai sistemi GIS in grado di interagire tra di loro, indipendentemente

dai software utilizzati, sulla base di “modelli dati” comuni, condivisi da tutta la comunità archeologica.

Negli ultimi anni si stanno diffondendo e sono in costante aumento i cosiddetti *repositories*, spazi digitali ai quali affidare dati ritenuti sensibili. Per l’archiviazione di questi dati si prediligono formati aperti e spesso equivalenti a semplici file di testo che comprendono anche le informazioni sui metadati, così che chi dovesse consultare anche in futuro gli archivi custoditi nei *repositories*, vi acquisirebbe oltre ai dati la loro interpretazione.

La prima esperienza italiana di archivio di dati della ricerca è costituito dall’archivio aperto MOD (Mappa Open Data)⁵, ispirato all’Archaeological Data Service britannico⁶. Il MOD⁷ è un archivio digitale archeologico realizzato dal gruppo di lavoro del Progetto MAPPA per conservare e disseminare la documentazione

⁵ Il progetto è stato presentato il 9 giugno 2012 a Pisa in occasione del convegno "*Opening the past. Archaeological Open Data*".

⁶ <http://archaeologydataservice.ac.uk/>

⁷ Il MOD è on line all'indirizzo <http://mappaproject.arch.unipi.it/mod/Index.php>

archeografica e la letteratura grigia (relazioni di scavo) prodotta nel corso di una qualsiasi indagine archeologica.

Un altro importantissimo vantaggio che l'informatica procura all'archeologia è il riscontro della qualità e la garanzia di trasparenza della documentazione. La tecnologia digitale, basata su modelli del dato, permette all'archeologo di controllare continuamente la validità dei propri campioni, obbligandolo anzi a riparare eventuali incompletezze o incongruenze degli stessi.

Non bisogna sottovalutare l'opportunità offerta a tutti i componenti della comunità scientifica di rileggere all'occorrenza il dato oggettivo di qualsiasi progetto, avviando in tal modo una serie di controlli incrociati che facilitano l'individuazione di eventuali illogicità nella documentazione e consentono di pervenire, sulla base degli stessi elementi, a conclusioni differenti da quelle dell'archeologo che ha eseguito la ricerca.

L'informatica, parte integrante del bagaglio metodologico di un archeologo, è quindi in grado di garantire una vera trasparenza alla

ricerca e una maggiore affidabilità e veridicità delle proprie conclusioni storiche

I.4 L'archiviazione del dato in archeologia

L'incessante progresso metodologico e delle tecniche di acquisizione del dato, che aumentano in modo esponenziale costituisce un importante input per l'uso di database. Per questo motivo la realizzazione di strumenti per l'archiviazione costituisce il primo e indispensabile step nella costruzione di un sistema informatico in archeologia.

La diffusione di software dall'uso intuitivo, quale ad esempio MS Access, permette a molti utenti di progettare semplici archivi atti a registrare il record archeologico, ma non a compiere analisi dei dati da un punto di vista quantitativo e qualitativo o alla sua condivisione.

Realizzare un database non è un'attività soltanto tecnica e, così come qualunque progetto di informatica applicata, presuppone una valutazione metodologica, che analizzi anche le caratteristiche particolari delle fonti materiali.

Un fattore che influenza in modo diretto la possibilità di esaminare il dato registrato e l'efficienza di un archivio è la granularità, cioè il grado di dettaglio impiegato, che può differire in base alle categorie di dati da gestire. La granularità del dato può essere pienamente mantenuta, servendosi di una frammentazione massima, oppure in parte affinata.

Una notevole granularità del dato non è sempre positiva, infatti, può produrre anche esiti negativi, come la maggior quantità di tabelle e di campi che rende i database più complessi da gestire.

Per realizzare la documentazione archeologica, è necessario, dunque, attraverso una riflessione metodologica, stabilire un equo grado di dettaglio.

Un altro dei requisiti indispensabili per la fruibilità dei dati è la standardizzazione della terminologia di un database, particolarmente per i campi di sintesi, infatti, le conseguenze dell'uso di un linguaggio non normalizzato possono essere devastanti.

L'informatica non si occupa direttamente di queste questioni, i cui dettami sono definiti dalla linguistica e dalle scienze classificatorie attraverso lo strumento del *thesaurus*, un dizionario controllato che chiarisce i rapporti fra i termini in esso contenuti. Nella realizzazione dei vocabolari è essenziale prevedere tutte le variabili che si potranno presentare durante la stesura.

Affinché il database possa essere usato da un numero maggiore di utenti occorre realizzare un'interfaccia utente e un ambiente di semplice utilizzo, con ambienti grafici e visuali intuitivi, controlli tarati specificatamente sui dati da gestire e percorsi guidati e obbligati nell'espletamento di alcune operazioni delicate per la sicurezza dei dati.

Una fase rilevante nel lavoro dell'archeologo è quella dell'analisi dei dati, per questo le funzioni di un database non dovrebbero essere limitati alla semplice interrogazione, ma dovrebbero facilitare tutte quelle operazioni lunghe e faticose, quali ad esempio la messa in fase di una successione stratigrafica, la determinazione numerica di una classe di reperti o l'analisi degli stanziamenti di una zona.

Frequentemente la ricerca archeologica si svolge in contesti in cui più individui in posti differenti (cantieri di scavo, laboratori ecc.) operano su esemplari degli stessi archivi determinando indirettamente il disallineamento dei dati, la diffusione di varianti di un database sia relativamente ai dati che allo schema. Il problema, di ordine eminentemente pratico, può essere risolto attraverso un uso esclusivo di DBMS residenti su server.

Immagini e filmati, che rappresentano una tipologia di dati importante per la documentazione archeologica, sono gestiti con software idonei ad archiviare e recuperare velocemente una grande quantità di documenti. Prevedono un tipo di schema che consente più livelli di

consultazione e si differenzia sostanzialmente dalla struttura tabellare classica dei database relazionali, modellandosi piuttosto sulla scia delle gallerie di immagini sempre più diffuse sul web.

I.5 Documentazione archeologica e Standard

Gli standard assumono una funzione fondamentale nell'ambito dell'archeologia computazionale e dell'archeologia in generale. Gli archivi, sia cartacei che digitali, sono oramai diventati grandi e consistenti, ed il problema è quello di assicurare la salvaguardia dei dati ed il loro riutilizzo per indagini ed analisi successive.

Negli ultimi anni il procedimento di catalogazione e conservazione tradizionale di documenti cartacei è stato lentamente sostituito da un modello digitale caratterizzato da una molteplicità ed eterogeneità di sistemi operativi, applicazioni e formati.

Per rendere fruibili, consultabili e commensurabili i dati per ulteriori analisi è necessario codificare i dati secondo speciali procedimenti approvati dalla comunità scientifica: tali procedimenti possono essere denominati, riprendendo una definizione usata principalmente in ambito industriale, standard di documentazione.

Gli standard, dunque, sanciscono un accordo professionale su pratiche comuni.

L'impiego degli standard è importante perché ottimizza la qualità e la coerenza dell'informazione, favorisce la compatibilità delle strutture informative e di conseguenza l'interoperabilità e assicura, inoltre, una conservazione a lungo termine dei dati.

Il concetto di standard, in archeologia, ha varie accezioni che vanno dai procedimenti utilizzati abitualmente secondo una prassi teorico-pratica consolidata, agli standard tecnologici, influenzati dalle scelte di mercato e dalle aziende produttrici, per giungere infine alle più semplici linee guida che disciplinano le consuete attività di scavo e documentazione.

Nel settore archeologico coesistono molteplici standard sia per la documentazione e la catalogazione dei dati che per la loro conservazione e preservazione. La causa è da ricercarsi sia nella differente localizzazione geografica dell'attività sul terreno, che è vincolato dalle norme previste dalle autorità locali, che nel differente *modus operandi*

ed esperienza dell'archeologo che orienta il sistema di raccolta ed acquisizione delle informazioni sui propri obiettivi e sulla metodologia adottata.

La formulazione di standard in campo archeologico fu avviata, in Italia, nel 1977 a seguito dell'istituzione, all'interno dell'ICCD, di un laboratorio tecnologico denominato *“Servizio per la raccolta, l'elaborazione, la pubblica consultazione e la gestione automatizzata delle documentazioni”* incaricato di curare la raccolta, la gestione e la consultazione delle informazioni, nonché l'elaborazione delle metodologie necessarie alla creazione di programmi di catalogazione.

Negli anni seguenti la principale innovazione nella programmazione di sistemi per l'automazione della catalogazione, si ebbe con la creazione di dizionari terminologici, che garantivano un'uniformità nei procedimenti di descrizione dei beni, e assistevano l'archeologo nella fase del *data entry* rendendo più semplice e rapido l'inserimento dei dati e la compilazione delle schede.

Nel corso degli anni l'ICCD ha rilasciato molteplici software per la catalogazione informatica. Uno dei primi prodotti fu il programma SAXA, cui seguì DESC (Data Entry, Stampa e Consultazione) con una prima interfaccia di tipo *user-friendly* più adeguata alle poche conoscenze informatiche degli archeologi.

Non tutte le istituzioni periferiche del Ministero hanno, però, adottato DESC per i loro programmi di catalogazione, infatti, per catalogare non è necessario disporre dei software messi a punto dall'ICCD: è sufficiente creare un documento con una struttura compatibile con gli standard definiti dall'ICCD.

Allo scopo di validare i file prodotti con programmi diversi da quelli rilasciati dall'ICCD, è stato realizzato il software MERCURIO il cui obiettivo è quello di effettuare un controllo sulle schede informatizzate verificando la compatibilità del documento con la struttura dello standard ICCD (dimensione, obbligatorietà dei campi, sequenza dei codici, etc.). Allo stesso fine è stato indirizzato il successivo programma APOLLO allineato al formato di trasferimento dei dati alfanumerici definito dall'ICCD nel 1994.

Per gestire la documentazione grafica e fotografica allegata alle schede di catalogazione sono stati implementati alcuni specifici programmi; TDF ed il successivo T3 consentono di creare un collegamento tra le schede alfanumeriche e la documentazione (foto, disegni) ad esse associata. T3 in particolare veniva utilizzato per l'invio e la ricezione di pacchetti di schede ed immagini compatibili con la normativa ICCD.

I.6 Modelli formali per la rappresentazione della conoscenza in archeologia

Standard di documentazione e thesauri sono oramai indispensabili per la codifica digitale dei dati e di conseguenza la loro successiva accessibilità e utilizzo.

Per stabilire un'effettiva interconnessione ed interoperabilità tra i record archeologici originati da diversi *repositories* bisogna adoperare specifiche procedure.

Inoltre, sarebbe opportuno che oltre le informazioni archiviate, vengano indicate anche le modalità impiegate per la realizzazione dell'archivio digitale; infatti, la piena e corretta enunciazione delle basi metodologiche e scientifiche che l'archeologo ha seguito nella costruzione del proprio sistema di rappresentazione dei dati, semplificherebbe l'integrazione e quindi il riuso dei dati.

La procedura, definita "interoperabilità semantica", non modifica la formalizzazione dei dati utilizzata dal singolo ricercatore, assicura la

codifica delle informazioni su modelli formali di tipo più astratto e generale in grado di catturare la semantica contenuta implicita nei dati memorizzati.

I due sistemi formali maggiormente utilizzati per l'archiviazione e l'integrazione di fonti archeologiche sono il Dublin Core ed il CIDOC-CRM.

Il *Dublin Core*, sviluppato dal 1995 nell'ambito dell'OCLC (*On line Computer Library Center*), è un insieme di metadati (informazioni che descrivono il dato) descrittivi finalizzati alla rappresentazione di qualunque materiale digitale accessibile via rete.

Gli archeologi utilizzano il Dublin Core per diverse attività, quale, ad esempio, la gestione di archivi documentali, per cui ci sono molteplici applicazioni.

Il CIDOC-CRM (Conceptual Reference Model) è una ontologia convenzionale studiata per favorire l'integrazione, la mediazione e l'interscambio di molteplici dati appartenenti al patrimonio

archeologico. Il CRM, sviluppato nel 1996 dall'*International Committee for Documentation* (CIDOC), permette lo scambio di informazioni e l'integrazione tra fonti eterogenee relative ai Beni Culturali. Esso non fornisce alcuna terminologia, né stabilisce ciò che bisogna documentare ma chiarisce il metodo utilizzato per catalogare e classificare un documento, favorendo così l'integrazione delle risorse e l'interoperabilità.

Contrariamente al Dublin Core, che predispone uno schema standard per la descrizione di informazioni associabili ad un oggetto digitale, il CIDOC-CRM realizza un'integrazione delle fonti digitali attraverso l'interoperabilità

semantica fornita da uno schema generale (*core*) che definisce classi e proprietà e sul quale, con estensioni del modello, possono essere adattate differenti rappresentazioni e specializzazioni.

I.7 Raccontare l'incertezza: comunicare l'interpretazione

I sofisticati software oggi disponibili sia in versione commerciale che in versione open source dischiudono nel settore dell'archeologia, una nuova prospettiva virtuale, inconcepibile fino a qualche anno fa. Nel campo delle ricostruzioni l'impiego della grafica tridimensionale è più facilmente accettato e diffuso; una tavola con un efficace rendering realistico, grazie al fascino intrinseco, ha considerevoli potenzialità espressive e comunicative.

Occorre però premettere che esclusivamente una fase di ricostruzione critica, realizzata basandosi su una documentazione completa, consente di ricavare modelli interpretativi e ricostruttivi verosimili.

Un elemento peculiare dell'attività dell'archeologo è difatti l'impossibilità di pervenire ad una ricostruzione univoca e indiscutibile del passato. D'altronde le ricostruzioni tridimensionali dispongono della facoltà di presentare come reale ciò che viceversa è solo verosimile. E' arduo ricostruire le ipotesi interpretative che hanno

permesso la ricostruzione grafica se non viene dichiarato il procedimento utilizzato, i dati di partenza e i molteplici dubbi interpretativi. È indiscutibile pertanto che la ricerca del realismo nella ricostruzione tridimensionale dei monumenti corre il pericolo di forgiare veri e propri falsi, particolarmente per quei siti, che sono numerosi, per le quali le tracce rimaste sono scarse ed incomplete per una ricostruzione degli spazi decorati, dei muri, dei rivestimenti.

L'erronea visione di assoluta unitarietà dell'antico porta a privilegiare aree ricche di testimonianze monumentali significative, o monumenti ben conservati, sminuendo il significato stesso di ricostruzione che rischia di essere inteso come un semplicistico equivalente di ricostruzione grafica di parti perdute, e non nella sua accezione profondo di ricomposizione di frammenti di storia.

La grafica tridimensionale al contrario può essere efficacemente impiegata anche per fondere dati e ipotesi d'interpretazione, ovvero per coordinare e rappresentare i principi basilari del procedimento della ricerca archeologica: il dubbio, l'incerto e il probabile. Tutte le

ricostruzioni storiche, infatti, in aggiunta alle nozioni acquisite portano con sé numerose e diverse teorie, talvolta persino antitetiche, che possono e devono essere divulgate come parte essenziale del risultato. Tenendo conto di quanto detto, l'imbarazzo della difficoltà di ricostruire in modo verosimile, diventa un dilemma infondato. Il vero oggetto della ricostruzione è dunque l'ampio substrato di interpretazione che ne sta alla base.

Frequentemente gli archeologi operano una diversificazione fra la comunicazione scientifica e quella divulgativa, avvalendosi, in modo del tutto illogico, delle nuove e importanti tecnologie informatiche per quest'ultima e affidando il lavoro a individui non appartenenti al settore archeologico e non all'altezza di assicurare, oltre alla qualità della comunicazione, anche l'attendibilità dei contenuti. Questo chiarisce ad esempio il moltiplicarsi nel web, nelle edicole e nelle librerie di prodotti multimediali molto allettanti e tecnicamente impeccabili ma talvolta poco attendibili, che concorrono a mantenere distinto il settore della comunicazione divulgativa da quello della ricerca scientifica.

Comunicare sfruttando le enormi potenzialità offerte dalla tecnologia dall'informatica deve, piuttosto, diventare una conquista anche per il mondo scientifico, depositario di saperi e conoscenze che soli consentono di trasmettere, insieme alle conclusioni degli studi, l'intero procedimento della metodologia di ricerca, dall'analisi alla sintesi, "dallo scavo all'edizione". Non si tratta semplicemente di realizzare ricostruzioni più affidabili, e reali di quelle disponibili oggi, ma di comunicare in modo idoneo le differenti possibilità interpretative, il criterio utilizzato, le tracce e gli indizi su cui si basa la ricostruzione, chiarendo il rapporto tra oggettività dei dati archeologici e ipotesi ricostruttiva, fra la stratigrafia e l'interpretazione delle tracce.

Per ricostruire un sito archeologico lo si deve considerare nella sua totalità non solo nei suoi aspetti territoriali ma anche nel *continuum* di cambiamenti a cui è stato sottoposto nel corso dei secoli, e inoltre nelle sue relazioni con il territorio e il paesaggio circostante.

Le moderne tecnologie informatiche consentono di progettare un ambiente virtuale con queste caratteristiche e di rappresentare modelli

dello stato di conservazione di un sito, delle sue differenti fasi, e di smisurate ipotesi di ricostruzione, offrendo la opportunità agli utenti di interagire direttamente con l'ambiente potenziale, visualizzando sistemi complessi di dati.

Capitolo II

I GIS in archeologia

II.1 I GIS: finalità e questioni terminologiche

Negli ultimi anni le scienze del territorio e le relative applicazioni (pianificazione urbanistica, valutazione delle risorse territoriali ed ambientali) fanno un uso sempre più diffuso del *Geographical Information System* (GIS)⁸. Il GIS è una specifica classe di pacchetti software che permette l'acquisizione, l'analisi, la visualizzazione e la restituzione di dati georeferenziati organizzati in una struttura tabellare oppure in carte tematiche. I dati georeferenziati sono inseriti in uno spazio definito da coordinate geografiche con sistemi di riferimento universalmente noti.

Data la tipologia di molti dati archeologici, la tecnologia GIS costituisce certamente il mezzo più duttile e completo per lo studio del contesto spaziale dei dati storici e preistorici. Attraverso il processo di georeferenziazione, infatti, una rappresentazione grafica, una fotografia aerea o una pianta possono essere contestualizzati

⁸ Cfr. Biallo G. 2002

territorialmente attraverso coordinate geografiche, coordinate Gauss-Boaga, latitudine e longitudine o altri sistemi di riferimento.

Attualmente a causa della scala e del livello di complessità dei dati, con i quali continuamente si trovano ad operare gli archeologi, i tradizionali strumenti analitici si rivelano inadeguati ed insufficienti. L'utilizzo dei GIS presenta numerosi vantaggi, infatti, oltre all'enorme potenzialità di archiviazione dei dati sia in formato alfanumerico sia in formato cartografico, consente ad esempio una restituzione istantanea di carte tematiche, di carte di progettazione per ulteriori ricerche e basi per analisi spaziali. Un elemento distintivo esclusivo dei GIS è la possibilità di rappresentare simultaneamente i differenti elementi del paesaggio, come le curve di livello, l'eterogenea tipologia dei suoli geologici, le aree archeologiche, ecc. e contemporaneamente di eseguire le doverose consultazioni per poter gli individuare elementi utili per il nostro lavoro.

Per quanto concerne la questione relativa alla terminologia dei GIS in archeologia occorre ricordare che il Sistema Informativo Territoriale

(SIT) è definito come un produttore di informazioni, che riguardano per la maggior parte l'assetto del territorio e sono basate sui dati qualitativi. La cartografia è quindi un SIT: tutte le informazioni che sono registrate in un elaboratore elettronico, nella cartografia tradizionale vengono al contrario rappresentate su una base cartacea utilizzando una sequela di simboli speciali che nel loro insieme costituiscono appunto un "sistema". Nell'espressione SIT si possono, di conseguenza, includere diversi "sistemi": un lavoro di ricognizione archeologica, quando è corredato da schede descrittive dei siti, individuati con numeri o simboli, di disegni, fotografie, mappe storiche della zona, ecc. è un esempio di un Sistema Informativo Territoriale.

Stranamente, però, si è iniziato a parlare di Sistemi Informativi con risvolto territoriale solo in seguito all'avvento delle nuove tecnologie. Il punto d'incontro e il successivo superamento tra la rappresentazione tradizionale e il SIT sono costituiti dalla cartografia numerica, un insieme (un "sistema" appunto) di banche-dati formato da specifiche componenti (informazioni topografiche, archivi amministrativi, dati

geofisici, simulazione di impatto ambientale, ecc.) selezionabili in base alle necessità dell'utenza.

Il salto di qualità, che ha consentito ad un Sistema Territoriale di divenire un SIT, è la capacità di convertire una carta topografica in una serie di carte tematiche, la cui quantità e qualità dipendono solo dalla quantità e dal tipo di informazioni associate agli oggetti grafici che sono stati catalogati nella memoria di massa del computer. Ciò è possibile unicamente se la carta topografica è numerica⁹.

Il GIS ha permesso di innovare le metodologie e i tempi della ricerca archeologica¹⁰ sia per la smisurata entità di dati che è possibile conservare sia per la procedura stessa dell'archiviazione. Tutti i dati alfanumerici, geometrici e digitali sono inseriti in un modello, che visualizza simultaneamente le informazioni sull'ubicazione delle strutture, sulle loro caratteristiche e, principalmente, sui loro rapporti spaziali. Il GIS è un aiuto efficace per la gestione di dati archeologici perché offre, solo per citarne alcune, la possibilità di un aggiornamento

⁹ Cfr. Serlorenzi M. 2012

¹⁰ Cfr. Nardini A. 2005a

e di un'acquisizione continua, la velocità di consultazione, l'opportunità di comparazioni veloci, la semplificazione dei sistemi di verifica, la possibilità di conservare una divisione fra l'antico e il moderno e la mancanza delle limitazioni associate ad un fattore di scala.

Tutti i settori che gestiscono ed esaminano la distribuzione spaziale dei dati hanno ricevuto una forte spinta innovativa dall'introduzione del GIS. Nel settore archeologico l'impiego più diffuso del GIS riguarda proprio lo studio dei rapporti fra gli insediamenti antichi ed il paesaggio.

II.2 I GIS archeologici: caratteristiche e scopi

La prima considerevole differenza tra un GIS convenzionale ed uno archeologico è rappresentata dalle finalità. Un ente pubblico o anche privato crea un sistema informativo quasi sempre per gestire delle

situazioni attuali, per prevedere degli scenari futuri o per prendere decisioni; al contrario in un progetto archeologico il GIS è utilizzato principalmente per facilitare la comprensione di situazioni passate. Il cardine dell'analisi archeologica, infatti, sono i manufatti e le tracce del passato, ma ciò che si vuole comprendere e decifrare sono i comportamenti, il perché delle cose.

Un GIS archeologico, dunque, è contraddistinto dalla sua capacità di facilitare la decodificazione dei dati e non dal suo contenuto, cioè i dati stessi che gestisce. Alcuni GIS gestiscono dati archeologici eppure non sono archeologici, né sotto l'aspetto teorico né sotto quello tecnico, dal momento che gestiscono i dati relativi a opere architettoniche antiche, reperti, siti esattamente allo stesso modo in cui un GIS convenzionale gestirebbe lampioni, linee ferroviarie o lotti edificabili. Senza cioè che vi sia una grande difformità tra i dati inseriti e le informazioni ottenute. Una prova è costituita dalle carte archeologiche urbane, la cui funzione primaria è quella di inventariare e mostrare ubicazione e peculiarità dei depositi archeologici, il cui fine è quello di salvaguardarli, senza

restituirci alcuna nuova informazione rispetto a quelle che abbiamo inserito.

Un'altra classe di GIS è quella che potremmo definire archeologica “di ricerca”, che consente di ottenere nuove informazioni. Questo tipo di GIS, dopo aver inserito i dati spesso reperiti appositamente attraverso uno scavo o una ricognizione di superficie, ne genera di nuovi, restituendo in tal modo un quadro del mondo antico più dettagliato e completo¹¹.

Nei GIS convenzionali, dunque, i dati fotografano il mondo conosciuto, in cui il significato degli oggetti si manifesta negli oggetti stessi. Per reperire tali dati è sufficiente l'osservazione e la catalogazione, poiché ciò che si vuole gestire coincide con ciò che si vede o si misura. Al contrario, in archeologia la realtà, cioè i resti architettonici, i frammenti di ceramica, le variazioni di colore nel suolo, rappresentano soltanto una vaga idea del loro reale aspetto di un tempo, e la loro osservazione e catalogazione permette solo una

¹¹ Cfr. Nardini A., Valenti M. 2004

ricostruzione spesso incompleta e limitata. Talvolta, se le nostre conoscenze sui gruppi umani che hanno abitato il contesto che stiamo analizzando sono scarse, l'archeologo si trova ad impostare un GIS senza neppure sapere se i dati che ne sono la base abbiano un qualche significato. Nel settore archeologico a differenza dei GIS convenzionali, per ottenere il significato degli oggetti, dai quali si desumeranno i dati, è essenziale allora la fase interpretativa. L'interpretazione, compiuta attraverso il background culturale dell'archeologo, consente di integrare le lacune del significato degli oggetti.

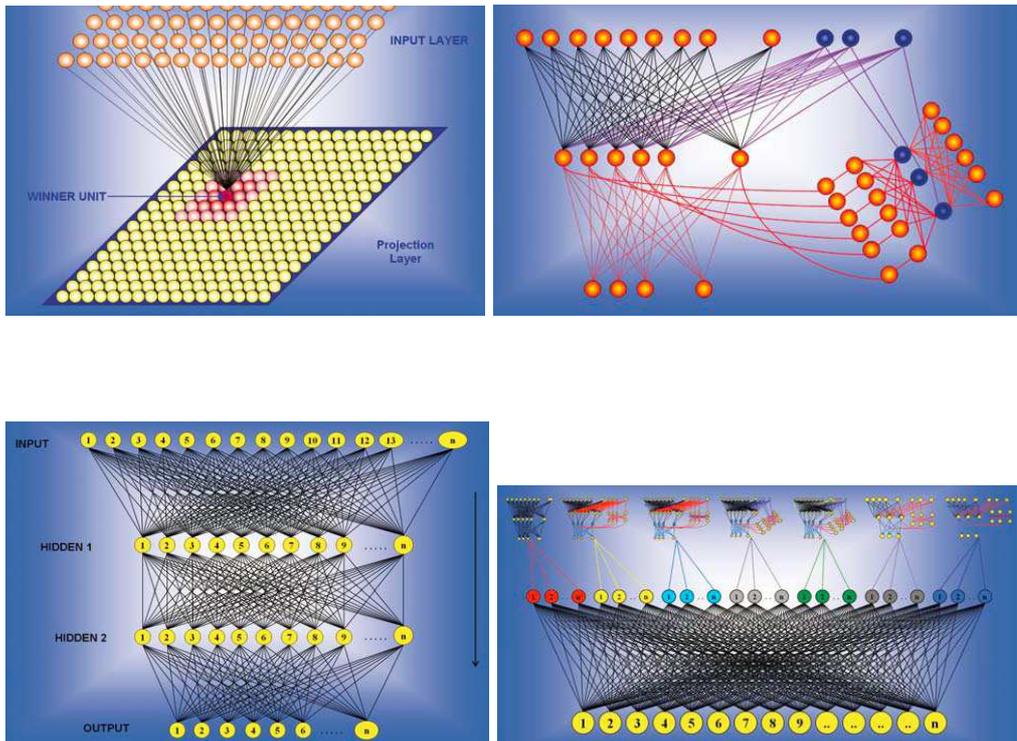
Anche gli standard qualitativi, inoltre, costituiscono un elemento di differenziazione. Le Pubbliche Amministrazioni o le aziende private, infatti, dispongono di fondi maggiori rispetto a quelli destinati alla ricerca archeologica, i cui mezzi sono limitati, i sistemi più artigianali e le condizioni di lavoro gravose (ad esempio in alcune nazioni le basi cartografiche sono imprecise o perfino inesistenti).

Un'altra differenziazione è data dall'utilizzo della tridimensionalità nella rappresentazione di modelli del territorio perché una delle variabili più importanti per riuscire ad interpretare i comportamenti dell'uomo antico è inerente allo spazio in cui esso ha agito. Tale spazio è ovviamente tridimensionale, ma mentre nei GIS convenzionali il territorio e ciò che lo occupa è sovente conosciuto perfino dal punto di vista delle formule matematiche, per il mondo antico invece queste formule non sussistono, si trovano unicamente le loro manifestazioni sul territorio sotto forma di reperti. La rappresentazione di modelli dello spazio quanto più realistici possibile è una condizione necessaria per controllare, attraverso l'uso di algoritmi non concepiti per l'archeologia, se le ipotesi formulate analizzando i reperti archeologici siano verosimili. Pertanto molto spesso i GIS archeologici si impostano su modelli tridimensionali la cui accuratezza è differente da quella dei sistemi convenzionali. In archeologia la ricostruzione tridimensionale migliore non è obbligatoriamente la più precisa, ma si predilige quella più idonea a comprendere le caratteristiche del territorio conosciute dall'uomo antico.

Attualmente, presso il Laboratorio di Archeologia Analitica e Sistemi Artificiali Adattivi dell'Università Sapienza di Roma, è in corso **un** progetto metadisciplinare di ricerca teorica, analitica e sperimentale, denominato ARCHEOSEMA¹², che mira alla realizzazione di un modello logico basato sull'interazione tra i GIS e i Sistemi Artificiali Adattivi. I capisaldi del progetto sono l'apertura della moderna ricerca archeologica all'analisi dei segni fisici, storici, geografici e linguistici e la riproduzione virtuale dei sistemi organici, naturali e culturali, tramite l'ausilio delle Scienze Artificiali. Il modello è stato ideato grazie ad un lavoro interdisciplinare, che coinvolge l'archeologia, la fisica, la geografia, la linguistica e la statistica, e si pone gli obiettivi di “produrre analisi destinate alla soluzione di problemi di classificazione, seriazione, struttura e organizzazione dei dati alfanumerici; ad implementare la simulazione dinamica di variabili che compongono sistemi organici naturali e/o culturali; identificare nuove regole dell'organizzazione spaziale, economica, politica e, inoltre,

¹² Il progetto è stato premiato dall' Università Sapienza di Roma.

approfondire i fenomeni fisici, estetici, cognitivi e linguistici dell'auto-organizzazione, dell'entropia, dell'apprendimento e della traduzione.¹³



Quattro tra le diverse architetture di Reti Neurali Artificiali che saranno sperimentalmente applicate come Sistemi Artificiali Adattivi all'analisi dei fenomeni complessi analizzati dal gruppo di ricerca ARCHEOSEMA. (da http://issuu.com/geomedia/docs/archeomatica_n2_2012)

¹³ Cfr. Ramazzotti M. 2012

II.3 L'organizzazione dei dati

Nell'ambito archeologico il punto cruciale che sta alla base di tutte le applicazioni GIS è la selezione dei dati e del modello dati impiegato per la ricostruzione digitale del territorio antico sia sotto l'aspetto naturale, sociale e culturale.

Il modello-dati rappresenta, difatti, uno degli aspetti principali nella progettazione logica e materiale di un GIS perché dalla sua scelta dipende il set di informazioni spaziali usate per uno scopo preciso. Si potrebbe supporre allora che non sussista un modello-dati svincolato dalle finalità della ricerca. Tuttavia, considerato che la maggior parte delle ricerche archeologiche sono imperniate sulla formalizzazione di uno spettro ridotto di variabili spaziali, la determinazione di un modello dati può servire non solo a rendere più semplice la comparazione dell'impostazione e dell'approccio seguito nella ricerca, ma può facilitare anche la verifica dei risultati raggiunti.

L'opportunità di realizzare un modello-dati si basa sull'osservazione che il mondo reale presenta molteplici sfaccettature e non può essere

riprodotto e gestita facilmente in un GIS senza la discretizzazione, che è un processo di adattamento. Alla base di tale processo si pone la selezione di variabili spaziali omogenee che vengono ricavate dalla realtà fisica e ordinate in livelli informativi separati (idrografia, orografia, etc.).

Gli elementi prodotti dal processo di discretizzazione perdono inevitabilmente parte del loro contenuto informativo che però in parte si recupera attraverso le operazioni indispensabili di definizione degli attributi e topologia¹⁴, che contraddistinguono e differenziano un GIS da un'applicazione di cartografia numerica.

Un elemento, rappresentato nello spazio per mezzo di enti geometrici (punti, linee, aree), può essere raffigurato come un livello concettualizzato in una singola dimensione oppure come elemento incluso in uno spazio più ampio. La capacità del sistema di ricavare le relazioni spaziali tra gli oggetti scaturisce da questa strutturazione.

¹⁴ La topologia è la disciplina matematica che si occupa di connessione ed adiacenza di punti e linee e che permette quindi di analizzare le relazioni spaziali tra i dati geografici.

L'impostazione del modello-dati, la discretizzazione dei dati e l'articolazione dei livelli informativi rappresentano, pertanto, le fondamenta per la progettazione del GIS e la definizione delle linee di ricerca spaziale e territoriale.

La delucidazione del modello-dati e del set di dati impiegato non costituisce un passaggio tecnico richiesto dal software per l'implementazione di un GIS, ma è il cardine della procedura di elaborazione di un sistema GIS.

Una delle più discusse problematiche archeoinformatiche è la comunicabilità delle soluzioni per la registrazione dei dati. L'integrazione tra differenti sistemi è un'attività ardua poiché i dati, sia spaziali che alfanumerici, sono formalizzate in modo eterogeneo. Affinché ciò sia possibile, non è sufficiente stabilire terminologie uniformi o strutture semantiche precise ma è necessario, invece, elaborare un modello di descrizione che, superando la specifica applicazione settoriale, possa essere comune a molteplici studi. Potrebbe sembrare una forzatura, ma la grande diffusione di software

front-end, che gestiscono l'interazione con l'utente o con sistemi esterni che producono dati di ingresso, rende problematica la risoluzione del problema. Se le applicazioni, infatti, vengono progettate personalmente dagli archeologi in relazione ad obiettivi specifici, il modello-dati rimarrà sempre legato ad una specifica ricerca e non sarà mai capace di divenire un modello “standardizzato” utilizzabile per progettazioni successive.

E' importante sottolineare che il GIS non deve assolutamente essere usato per adeguare i dati a risposte prestabilite, perciò, prima di procedere con un'analisi è necessario perciò stabilire quali interrogativi porre ai dati.

Un approccio che facilita la creazione di un modello-dati è quello che, esaminando gli elementi distintivi intrinseci di ciascuna evidenza e non l'interpretazione soggettiva, tiene conto di tutte le operazioni della ricerca archeologica sul campo.

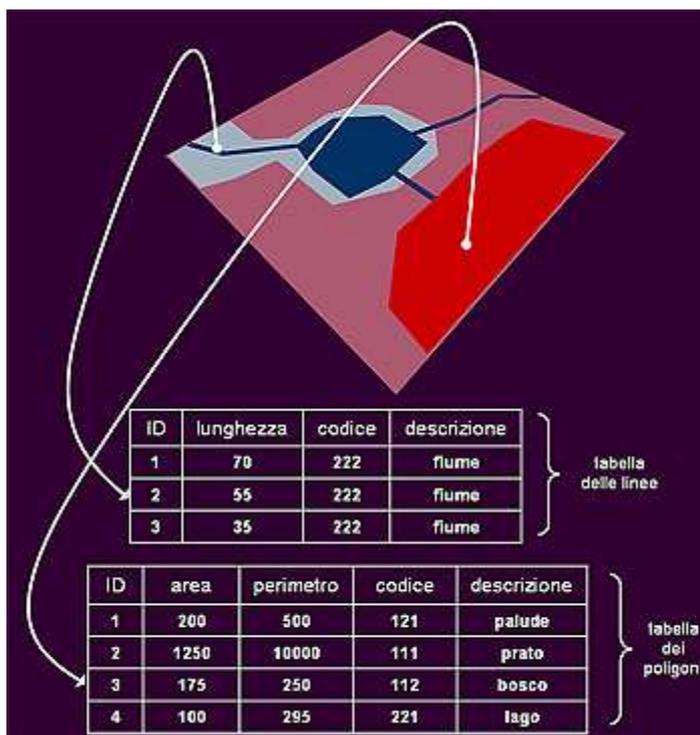
Il modello dati deve comprendere l'insieme di attività che precede e contraddistingue uno scavo stratigrafico partendo dallo studio e dalle

esplorazioni della struttura dell'area precedentemente all'intervento, sino a giungere allo scavo con le singole Unità Stratigrafiche e la distribuzione spaziale dei ritrovamenti in ogni unità.

Modello dati e discretizzazione delle informazioni sono di conseguenza connessi al problema dell'acquisizione dei dati spaziali. Le fonti abituali per estrapolare informazioni di carattere spaziale sono le carte topografiche, geografiche, tematiche, le fotografie aeree e i rilievi sul terreno. Per essere inseriti in un GIS i dati spaziali in seguito sono elaborati per mezzo di un processo di codificazione che converte i riferimenti topografici in punti, linee o poligoni.

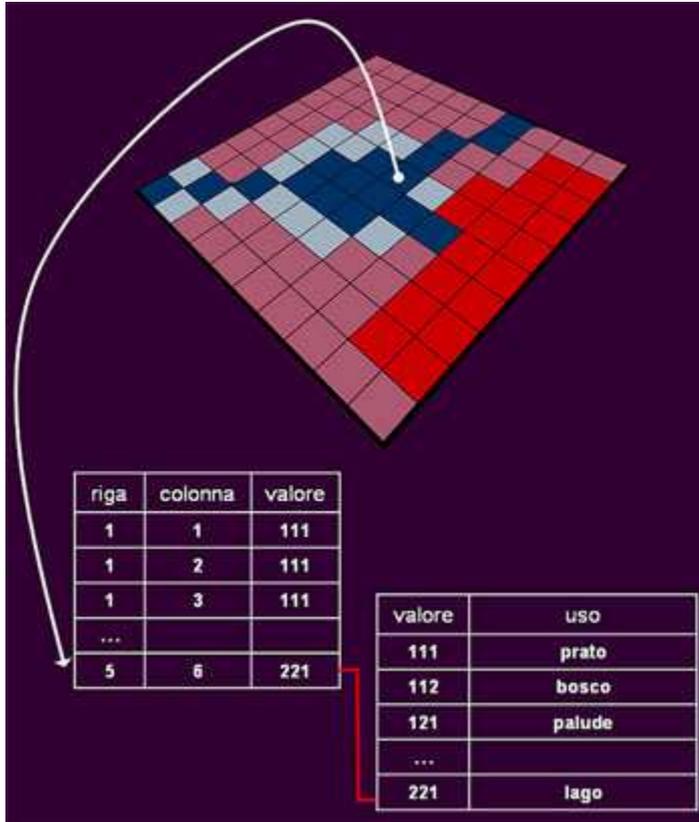
In questo modo i dati spaziali, anche se inizialmente sono difformi, vengono riferiti ad un comune sistema geografico che costituisce il punto di partenza per l'implementazione del GIS. Il software gestisce poi la visualizzazione dei record e le ricerche spaziali e/o tematiche effettuate su una o più variabili geografiche. Questa procedura implica comunque delle problematiche che non sempre si possono superare in modo corretto se non a scapito della qualità geometrica del dato stesso.

Il criterio più importante per controllare l'esattezza del dato è sicuramente quello dell'accuratezza. L'accuratezza è il grado di precisione nel posizionamento degli enti geometrici sulla carta in relazione alla scala utilizzata, dipende dai requisiti stabiliti dall'utente ed è connessa alla fonte dei dati ed agli strumenti utilizzati per acquisirli. Tanti fattori influiscono sulla precisione con cui i dati spaziali sono riprodotti su una carta.



Dati descrittivi e modello vettoriale

(da http://arch.areaopen.progettotrio.it/html/mod_prof/cartografia/lucchesi/010401.htm)



Dati descrittivi e modello raster

(da http://arch.areaopen.progettotrio.it/html/mod_prof/cartografia/lucchesi/010401.htm)

L'errore di graficismo, dovuto alla scala, è il più rilevante. Premesso che l'occhio umano riesce a rilevare con esattezza un punto su una mappa solo fino ad 1/5 di millimetro, quando si segna un elemento su

una carta l'errore di graficismo tiene conto dell'inesattezza di più o meno 0,2 mm. Al variare del denominatore della carta l'errore di graficismo assume valori diversi; per esempio in una carta tecnica al 5000 è di 1 m, in una al 10.000 è di 2 m, in una carta topografica al 25.000 è di 5 m e così via. Generalmente si identifica con l'approssimazione della carta cui si riferisce.

La precisione dei dati dipende anche dalla tecnologia utilizzata per la loro acquisizione sia manuale che strumentale. Nel caso di trasformazione analogica-digitale l'accuratezza deriva dalle direttive date al tecnico per la conversione dei dati e per la selezione del dispositivo più idoneo, sia esso il tavolo digitalizzatore o la settorializzazione on-screen.

In conclusione l'esattezza del processo di georeferenziazione e della conseguente estrazione di informazioni di tipo spaziali è correlata all'obiettivo usato per la programmazione del GIS e non si può ritenere un processo di per sé svincolato dal modo di utilizzo della cartografia

numerica, se cioè essa viene adoperata ad una scala intra-site o territoriale.

E' importante che gli archeologi non riutilizzino dei rilievi archeologici senza un preventivo esame minuzioso dei metodi con i quali si sono ottenute le informazioni perché ad esempio le planimetrie potrebbero non essere esatte e di conseguenza la collocazione approssimativa dell'evidenza archeologica potrebbe determinare una serie di errori nella gestione dello scavo.

Poiché la possibilità di commettere errori è sempre in agguato nelle indagini intra-site, bisogna servirsi di moderni e più precisi strumenti per l'effettuazione di rilievi direttamente in formato digitale limitando, così, i rischi intrinseci all'utilizzo di cartografia creata a grande scala. In questa prospettiva si inseriscono le moderne metodiche di rilievo satellitare effettuate con il GPS o con l'utilizzo integrato del DGPS con la stazione totale.

Ormai da qualche anno, grazie al dibattito sulle meta-strutture, sulla formalizzazione e strutturazione delle entità, sull'individuazione di

errori nel riuso della cartografia e sui possibili rimedi strumentali si è intrapreso nel settore archeologico un nuovo percorso in cui la concatenazione tra gli strumenti informatici, le tecnologie spaziali e la ricerca archeologica è divenuta via via più forte.

L'incremento di metodologie e tecniche moderne per l'acquisizione di dati spaziali direttamente sul terreno permette di superare le limitazioni ed i pericoli legati alla realizzazione degli archivi digitali cartografici impostati per la maggior parte su documenti di archivio che hanno un enorme valore storico, ma una limitata attendibilità e accuratezza topografica.

II.4 Applicativi e software GIS

L'utilizzo dei GIS nelle ricerche archeologiche a carattere spaziale ha prodotto esperienze e soluzioni molto spesso diverse l'una dall'altra. La molteplicità dei procedimenti applicativi utilizzati può essere ascritta a due motivi ugualmente influenti: il differente percorso

formativo degli archeologi in rapporto all'interdisciplinarietà delle équipes e la considerevole disuguaglianza tra i presupposti metodologici propriamente archeologici e l'esecuzione di processi informatici che seguono sistemi di tipo matematico.

La moltitudine di soluzioni realizzate esplicita la natura "polisemica" del GIS che viene ritenuto uno strumento valido non soltanto per l'acquisizione, la gestione, la manipolazione e la visualizzazione delle informazioni, ma anche per la formalizzazione di nuove fonti di dati e, di conseguenza, di nuovi interrogativi e nuove metafore spaziali. Partendo da queste premesse si comprende che è limitativo circoscrivere il GIS a sistema informativo territoriale perché tale definizione non permette di conoscere gli obiettivi, le metodologie e le strategie utilizzate nei più disparati programmi di ricerca archeologica. Al fine di superare questo limite il termine GIS è fatto seguire da una serie di aggettivi qualificanti che puntualizzano, perlopiù uno specifico settore di approfondimenti teorici e soluzioni applicative.

Le applicazioni GIS, negli anni passati, venivano classificate in tre gruppi: quelle che processavano esclusivamente, o in prevalenza, mappe e dati in formato raster (ad es. Idrisi, ErMapper), quelle sviluppate per la gestione della grafica vettoriale (ad es. MapInfo) e quelle invece che erano in grado di eseguire analisi ed integrazione di entrambi i formati (ad es. ArcInfo, ArcView-ArcGIS). Le esperienze precedenti nel settore dei GIS, dunque, sono state condotte sulla base di questa chiara e netta classificazione tra gli ambienti e le piattaforme.

Oggi, invece, grazie allo sviluppo del mercato dell'industria del software, a cui si associa un numero considerevole di risorse open-source, abbiamo molte nuove soluzioni applicative e la primitiva suddivisione si ritiene ormai superata, anche se resta immutato il principio base della decodificazione dei dati spaziali come nodi vettoriali (x, y, z) o pixel, tutti e due presentati in forma relativa o assoluta georiferita.

La duttilità dei software e dei linguaggi di programmazione permette un'integrazione più semplice dei dati tra sistemi differenti e principalmente la creazione di nuovi algoritmi.

Gli archeologi, in seguito ad un periodo, durato circa un decennio, in cui si sono limitati ad utilizzare acriticamente le possibilità offerte dai sistemi che sono dotati di una vasta scelta di analisi e interrogazioni delle variabili spaziali e di quelle alfanumeriche, hanno acquisito una nuova coscienza delle potenzialità d'impiego dei GIS nella programmazione di software realizzati espressamente per la ricerca archeologica.

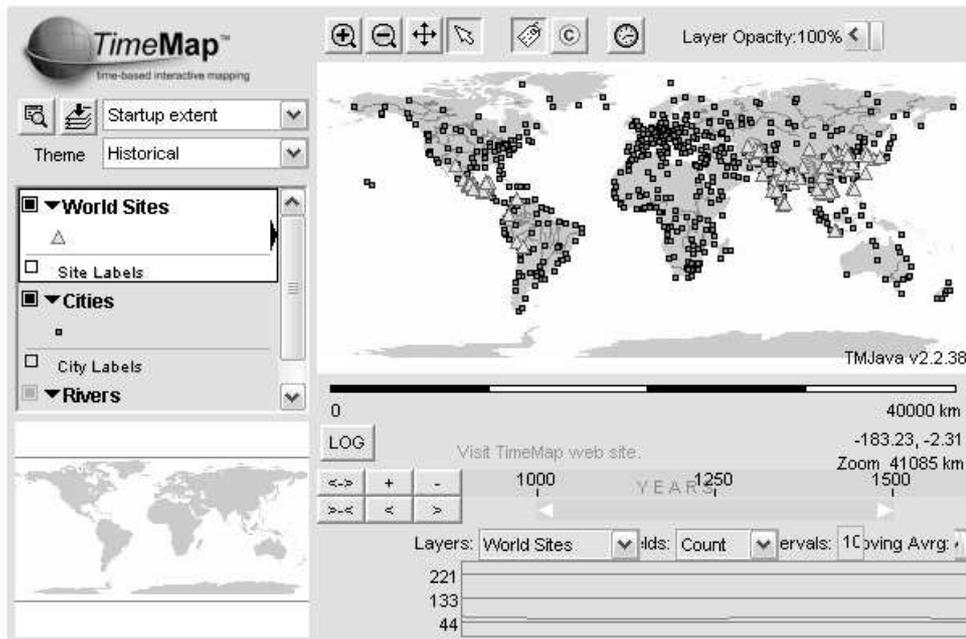
Qualche anno addietro il punto di partenza per la programmazione di applicazioni GIS era rappresentato dalle operazioni di tipo booleano, di overlay topologico¹⁵ e di statistiche parametriche. I ricercatori più sensibili alla comprensione del ruolo dei metodi informatici nel concreto processo di ricerca storica hanno elaborato dei percorsi operativi sperimentali associati alla concretizzazione di particolari

¹⁵ L'*overlay mapping* è la funzionalità del GIS che consente la sovrapposizione e la visualizzazione contemporanea di diversi strati informativi nello stesso sistema di coordinate.

metodi applicativi. Altri archeologi, invece, intenzionati a realizzare una relazione diversa tra archeologia e informatica, hanno dato l'input alla produzione di molte tipologie di GIS: dall'oramai consolidato TGIS adoperato per immettere il tempo come quarta variabile da aggiungersi a quelle (x, y, z) tradizionalmente spaziali agli OOGIS (Object-Oriented) e VRGIS (Virtual Reality).

L'OOGIS costituisce l'applicazione sperimentale nella ricerca archeologica del modello ad oggetti, che è nato come sviluppo concettuale dei database, ed è volto a fare risaltare entità fisiche o logiche definite da un insieme di elementi distintivi e norme di comportamento che ne manifestano la condizione, sia dinamica che statica.

Con il modello Object-Oriented, invece, ad una medesima entità-variabile (spaziale, geografica, sociale, culturale, ecc.) si è in grado di applicare dinamicamente diversi rapporti o visuali, in base al legame con gli agenti sociali che vengono in contatto con essa.



Interfaccia del TimeGIS on-line

(da http://www.timemap.net/index.php?option=com_content&task=view&id=168&Itemid=134)

Il VR-GIS è stato sviluppato con tecniche di realtà virtuale e mira ad un percorso cognitivo in cui la realtà archeologica tradizionale non venga mostrata in forma statica, bensì sia vissuta in modo interattivo attraverso differenti possibilità di navigazione che possono essere di tipo sensoriale, servendosi di un guanto o del casco, o per mezzo di software, come VRML o QTVR.

Tutti i software finora descritti costituiscono un sistema innovativo ed originale per la visualizzazione e formalizzazione delle informazioni, altre applicazioni, invece, si ritengono invece più idonee all'impiego del GIS come strumento coadiuvante nell'interpretazione dei dati e specificatamente nella ricostruzione di un'interazione uomo-ambiente, mediante analisi di visibilità, intervisibilità e cost-surface, e l'introduzione del movimento e di una forma di interazione di tipo sensoriale.

La routine move, ad esempio, riproduce lo spostamento nel territorio, che è identificato non solo come realtà topografica altimetrica, ma anche come luogo con diversi indicatori di accessibilità, determinabili sulla base della landscape feature cost e rappresentati dalla natura dei suoli e dalla presenza di elementi naturali e artificiali.

La routine, che è sviluppata per un modello tridimensionale in formato raster, quantifica il movimento come passaggio da una cella a quella limitrofa in termini di costo "energetico". Il total path cost, cioè la somma dei costi, rappresenta l'indicatore di movimento dal punto A al

punto B. Questa funzione che integra descrizione fisica e mentale di un territorio, rappresenta una nuova versione del più comune sistema di friction, che viene utilizzato come strumento per calcolare sforzi e pesi addizionali durante lo spostamento all'interno di un territorio.

In ambito anglosassone sono state sviluppate delle applicazioni che si connettono all'esperienza della percezione sia visiva che sensoriale. Alla base di queste applicazioni c'è la teoria che il territorio non sia formato solamente da variabili quantitative e pertanto i modelli insediativi non sono condizionati unicamente da fattori ambientali, ma intervengono anche variabili culturali e sociali, che per essere analizzate richiedono la percezione umana, un'attività psichica e allo stesso tempo fisica.

Tutte queste applicazioni sono nate come reazione ad un utilizzo per la maggior parte deterministico dei primi modelli predittivi e costituiscono un nuovo filone di utilizzazione dei GIS, non più impostati unicamente sulla sovrapposizione degli elementi odierni del

territorio a quelli antichi ma basati su operazioni di calcolo capaci di inserire variabili qualitative.

Queste soluzioni nascono dalla considerazione che il territorio è un'estrinsecazione culturale e non solo uno spazio fisico.

II.5 Dal GIS al webGIS

Al giorno d'oggi parlare di territorio è riduttivo, perché nella ricostruzione della geografia del mondo antico subentra il paesaggio culturale, prodotto dall'influenza reciproca delle attività dell'uomo e l'evoluzione ambientale.

I GIS giocano un ruolo strategico nell'archeologia del paesaggio che prevede un approccio di ricerca integrato, volto alla comprensione strutturale e globale dell'antico assetto del territorio e dei centri urbani.

Il modello di strutturazione dei dati che viene prospettato è di tipo georelazionale, vale a dire un modello funzionale che dagli abituali archivi di dati si collega a quelli a connotazione spaziale, così da

inserire in un unico processo di strutturazione e analisi sia differenti tipi di informazioni sia differenti metodi e modelli già conosciuti e collaudati nell'informatica archeologica. Questi ultimi sono connessi sia al trattamento del dato grafico e alla sua visualizzazione scientifica, sia alle tecniche di analisi statistica spaziale, sorte in ambiente anglosassone negli anni Settanta, ma inserite adesso in un processo di rinnovo della metodologia.

In questi sistemi è indiscutibile la parte essenziale che svolgono i dati spaziali come elementi costitutivi della ricerca, perché non solo costituiscono gli indicatori di scelte insediamentali e delle loro relazioni, ma da essi deriva un linguaggio visivo e una comprensione completa del territorio e dello scavo¹⁶, che diventa fruibile nel suo contesto geografico. Si discute sui differenti sistemi di acquisizione, rappresentazione e divulgazione formalizzata del dato spaziale, che sono in stretto rapporto con i metodi impiegati anche in altre discipline.

¹⁶ Cfr. Nardini A. 2005b

Durante la fase di acquisizione dei dati sul campo Clive Orton, uno dei capiscuola dell'archeologia spaziale, sostiene che occorre esaminare i procedimenti da utilizzare per analizzare la ripartizione delle testimonianze. Tra questi vi è la point pattern analysis, impostata sulla localizzazione rigorosa dei manufatti che permette all'archeologo di rispondere a domande specifiche, per esempio se il medesimo spazio è stato adoperato per funzioni differenti ovvero differenti tipologie di manufatti sono state utilizzate per la stessa funzione.

Nella fase di analisi dei dati, talune pratiche di statistica spaziale, impostate sullo studio del Digital Terrain Model, un modello digitale del terreno, si concentrano sull'esame di variabili che rappresentano elementi naturali, sociali e antropici che nel mondo antico potrebbero essere stati decisivi ai fini della scelta della ripartizione delle aree edificate all'interno dello spazio urbano e degli stanziamenti nel territorio e nel contesto paesaggistico. La viewshed analysis, l'analisi di visibilità, per esempio, esamina le conseguenze della percezione visiva dell'essere umano nelle selezioni di carattere urbanistico e architettonico in base ad un principio di will to visibility, mentre la cost

surface analysis, l'analisi dei costi di percorrenza, indaga l'influenza delle antiche barriere naturali e artificiali sulle modalità di spostamento nello spazio, calcolando il rapporto tra tempo impiegato e consumo di energia.

Negli ultimi anni, per rendere possibile l'interscambio e la condivisione dei dati georeferenziati, nella fase di trasmissione delle informazioni, si è passati dai GIS ai webGIS, grazie al contributo della cartografia numerica tridimensionale e delle mappe interattive. Utilizzando un qualsiasi browser si ha la possibilità di visualizzare e aggiornare i dati archiviati per mezzo di un'interfaccia utente che consente di interagire nello stesso momento con informazioni alfanumeriche e dati cartografici. I benefici che ne derivano sono considerevoli specialmente quando l'equipe degli archeologi lavora in luoghi differenti.

Prima dell'evoluzione dei GIS in webGIS si era provato a condividere i risultati attraverso la presentazione dei dati in forma cartografica o realizzando atlanti tematici, adesso grazie alla rete telematica

internazionale è possibile archiviare, indicizzare e distribuire informazioni che, non essendo più vincolate dagli abituali fattori di scala, restituiscono una rappresentazione distributiva istantanea di manifestazioni naturali, culturali e umane.

Nella fase dello scavo archeologico l'impiego dei GIS, oltre a fornire una piattaforma per l'integrazione dei dati, ha fatto scaturire nuove domande sul rapporto tra metodo stratigrafico e topologia. In questa fase, i GIS, permettendo di riprodurre in modo più dinamico e in forma tridimensionale schemi grafici e relazioni logico-spaziali, costituiscono un ausilio per i metodi abituali di documentazione, che nella maggior parte dei casi sono impostati sul diagramma stratigrafico di Harris. Per una visualizzazione appropriata dei rapporti topologici identificati sul territorio, però, è doverosa una nuova formalizzazione delle differenti modalità di rappresentazione.

Le sperimentazioni dei GIS, scaturite dall'apertura di moderne prospettive d'indagine, hanno inoltre facilitato gli scambi fra i diversi settori scientifici

Il 23 gennaio 2013¹⁷ è stato presentato RAPTOR¹⁸, un innovativo sistema webGIS, che semplificherà e velocizzerà la gestione e la conoscenza del patrimonio archeologico regionale. La base del sistema, riservato alla gestione dei dati alfanumerici e geografici, è il database sviluppato con Postgres/Postgis. Allo stato attuale di sviluppo il database, è in grado di gestire le tre sezioni principali del sistema: le pratiche territoriali, la documentazione di scavo e gli archivi, ognuna strettamente legata alle altre.

¹⁷Fonte: http://www.beniculturali.it/mibac/export/MiBAC/sito-MiBAC/Contenuti/MibacUnif/Comunicati/visualizza_asset.html_1775060026.html

¹⁸ Il progetto nasce nel 2011, e tutt'ora in corso, da una collaborazione tra Arc-Team e le Soprintendenze Archeologiche di Friuli Venezia Giulia, Lombardia e Veneto.

MIBAC **RAPTOR 1.0**
Soprintendenza per i Beni Archeologici del Friuli Venezia Giulia

BENVENUTO/a
Nome: [Nome Cognome](#)
Logout

SESTO AL REGHENA (PN). Salone Abbaziale, Torre porta seconda, servizi igienici in piazza Castello. Lavori di restauro e ristrutturazione.

Attenzione! La traccia è stata aperta ma non è presente alcuna geometria. Utilizza il tool Specifica geometrie progetto per disegnare l'area interessata.

Elenco progetti Doc. in entrata Doc. in uscita Nuovo intervento Modifica Elimina

Dati progetto		Allegati progetto		Localizzazione	
Tipo di progetto:	MIBAC, Pubblico	TAV E I VAR SALONE- ABBAZIALE-9-12-2010- Model.pdf			
Comune:	Sesto al Reghena				
Località:	Non determinabile				
Indirizzo:	Non determinabile				
Cl.:	34-19-04				
Num Prot. SBA:	4377				
Data Prot. SBA:	2011-06-01				
Anno:	2011				
Richiedente:					
Note:	Frassine Matteo				
Fundazione di zona:					
Nessuna modifica registrata					

Cronologia documenti		Database		Siti	
In entrata	In uscita	Interventi	Stato interventi	Denominazione	
	2012-04-11 - 50756				
	2011-12-20 - 10348				
	2011-06-01 - 4377				

Questo sito è pubblicato sotto la [Licenza Creative Commons](#) di [Attribuzione](#) e [Compartecipazione](#) (CC BY-NC-SA)

© Copyright 2013 - Soprintendenza per i Beni Archeologici del Friuli Venezia Giulia

14.428 - 14.427/14.426 - 14.425/14.424 - 14.423/14.422

Interfaccia grafica di RAPTOR
(da <http://www.arcteam.homelinux.com/arcteam/schedaProg.php?id=4>)

II.6 Lo scavo archeologico: analisi spaziali intra-site

Un ambito particolare di sviluppo dei GIS è quello che si occupa delle analisi intra-site volte alla registrazione, elaborazione e visualizzazione delle informazioni ottenute durante lo scavo archeologico. Gli archivi alfanumerici vengono registrati in una o più tabelle tra loro collegate, mentre le piante degli strati e degli oggetti vengono archiviate in mappe vettoriali suddivise in temi, in cui ogni elemento è georeferenziato e collegato ad un attributo dell'archivio alfanumerico. I GIS solitamente hanno un'interfaccia user-friendly per il data-entry predisposta con una struttura gerarchica ed una serie di tabelle compilate su dizionari e liste di variabili predefinite che accompagnano l'utente nella stesura delle schede. Il GIS è inoltre ampliato da funzioni di navigazione, ricerca e tematizzazione che rendono l'applicazione uno strumento flessibile e molto utile per lo studio e la rapida diffusione degli esiti della ricerca.

Sono compresi fra le soluzioni GIS per lo scavo molteplici sistemi basati sull'integrazione tra il dato grafico spaziale e gli elementi mobili

e immobili ritrovati nei diversi strati o livelli. Il GIS facilita la consultazione degli archivi, che sono sviluppati in tempi brevi e facilmente consultabili, e per di più permette di elaborare mappe attraverso la consultazione del database alfanumerico. Quest'ultima funzione di tematizzazione rappresenta la differenza principale tra le applicazioni CAD di cartografia numerica, che sono predisposte in layers standard con cui non è possibile interagire, e le soluzioni GIS, dove le piante tematiche sono create on-demand a seguito di richieste effettuate sulle informazioni archiviate nel database. Un'altra differenza è costituita dalla possibilità offerta dai GIS di facilitare l'archeologo nell'interpretazione del contesto stratigrafico mediante l'identificazione di schemi distributivi. Utilizzando particolari modelli di analisi spaziale e statistica è possibile rilevare il rapporto di classi di manufatti distribuite in maggior numero in determinate aree di rinvenimento.

Le applicazioni GIS per lo scavo hanno un ruolo preponderante durante la fase di catalogazione delle informazioni raccolte sul terreno. La documentazione, infatti, può essere gestita interamente dal sistema

che inserisce in un modello georelazionale tutte le informazioni disponibili sul sito esaminato, dalle analisi geoarcheologiche alla fotointerpretazione, dallo studio delle singole classi di materiali ai complessi architettonici, dalla datazione dei reperti all'identificazione ed interpretazione di aree funzionali, fino al calcolo statistico degli oggetti. Proprio queste caratteristiche rendono il GIS intra-site un'applicazione multi-funzionale capace di soddisfare molteplici esigenze. Esso può inoltre costituire una base cartografica numerica preziosa per una migliore conservazione e valorizzazione dei siti archeologici nell'ambito della definizione, ad esempio, di piani paesistici e della progettazione territoriale e/o urbana¹⁹.

La sperimentazione di una piattaforma GIS per la rappresentazione del dato archeologico è stata applicata, recentemente, per lo scavo a Pompei²⁰, in uno studio imperniato sull'evoluzione degli spazi domestici nelle Regiones V (insulae 3 e 4) e VI (insulae 7 e 14)²¹. Il

¹⁹ Cfr. Nardini A. 2005c

²⁰ Cfr. Maratini 2011

²¹ Lo studio rientra nel più ampio progetto di ricerca nazionale "Rileggere Pompei", coordinato dal prof. Filippo Coarelli.

GIS, in questo progetto, è stato utilizzato per analizzare ed interpretare il contesto secondo molteplici fattori. I risultati delle analisi spaziali e i modelli previsionali, realizzati a partire da dati di scavo e di analisi architettonica sugli edifici, restituiscono una vasta mole di informazioni, come livelli incentrati sulle fasi cronologiche oppure sulla distribuzione delle evidenze o sulla modellazione tridimensionale e il GIS ha permesso non solo di registrare e di gestire efficacemente i dati, ma anche di reinterpretarli.

Nonostante la loro versatilità, le applicazioni GIS intra-site sono attualmente un settore le cui potenzialità non sono state del tutto esplorate. Le cause di questo limitato impiego possono essere ascritte ad un'insufficiente possibilità di utilizzare i GIS per le applicazioni integralmente tridimensionali e multitemporali proprie dello scavo stratigrafico.

Nelle indagini archeologiche del paesaggio i GIS hanno fatto progredire le ricerche di tipo territoriale, costituendo una metodologia diversa e meno gravosa in confronto a quelle consuete; nelle ricerche

sul campo, invece, ciò non sarebbe possibile dal momento che lo scavo archeologico e le analisi intra-site non sono attuabili avvalendosi solamente dei GIS.

Recentemente, i GIS, a causa dell'interesse maggiore rivolto all'alta qualità delle informazioni acquisibili sul campo ed a una metodologia di scavo modernizzata proprio grazie al loro utilizzo, sono stati oggetto di un'attenzione maggiore da parte degli archeologi. I GIS per lo scavo, infatti, a differenza delle applicazioni inter-site che sono contraddistinte dalla sovrapposizione delle carte tematiche e dal calcolo di tipo statistico tra le informazioni di tipo ambientale e/o sociale ed i siti, sono caratterizzati da un procedimento valutativo e metodologico più profondo. La molteplicità e la varietà delle informazioni reperite sul campo rallentano e rendono difficile la selezione di un modello-dati idoneo a interpretare, eludendo la perdita di informazioni, la pianificazione della documentazione e degli archivi grafici ed alfanumerici.

L'uso dei GIS per lo scavo presenta ulteriori problemi, come quelli relativi alla realizzazione dei collegamenti tra banche-dati alfanumeriche ed archivi spaziali oppure il lungo tempo impiegato per selezionare un modello di riproduzione grafica della stratigrafia capace di mostrare la distribuzione spaziale delle testimonianze e il susseguirsi degli strati, tenendo conto della scala geografica rimpicciolita e l'impiego degli enti geometrici primitivi (punti, linee ed aree) per la riproduzione vettoriale degli oggetti.

Le applicazioni intra-site, tuttavia, si stanno diffondendo sempre più grazie al dilagare di quei dispositivi che permettono l'acquisizione diretta di dati digitale eliminando la fase della conversione dei supporti cartacei. Negli ultimi anni, infatti, le tecnologie per il rilievo digitale (Stazione Totale, GPS, Fotogrammetria, riprese dal pallone o dall'aquilone, etc.) si sono integrate con i GIS, rimodernando le metodologie consuete di rappresentazione grafica e ricostruzione cartografica.

Il progresso tecnologico dei GIS intra-site ha fatto scaturire nuove questioni quali la selezione di una soluzione efficace per il recupero della mappatura di scavi precedenti e della loro conversione in digitale. Ciò non solo per quanto riguarda la necessità di amalgamare in un solo strumento di lavoro dati che sono stati acquisiti in tempi e scale differenti, ma anche per quanto concerne l'integrazione e la sovrapposizione di informazioni acquisite con tecniche diverse e pertanto con diversa affidabilità, proiezione geografica e precisione topografica.

L'inarrestabile diffusione dei GIS di scavo ha aperto degli interrogati su problematiche metodologiche a cui non sono state ancora date risposte esaurienti. Se lo scavo archeologico sarà contraddistinto sempre più da un aumento di dati digitali che allungherà notevolmente l'operazione di registrazione, bisognerà concentrarsi maggiormente sulla progettazione di un modello-dati appropriato per la realtà archeologica esaminata, trovare una soluzione capace di combinare ed integrare archivi cartografici che comprendono vecchie e nuove

indagini sul campo, ed infine sviluppare e abbinare le funzioni tipiche dei GIS con adeguate tecniche di analisi statistica.

Le applicazioni intra-site sono per lo più multifunzionali e non presentano marcate differenze metodologiche, ma a scopo esplicativo le soluzioni proposte per l'attività di scavo possono essere distribuite in tre ambiti applicativi: la gestione degli archivi grafici e testuali dello scavo finalizzate ad una più efficiente conduzione del cantiere; la produzione di carte dell'impatto e del rischio archeologico destinate all'integrazione tra i dati archeologici e l'assetto urbanistico e territoriale attuale; ed infine, l'impiego di modelli di analisi spaziale per l'identificazione di schemi distributivi.

Il primo ambito applicativo, la gestione degli archivi grafici e testuali dello scavo, è legato più direttamente al lavoro quotidiano della ricerca archeologica sul campo ed è compreso nella tradizione delle applicazioni informatiche per la gestione dello scavo. Si tratta di un ambito in cui l'utilizzo della tecnologia soddisfa per lo più necessità legate a logiche di razionalità, produttività ed efficienza nella gestione

dell'organizzazione del lavoro di cantiere. In questo caso i GIS possono essere inclusi all'interno di un più vasto sistema informativo indirizzato alla documentazione delle testimonianze archeologiche sia a livello storico che spaziale e interagire con dati testuali codificati.

La creazione di carte del rischio o dell'impatto archeologico muove dal medesimo modello dati del precedente gruppo di applicazioni ma si distingue per la finalità che è rivolta principalmente alla tutela dei beni archeologici messi a repentaglio dalla pianificazione territoriale e urbanistica. L'utilizzo di questo gruppo di applicazioni è spesso eseguito da numerose istituzioni di ricerca in collaborazione con istituzioni territoriali per chiarire le aree archeologiche da vincolare, proteggere e valorizzare. Il maggiore elemento distintivo di questi applicativi consiste nella sovrapposizione della base cartografica numerica del territorio attuale alle testimonianze antiche.

Il settore applicativo in cui i GIS e le tecniche di statistica spaziale sono utilizzate congiuntamente per dare vita a nuove informazioni è più complesso. In particolare, il GIS mediante algoritmi per la

visualizzazione in forma tridimensionale delle informazioni può restituire non solo la superficie territoriale, ma anche il volume e la successione stratigrafica dei livelli. L'intrinseco rapporto esistente tra tecnologie per l'acquisizione di dati cartografici numerici e sistemi di visualizzazione e manipolazione delle informazioni geografiche rende il GIS, un sistema di gestione molto vantaggioso soprattutto per la visualizzazione dei dati a connotazione spaziale.

In taluni casi la realizzazione di un GIS intra-site ha per scopo la progettazione di modelli tridimensionali che semplificano la comprensione della vecchia organizzazione del territorio e consentono l'elaborazione di carte derivate.

Capitolo III

L'archeologia virtuale e la diffusione del dato

III.1 La computergrafica nella ricerca archeologica

Negli anni passati l'informatica ha offerto alla ricerca archeologia il suo contributo per la risoluzione di singoli problemi. Soltanto recentemente, in seguito allo sviluppo della moderna impostazione dell'archeologia, definita post-processuale e cognitiva, si è approfondito un ambito di ricerca nuovo ed autonomo definito *digital archaeology*²², che prevede l'impiego di applicativi informatici per ampliare le possibilità interpretative dell'archeologia .

La parola tridimensionalità è frequentemente utilizzata per indicare due settori distinti e differenziati: la modellazione tridimensionale e l'animazione.

Con l'espressione modellazione tridimensionale si intendono i processi di elaborazione di oggetti tridimensionali, che presentano parametri geometrici calcolabili e modificabili, invece l'animazione riguarda la

²² Cfr. Evans e Daly, 2006

trasformazione degli stessi oggetti in attori animati all'interno di una scena e la successiva trasposizione in filmati oppure immagini statiche.

L'obiettivo di un progetto 3D, sia di modellazione sia di animazione, consiste nella produzione di documentazione, che può essere indirizzata agli specialisti oppure agli appassionati. Per ottenere tale documentazione bisogna eseguire una serie di operazioni, il cui ordine non è prefissato, perché non esiste un modello universale determinante per il prodotto finale. E' possibile che ci siano diversità dovute all'apparato hardware e software utilizzato e alla particolarità del risultato raggiunto. Anche le tecniche di modellazione che è possibile applicare e gli stessi principi e processi di elaborazione sono molteplici e sono adeguabili a qualunque classe di reperti, da quelli ceramici, numismatici, vitrei, metallici e architettonici ai resti osteologici e lignei.

Il primo step comune a ogni procedimento di elaborazione 3D di reperti è costituito dall'acquisizione della loro struttura, cioè nella

trasformazione un oggetto reale in una serie di codici digitali in cui siano descritti conformazione ed aspetto.

Precedentemente alla diffusione del laser scanner con cui si possono ottenere informazioni geometriche e colorimetriche del reperto, il metodo abituale, utilizzato ancora oggi, consisteva nell'importare attraverso uno scanner per immagini il profilo del reperto, disegnato nel corso delle analisi e catalogazioni di laboratorio. Successivamente, il profilo doveva essere vettorializzato, cioè convertito in un oggetto geometrico per poter proseguire nell'elaborazione del modello tridimensionale. Tale tecnica, però, si può adottare per reperti caratterizzati da strutture abbastanza semplici, invece per i reperti caratterizzati da una maggiore complessità strutturale è opportuno avvalersi di altri metodi, diminuendo così il livello di accuratezza geometrica.

L'introduzione del laser scanner ha consentito di risolvere questo problema, realizzando una riproduzione virtuale del reperto archeologico strutturalmente ed esteriormente fedele all'originale e

imparziale, a prescindere dalla sua complessità, poiché l'intero ingombro viene acquisito al computer con un livello di precisione molto accurato, mediante il procedimento di *reverse engineering*.

I benefici derivanti da questa applicazione sono essenzialmente due: l'acquisizione avviene in tempi brevi, mediante poche operazioni eseguite con un intervento minimo dell'archeologo sul sistema di scansione periferica-calcolatore; gli oggetti sono restituiti fedelmente, partendo da raffigurazioni virtuali rappresentate da nuvole di punti, il cui insieme riproduce scrupolosamente l'oggetto reale.

Gli step fondamentali di qualunque processo di documentazione tridimensionale dei reperti sono, dunque, quattro, ognuno dei quali richiede le opportune abilità e software. La prima fase è l'acquisizione del reperto all'elaboratore elettronico, a questa segue la modellazione 3D, il fotoritocco delle mappature e il fotoraddrizzamento dei motivi decorativi e, infine, la realizzazione della documentazione.

III.2 L'acquisizione dei reperti al calcolatore

Per poter inserire un reperto all'interno del calcolatore è necessario adoperare un apparato hardware e software, che congiuntamente formano il sistema stesso di acquisizione.

Trasferito il reperto al calcolatore, il secondo step è quello di *reverse engineering*, che consiste nell'importare la nuvola di punti, letta dalla periferica, nell'ambiente di lavoro che si vuole utilizzare. In questa fase si stabilisce la risoluzione delle scansioni, eseguendo in automatico, se si ritiene necessario, una prima selezione della nuvola di punti, diminuendo la concentrazione dei punti che rappresentano la superficie scansionata. L'ambiente di lavoro include delle funzioni indispensabili per il perfezionamento della copia virtuale e della sua visualizzazione (una nuvola di punti, una superficie poligonale oppure un oggetto fotorealistico). Completata la scansione, si esegue la *merge*, cioè la fusione delle singole superfici, attraverso cui si ottiene un solo oggetto 3D e un'immagine *raster*, vale a dire il “raddrizzamento” dell'intera superficie del reperto, applicata dal software stesso sulla

superficie tridimensionale e visualizzabile all'interno dell'ambiente di lavoro.

Affinché la documentazione sia completa, è indispensabile generare due file diversi, uno ad alta risoluzione di punti e uno a bassa risoluzione, per ciascun oggetto scansionato. Questa strategia consente di ottimizzare i tempi di lavoro, diminuendo i tempi di conversione delle scansioni in documentazione fruibile dall'utente.

Questa documentazione si traduce da un lato in oggetti virtuali, caratterizzati da un formato universale, che si può agevolmente consultare indipendentemente dal sistema operativo o dal tipo di computer impiegati, come ad esempio i filmati *QuickTime Virtual Reality*, che non sono vincolati dalle limitazioni imposte dai formati proprietari dei software di scansione, modellazione e animazione. È evidente quindi la necessità di convertire il file originario in un formato utilizzabile da altri software tridimensionali, forniti di funzionalità più numerose e particolareggiate, che permettano di realizzare una documentazione qualitativamente superiore, sia per la

creazione di cataloghi tridimensionali dei reperti sia per l'applicazione di analisi morfo-metriche caratterizzate da un alto grado di accuratezza.

Dopo la fase di acquisizione si passa a quella di modellazione e animazione, costituenti basilari dei due ambiti in cui è stato precedentemente suddiviso il concetto di tridimensionalità.

Successivamente la prima operazione da compiere prima di passare alle fasi seguenti, è quella di definire gli oggetti tridimensionali, poiché costituisce un processo indispensabile sia per proseguire con analisi morfologiche e metriche sia per realizzare ambienti di animazione.

Le tecniche di modellazione e gli strumenti che devono essere usati sono individuati in relazione alle finalità dell'applicazione tridimensionale. La realizzazione di un'animazione oppure l'applicazione di analisi morfometriche forniscono risultati diversi, infatti, sono caratterizzate dall'utilizzo di strumenti differenti così

come gli oggetti, o superfici tridimensionali, assumono prerogative differenti tra loro benché siano prodotti dallo stesso oggetto reale.

III.3 La modellazione

Dopo aver esportato i documenti prodotti dal sistema di scansione sotto forma di formati universali e averli ridefiniti mediante software tridimensionali, si può passare al secondo *step* di lavoro. La nuvola di punti deve essere convertita in una superficie, cioè in un oggetto che può essere acquisito da altri software di modellazione.

Importato l'oggetto nell'ambiente di lavoro tridimensionale, si prosegue con la ridefinizione o scomposizione della superficie prodotta dalla scansione in più oggetti separati che insieme formano la copia virtuale del reperto.

Questa operazione è fondamentale per poter stabilire con precisione le caratteristiche visive di ogni parte della copia virtuale. Non è, infatti, possibile ottenere una copia fotorealistica del reperto originale se si

conserva una sola superficie, poiché la restituzione globale dell'immagine sulla superficie stessa diventerebbe difficoltosa.

La tecnica di scomposizione consta della formazione di nuovi oggetti tridimensionali, che riproducono la *mesh* poligonale prodotta dalla nuvola di punti generata in seguito all'esportazione. Così facendo si riproduce lo stesso oggetto di partenza con un lieve livello di imprecisione, per questo motivo tale metodo non può essere impiegato per eseguire analisi morfometriche.

La modellazione di oggetti destinati ad animazioni può essere interamente impostata sulla realizzazione e gestione di curve *Nurbs* (Non Uniform Rational BSplines), cioè geometrie capaci di definire con accuratezza qualunque formato, 2D o 3D, caratterizzato da adattabilità e precisione, su cui è possibile intervenire, in qualsiasi momento, modificando il grado di dettaglio. Questa selezione consente di raggiungere un eccellente rapporto tra la restituzione e il tempo impiegato. Gli oggetti Nurbs presentano, inoltre, una semplicità di

rielaborazione e gestione, una inferiore occupazione di memoria e una conseguenziale scalabilità del rendering.

Le curve Nurbs, che riproducono i profili orizzontali dell'oggetto, sono semplici circonferenze convenientemente scalate, ruotati e deformati su cui, successivamente, si esegue un intervento di *loft*, generando una superficie di collegamento che ripercorre lo sviluppo della scansione. La superficie interna viene, al contrario, riprodotta come copia convenientemente scalata di quella esterna mediante lo strumento *Offset*, con il quale si può riprodurre una superficie a una distanza specificata. Le due superfici, sia del fondo esterno sia di quello interno, sono, infine, congiunte attraverso un'altra azione di *loft* tra le due curve terminali dei relativi contorni. Il modello che si ottiene, dopo aver terminato questo step, è composto di oggetti o superfici 3D, a loro volta trasformati in poligoni e di nuovo esportati nel formato adatto verso il software di animazione per l'ultima fase di texturizzazione e rendering.

III.4 Fotoritocco e fotoraddrizzamento

La gestione grafica delle immagini è importante non solo per la progettazione delle texture proiettate sulle relative superfici tridimensionali nei lavori di rendering, ma anche per la realizzazione della raccolta delle decorazioni dei reperti archeologici.

Il fotoritocco delle mappature, o definizione delle texture, le immagini necessarie per completare le proprietà di una superficie tridimensionale, non costituisce una procedura prettamente tridimensionale, tuttavia il prodotto finale sarà tanto migliore quanto più scrupolosa sarà la caratterizzazione.

Non c'è una sola metodologia per la realizzazione di una texture, l'importante è cercare di ottenere un'immagine di alta qualità, non tanto dal punto di vista della memoria o dell'alta risoluzione, poiché questo implica inevitabilmente un dispendio troppo alto di energie dell'operatore e del calcolatore nel processo di renderizzazione, senza produrre nessun perfezionamento tangibile del prodotto, quanto invece nelle proprietà dei colori dell'immagine.

Per la determinazione di una mappatura, si può utilizzare qualunque programma di grafica, il più diffuso è il software Photoshop di Adobe. Le immagini provenienti dalle scansioni effettuate con il laser scanner seguono gli stessi processi.

Dopo il fotoraddrizzamento è possibile esportare e salvare la superficie come documento a sé e, infine, essere riapplicata sulla superficie modellata.

Avvalendosi di alcune funzionalità presenti nei software di grafica, come il timbro e l'aerografo, con diversi parametri di opacità e procedimenti di applicazione, si possono sistemare eventuali imperfezioni. Altre operazioni, utili per ottimizzare le immagini, sono il bilanciamento dei colori e della luminosità e la definizione delle estremità laterali, che devono corrispondere esattamente nelle gradazioni di colore e nelle caratteristiche cromatiche. Questa peculiarità dell'immagine è indispensabile per poterla applicare senza errori, durante la realizzazione del set di animazione, sulla superficie modellata. Se, infatti, i margini non combaciano esattamente, la

ricostruzione fotorealistica mostrerà irreparabilmente questa difformità. Per evitare questi difetti, un rimedio molto semplice è tagliare nella parte centrale l'immagine e collocare le due parti ai lati opposti del ritaglio. Così si ottiene una perfetta coincidenza tra le estremità. Utilizzando le funzionalità del software di grafica, poi si devono correggere i precedenti limiti, che adesso combaciano al centro dell'immagine.

III.5 Documentazione

Attraverso l'utilizzo di metodologie tridimensionali si possono acquisire due tipologie di documentazione dei reperti. La prima è costituita dagli oggetti virtuali, delle riproduzioni fotorealistiche del reperto, la seconda dagli oggetti vettoriali, prodotti da analisi caratteristiche realizzate dal calcolatore, tra cui stime dei volumi oppure rilievi morfologici e metrici.

Per l'elaborazione di documentazione foto realistica, prima, se è necessario, bisogna scomporre l'oggetto proveniente dalla scansione in diverse superfici, che possono poi essere importate in software di animazione, nel caso che questo sia diverso da quello di modellazione. Dopo averle immesse nel nuovo ambiente di lavoro, si definiscono i singoli attributi e si esegue il rendering.

In commercio si trovano molti programmi per il rendering, che presentano le medesime funzioni indispensabili per la realizzazione di un set di animazione e del progetto di renderizzazione corrispondente. Gli strumenti di funzionamento, infatti, sono simili in tutti i software, le diversità principali si rilevano nell'interfaccia utente, nella modalità di definizione delle caratteristiche degli oggetti immessi nella scena e, in ultimo, nel diverso potenziale che presentano i vari strumenti.

Dopo aver importato le superfici modellate, in un primo momento occorre precisare gli attributi di ciascun singolo oggetto del reperto.

Qualunque programma permette di applicare come minimo quattro tipologie basilari di proiezioni bidimensionali: planare, cilindrica,

sferica e conica. Dalla scelta della proiezione dipende il modo con cui l'immagine sarà associata alla relativa superficie e quindi come sarà visualizzata. In definitiva, la morfologia di un oggetto tridimensionale stabilisce il criterio di applicazione di una texture.

L'immagine sovrapposta alla superficie esterna deriva dal fotoraddrizzamento effettuato con la scansione del reperto, ripulito dalle impurità prodotte dal software di acquisizione, quella interna, invece, è soltanto una parte dell'originale, acquisita ad esempio con una semplice fotocamera digitale, poiché non può essere del tutto scansionata come quella esterna, a causa di quelle parti che spesso non possono essere importate dallo scanner, per cui non è possibile ottenerne il fotoraddrizzamento. Le parti inferiori, sia interne che esterne, sono in genere caratterizzate da una superficie piana, di conseguenza la proiezione della texture sarà di tipo planare, prodotta da fotografie delle rispettive parti del reperto originale.

Completata la sistemazione degli attributi delle superfici, è indispensabile corredare il set di un apparato di luci allo scopo di

illuminare in modo opportuno la copia virtuale, per metterne in evidenza la forma e ottenere un eccellente effetto fotorealistico.

Nello step finale si selezionano i parametri, le dimensioni del documento e il formato, del rendering e si procede alla produzione dell'immagine, dell'animazione oppure del filmato. Un parametro importante è costituito la risoluzione del rendering, vale a dire il livello di campionamento degli oggetti e delle relative texture che il software deve elaborare per generare il prodotto finale.

Il lavoro si conclude con la fase vera e propria di rendering, che sarà interamente realizzata dal computer, secondo i parametri precedentemente impostati, per mezzo di un algoritmo di cui è dotato il software (*Phong, Ray tracing* o altro).

III.6 La modellazione finalizzata ad analisi specifiche

Se il fine della modellazione di oggetti è l'analisi geometrica, volumetrica e morfologica, si deve cercare di raggiungere la massima accuratezza, avvalendosi congiuntamente del laser scanner e di un programma CAD-3D. A differenza dei modelli indirizzati alle animazioni, in questo caso, si lavora unicamente sulla *mesh* poligonale originaria, e non si procede alla formazione di una nuova superficie Nurbs, anche se ciò comporta una dilatazione del tempo di lavoro. Si importa, quindi, in forma di *mesh* poligonale la nuvola di punti restituita dalle scansioni nell'ambiente CAD-3D, dove è possibile eseguire analisi approfondite e minuziose.

In un progetto pilota, guidato dallo Yeshiva University Center con la Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Roma e condotto tra il 5 e il 7 giugno 2012, l'uso di uno scanner Smart SCAN 3D congiuntamente ad una spettrometria non invasiva UV-VIS ha permesso di rilevare scaglie di colore, un pigmento giallo ocre brillante, sul rilievo marmoreo dell'immagine della Menorah

raffigurata nell'Arco di Tito a Roma. Per il successo dello studio i dati di scansione sono stati trattati con la massima precisione e accuratezza per creare una rappresentazione 3D dei rilievi²³. Questa scoperta ha confermato le testimonianze degli scritti biblici e dei primi cristiani.²⁴



²³ E' possibile visualizzare la scansione 3D del rilievo "Menorah" nell'Arco di Tito on line:
<http://animoto.com/play/5Yhhd7idvip6sQkxjP3O1g>

²⁴ Fonte: <http://www.archeomatica.it/notizie/576-nuove-tecnologie-per-lo-studio-dell-arco-di-tito>.



Particolare dell'Arco di Tito
(da <http://yu.edu/cis/activities/arch-of-titus/>)

III.7 La modellazione 3d di strutture e di siti

Negli ultimi anni si è sviluppato un percorso di documentazione a scopo puramente divulgativo, contraddistinto dalla riproduzione tridimensionale di strutture architettoniche e siti indagati archeologicamente. Le ricostruzioni 3D, in questo caso, sono finalizzate alla diffusione del dato verso il vasto pubblico, e non mirano ad una documentazione accurata, quanto invece ad un prodotto

che, seppur non perfetto dal punto di vista formale, possa catturare l'attenzione. Un simile prodotto dall'indubbio effetto visivo - evocativo costituisce un bene documentario importantissimo nel processo di ricerca e conservazione dei dati, ma risulta ancor più strategico per l'attività di comunicazione archeologica, dischiudendo ad un sempre più ampio pubblico la conoscenza del "mestiere dell'archeologo". «Insomma, è ormai evidente che il lavoro degli archeologi comporta grandi implicazioni non solo scientifiche e culturali, ma anche sociali».²⁵

Le ricostruzioni, che sono il naturale risultato del processo interpretativo, semplicemente tradotto visivamente in 3D, la maggior parte delle volte, sono multiple e rappresentano le differenti fasi diacroniche riconosciute. Per realizzare questi prodotti si utilizzano software di modellazione tridimensionale, che permettono di creare immagini e animazioni da inserire in pubblicazioni cartacee o prodotti multimediali.

²⁵ Cfr. Manacorda 2008, p. 250.

Il settore della modellazione è molto diffuso ed utilizzato, per esempio, dal mondo della pubblicità, da quello del cinema, dell'architettura e del design. L'archeologia, anche in questo caso, si avvale di tecnologie e metodologie da tempo disponibili.

Le fasi di lavoro, in questo caso, si possono sostanzialmente distinguere in modellazione, surfacing, animazione, se prevista, e rendering.

Un esempio famoso è costituito dal modello virtuale della Roma Antica pubblicato in rete da Google Earth²⁶, esito del progetto Rome Reborn²⁷, sviluppato dal Virginia's Institute for Advanced Technology in the Humanities²⁸ attraverso l'impiego di software di modellazione tridimensionale per ambienti urbani.

²⁶Roma antica è un layer di Google Earth, ovvero un livello tematico sovrapponibile alle rappresentazioni geospaziali offerte dall'applicazione di Google.

²⁷ Il modello dell'antica Roma venne mostrato al pubblico per la prima volta l' 11 giugno 2007. Nel mese di novembre del 2008, la prima versione di Rome Reborn 1.0 è stato pubblicato su Internet come "Roma Antica in 3D" in Google Earth. La versione attuale è la 2.1.

²⁸ Il sito del progetto : <http://www.romereborn.virginia.edu/>

L'idea del progetto è quella di ricostruire lo sviluppo e la decadenza della città dal primo insediamento del Bronzo recente (circa 1000 a.C.) fino allo spopolamento della città nel Medioevo (circa 550 d.C.). Il lavoro di ricostruzione virtuale è partito dal 320 d.C.²⁹ per poi procedere a ricostruire i cambiamenti all'indietro e in avanti, in una sorta di macchina del tempo virtuale.



Alcune immagini che compongono il video Rome Reborn
(da: <http://www.romereborn.virginia.edu/gallery-current.php>)

²⁹ Per iniziare è stato scelto il 21 giugno 320 perché all'epoca la città aveva raggiunto il massimo della sua dimensione demografica (oltre 1 milione di persone) e della sua estensione territoriale. Dopo quella data furono costruiti ben pochi edifici pubblici.

III.8 Fruizione della documentazione

Le esperienze innovative in campo archeologico hanno permesso il perfezionamento delle metodologie informatiche necessarie alla realizzazione di documentazione tridimensionale e hanno generato informazioni che hanno un valore scientifico per la ricerca e un potenziale comunicativo per la società odierna.

I filmati navigabili e le immagini che descrivono alcuni tratti essenziali dei reperti mettono a disposizione degli utenti uno strumento di conoscenza aggiuntivo. L'allestimento di postazioni digitali all'interno di mostre e musei pertanto, stimola la curiosità e cattura l'attenzione dei visitatori, che si accosterebbero ai reperti archeologici con un atteggiamento meno deferente, più dinamico e talvolta approfondito. Il fotoraddrizzamento, per esempio, permette di osservare dei motivi decorativi che probabilmente non sarebbero visibili integralmente sul reperto esposto, o invece la possibilità di ruotare completamente le copie digitali e di conseguenza pure le parti nascoste dell'originale.

I maggiori vantaggi dell'utilizzo della tridimensionalità sono certamente la divulgazione verso il grande pubblico e la possibilità di offrire uno strumento di ricerca agli specialisti.

Filmati QTVR, fotoraddrizzamenti, profili e misurazioni possono anche essere archiviati online in cataloghi progettati per chiavi di ricerca, liberamente consultabili e fruibili.

Il processo di produzione di documentazione tridimensionale presuppone il possesso di abilità informatiche, alle quali deve affiancarsi una sicura padronanza dei reperti. Sono, infatti, le conoscenze settoriali ad assicurare la qualità dell'organizzazione della documentazione e degli strumenti per la divulgazione e la ricerca.

Un esempio del connubio fra l'utilizzo delle nuove tecnologie e la disseminazione del sapere, in particolare della ricezione del nostro patrimonio culturale, è il Museo Virtuale dell'Iraq³⁰, progetto ideato e realizzato dal Cnr su iniziativa del Ministero per gli Affari Esteri,

³⁰ Sito internet: <http://www.virtualmuseumiraq.cnr.it/prehome.htm>

direzione generale per i paesi del Mediterraneo e del Medio Oriente³¹.

Il museo virtuale è il frutto della collaborazione svariati professioni (archeologi, tecnici informatici, filologi esperti di cultura mediorientale e islamica, storici e tecnici del suono). La particolarità del sito è la sua struttura multimediale, perché diversamente dai siti di altri musei, che si presentano come raccoglitori statici e cristallizzati di immagini, nel Museo Virtuale dell'Iraq l'utente interagisce ed è protagonista di percorsi dinamici. La ricostruzione in 3D, inoltre, permette una visualizzazione a 360° dell'opera, cogliendone la volumetria e i dettagli.

³¹ Il progetto a rappresentare le eccellenze scientifiche italiane ai lavori del G8 degli Enti di Ricerca tenutosi a Venezia nel maggio 2009.



III.9 L'archeologia e il web

La rete telematica internazionale ha avuto dalla fine degli anni '90 uno sviluppo esponenziale tanto nella quantità dei documenti on line, tanto nel numero sempre maggiore di utenti che si avvalgono ogni giorno del web e di internet utilizzando i più disparati servizi che offrono.³²

³² In base ad una ricerca dell'Eurisko gli utilizzatori di internet in Italia in meno di un decennio sono passati da 2 a 14 milioni. Nell'ultimo anno l'aumento è stato di circa il 15%. Le rilevazioni di Eurisko, inoltre, attestano un accesso alla rete internet del 75% delle persone che possiedono un computer.

Questi ampi consensi sono stati determinati dalla semplicità con la quale si possono realizzare e pubblicare on line pagine web. Qualunque persona, dopo aver acquisito un minimo d'esperienza di navigazione e una conoscenza informatica di base, può essere in grado di creare documenti HTML.³³

Le prerogative più importanti del Web sono la possibilità di raggiungere in pochi secondi ed “in tempo reale” ogni luogo della Terra e l'opportunità di utilizzare la multimedialità, sfruttando quindi più mezzi di comunicazione (non solo testi, ma anche immagini, filmati e suoni).

Attraverso l'uso del linguaggio HTML, HyperText Markup Language, ognuno di noi è in grado di divenire protagonista attivo dello scambio informativo, pubblicando informazione in rete, divulgandole attraverso questo strumento potente, economico e facilmente utilizzabile.³⁴

³³Cfr. Francovich, Isabella 2004

³⁴ Cfr. Berners-Lee 2001

Lo sviluppo di internet non conosce tregua. La continua richiesta di nuove funzionalità ed applicazioni fa apparire la rete in un continuo *work in progress*, un laboratorio dove si sperimentano tecnologie e soluzioni innovative.

In campo archeologico internet costituisce dunque un perfetto canale per la trasmissione, la divulgazione e lo scambio di dati e di informazioni. Consente, inoltre, di ampliare i contatti all'interno della comunità scientifica, eludendo una delle maggiori difficoltà che attraversa l'equipe di ricerca archeologica: il ritardo e lentezza nella disseminazione dei dati che caratterizzano da sempre gli strumenti editoriali tradizionali, determinata dai lunghi tempi di costruzione ed elaborazione della documentazione. Questo si accompagna all'atteggiamento di tanti archeologi che detengono il monopolio assoluto sui dati, che frequentemente non sono fatti circolare fra la collettività scientifica.³⁵ L'utilizzazione, inoltre, di una struttura dati di tipo 'open' riflette l'esigenza, sempre più estesa, di sviluppare un vero e proprio modello cooperativo di conoscenza per la diffusione e lo

³⁵Cfr. Isabella, Salzotti, Valenti 2001

scambio di documentazione scientifica non circoscritti al solo ambito accademico.³⁶

Le nuove tecnologie permettono di ridurre significativamente i tempi di elaborazione della documentazione e mettere a disposizione della comunità scientifica, in pochissimo tempo, avvalendosi della rete i risultati della propria ricerca. I dati diventano così liberamente consultabili e possono essere esaminati e reinterpretati.

Un vantaggio, certamente non trascurabile, per la socializzazione dell'informazione archeologica è costituito dall'abbattimento significativo dei costi. Gli elevati costi di stampa delle pubblicazioni di scavo possono ridursi considerevolmente ed essere circoscritte alla stampa di elaborazioni interpretative e sintesi, lasciando alle banche dati il compito di assolvere la funzione di banca dati di supporto.

Nell'ultimo decennio i siti web che trattano di archeologia sono proliferati, tuttavia a questo aumento quantitativo non è finora

³⁶Cfr. Barchesi 2005, 225-241 in cui si descrive l'innovativa sperimentazione, da parte della rivista *Archeologia e Calcolatori*, del cosiddetto 'strumento' degli *Open Archives*, finalizzato all'applicazione di nuove forme di diffusione e recupero dei dati scientifici disponibili *on-line*.

corrisposto un altrettanto esteso aumento qualitativo. La maggior parte, infatti, sono siti creati al solo scopo di mostrarsi al pubblico, ma che non mettono a disposizione dell'utente possibilità di approfondimenti e le informazioni scientifiche sono insufficienti.

I navigatori della rete sono oramai esperti e accedono raramente alle pagine che ritengono carenti di contenuti e che non gli consentono di appagare il proprio desiderio di conoscenza, deliberando in tal modo la scomparsa di molti e il successo di pochi.

Dato l'elevato numero di siti presenti nel web, gli utenti hanno un'enorme opportunità e non vogliono perdere tempo con siti disorganici, lenti a caricare o che non rispondono alle loro esigenze. Se gli internauti non riescono in pochi minuti a comprendere come navigare in un sito e non trovano rapidamente le informazioni a cui sono interessati, prontamente si rivolgono agli altri siti di cui abbonda il web.

Le numerose ricerche sulla *web usability*³⁷ hanno dimostrato che un elemento sostanziale che differenzia un sito web di successo da uno poco visitato è costituito principalmente dalla quantità di visite e soprattutto dalle visite reiterate di utenti fedeli.

L'utente primario di un sito internet è il pubblico e quindi il filo conduttore di ogni progetto web deve essere quello di soddisfare le richieste degli utenti nel minore tempo possibile. I principi fondamentali su cui basare una buona progettazione web, ritenuti indispensabili dagli utenti, sono quattro: i contenuti di elevata qualità, gli aggiornamenti regolari, i tempi di scaricamento ridotti e la semplicità d' utilizzo.

Gli utenti visitano un sito per cercare informazioni e non per contemplare la bellezza grafica. Siti web con una progettazione grafica accurata e con un notevole livello di interattività, ma con contenuti insufficienti o addirittura scadenti, risultano inutili e il visitatore li abbandona non appena si rende conto della loro approssimazione.

³⁷ Cfr. Nielsen 2000

Un sito web è un prodotto editoriale dinamico perché, anche dopo esser stato messo in rete, non è concluso, ma richiede assidui aggiornamenti e modifiche. La rete telematica internazionale rappresenta un mezzo di comunicazione e la maggior parte delle informazioni inserite online, una volta pubblicate, appaiono spesso già obsolete e si rendono, pertanto, indispensabili aggiornamenti e riedizioni. In rete troviamo numerosissimi siti web ma solo quelli che vengono aggiornati ricevono il consenso del pubblico. La realizzazione e la pubblicazione di un sito web costituiscono certamente un passo importantissimo, ma è fondamentale e talvolta più gravoso è il suo aggiornamento.

Gli internauti desiderano ottenere le informazioni che gli interessano nel minor tempo possibile e se i tempi di scaricamento sono eccessivamente lunghi, non esitano ad abbandonare immediatamente il sito in cerca di un altro che soddisfi le loro aspettative.³⁸ I tempi di

³⁸ Alcuni studi effettuati dall'IBM negli anni Settanta e Ottanta hanno provato che gli utenti erano più produttivi quando il tempo che trascorrevano dalla pressione di un dato tasto alla visualizzazione della schermata richiesta era inferiore al secondo.

caricamento di una pagina sono determinati in primo luogo dalle dimensioni della pagina stessa, vale a dire dalla somma delle dimensioni di tutti i file relativi agli elementi che la compongono (il file HTML, i file di tipo GIF, JPEG o PNG delle immagini, quelli di tipo MPEG o AVI dei filmati, i PDF o RTF dei testi scaricabili).

Il Web è un enorme spazio informativo di milioni di pagine, in cui l'utente naviga interagendo con il sistema, cioè cliccando link ipertestuali che lo conducono da una pagina ad un'altra. La navigazione in uno spazio tanto ampio potrebbe risultare complicata se non si forniscono all'internauta degli aiuti. L'utente deve poter visualizzare la sua posizione su due livelli differenti, sia in rapporto al Web, sia in rapporto alla struttura del sito. Per questo motivo è essenziale specificare la denominazione del sito su tutte le pagine che lo compongono: infatti, è il Web, e non il singolo sito, a guidare l'esperienza del navigatore e in media una visita non si prolunga oltre le quattro, cinque pagine. Il logo o un altro indicatore del sito, collocato sempre nella stessa zona e preferibilmente in alto a sinistra, se la lingua della pagina si legge da sinistra verso destra, deve

contenere un link che riporta alla Home Page, così che possa essere raggiunta da qualsiasi pagina.

Bibliografia

Antinucci F., *Musei virtuali. Come non fare innovazione tecnologica*, Roma–Bari, 2007

Barchesi C., “*Archeologia e Calcolatori: Nuove strategie per la diffusione di contenuti in rete sulla base dell’OAI-PMH*”, *Archeologia e Calcolatori*, 16, 2005, pp. 225-241

Bernardini F. *et al.*, “*Airborne LiDAR application to karstic areas: the example of Trieste province (north-eastern Italy) from prehistoric sites to Roman forts*”, *Journal of Archaeological Science*, 40, April 2013, pp. 2152-2160

Berners-Lee T., *L’architettura del nuovo Web*, Milano 2001

Biallo G., *Introduzione ai Sistemi Informativi Geografici*, Roma 2002

Bianchini M., *Manuale di rilievo e di documentazione digitale in archeologia*, Roma 2008. On line sul sito:
<http://www.rilievoarcheologico.it/>

Campana S., R. Francovich (a cura di), *Laser scanner e GPS. Paesaggi archeologici e tecnologie digitali*, Firenze 2006

D'Andrea A., *Documentazione archeologica, standard e trattamento informatico*, Budapest 2006

D'Andrea A., “ *Open Data: una rivoluzione per l'archeologia italiana?*” , in *Opening the Past. Archaeological Open Data*, Pre-atti del convegno internazionale (Pisa 9 giugno 2012), http://mappaproject.arch.unipi.it/wpcontent/uploads/2011/08/Pre_atti_online3.pdf

Evans T.L., Daly P., *Archaeological theory and digital pasts*, in “Digital Archaeology. Bridging method and theory”, London, 2006

Forte M., *Tra conoscenza e comunicazione in archeologia: considerazioni in margine alla terza dimensione*, in Campana S., Francovich R. 2006, pp. 23-40

Francovich R., Isabella L., “*Un portale per l’Archeologia Medievale*”,
Archeologia e Calcolatori, 15, 2004, pp. 509-520.

Francovich R., Valenti, *Archeologia dei paesaggi medievali. Avanzamento di progetto anni 2000-2004*, Siena 2005

Fronza V., “*A monte del software libero. Riflessioni sulla progettazione di architetture aperte per la gestione del dato archeologico*”, in R. Bagnara, G. Macchi Jánica (a cura di), *Open Source, Free Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica*, Atti del I Workshop (Grosseto 2006), Firenze, pp. 33-45.

Gabucci A., *Informatica applicata all’archeologia*, Le Bussole 192, Roma 2005.

Gattiglia G., “*Open digital archives in archaeology a good practice*”,
Archeologia e Calcolatori, 20, supplemento 2, 2009, 49-64

Guermanni M.P., “*Dalla base dati alla rete: l’evoluzione del trattamento dei dati archeologici*”, *Archeologia e Calcolatori*, 10, 1999, 89-99

Hodder I., *Towards reflexive methods in archaeology. The example at Çatalhöyük*, Cambridge 2000

Iorfida I., “*Il GIS e lo scavo archeologico di emergenza: applicazione intra-sito ad un piccolo contesto dell’antica Felsina (Bologna)* ”, *Archeologia e Calcolatori*, 22, 2011, 319-336

Isabella L., Salzotti F., Valenti M., *L’esperienza dell’insegnamento di Archeologia Medievale nel campo dell’informatica applicata*, in M. De Marchi, M. Scudellari, A. Zavaglia (a cura di), *Lo spessore storico in urbanistica*, Mantova, 2001, pp. 31-64

Manacorda D., *Il sito archeologico: fra ricerca e valorizzazione*, Roma, 2007

Manacorda D., *Lezioni di archeologia*, Roma - Bari, 2008

Maratini C., “*Gestione informatizzata e valorizzazione del patrimonio archeologico. La piattaforma GIS per lo scavo a Pompei*”, *Archeologia e Calcolatori*, 22, 2011, pp. 391-412

Mascione C., *Il rilievo strumentale in archeologia*, Roma, 2006

Nardini A. 2005a, *L'applicazione della tecnologia GIS alla ricerca archeologica*, in Francovich, Valenti 2005, pp. 299-301.

Nardini A. 2005 b, *L'applicazione della tecnologia GIS allo scavo archeologico*, in Francovich, Valenti 2005, pp. 346-361.

Nardini A. 2005c, *L'applicazione della tecnologia GIS nella gestione dei contesti urbani*, in Francovich, Valenti, Siena 2005, pp. 365-374.

Nardini A., Valenti M., “*Modello dei dati e trattamento del dato sul GIS di scavo*”, *Archeologia e Calcolatori*, 15, 2004, pp. 341-358.

Nielsen J., *Web usability*, Milano 2000

Orlandi T., “*Multimedialità e archeologia*”, *Archeologia e Calcolatori*, 10, 1999, Firenze, pp. 145-157

Palombini A., Schiappelli A., Zazza E., *Tra valorizzazione e tutela: l'accesso a materiali e documentazione archeologica per motivi di studio*, in De Felice G., Sibilano M. G. (a cura di), *Archeofoss: Open Source, Free Software e Open Formats nei processi di ricerca archeologica. Atti del V Workshop (Foggia 2010)*, Bari 2012

Pasquinucci M., Menchelli S. (a cura di), *La cartografia archeologica. Problemi e prospettive*, Atti del convegno internazionale (Pisa, 21-22 marzo 1988), Pisa, pp. 25-37

Peloso D., “*Tecniche laser scanner per il rilievo dei beni culturali*”, *Archeologia e Calcolatori*, 16, 2005, pp.199-224

Peripimeno M., “*Archeologia e scansione laser 3D*”, *CG Computer Gazette*, Luglio, 2006, pp. 54-57

Peripimeno M., Salvadori F., *L'applicazione delle tecniche 3D laser scanning ai reperti archeologici ed architettonici*, in Francovich R., Valenti M., 2005, pp. 561-573.

Peripimeno M., Salvadori F., “*Nuovi percorsi di documentazione archeologica per mezzo di uno scanner 3D*”, in Atti del XXXVI Convegno Internazionale della Ceramica, 2003, Centro Ligure per la Storia della Ceramica Albisola, pp. 195-200

Peripimeno M., *Sperimentazione di tecniche 3D laserscanning*, in Valenti 2008, pp. 476-489.

Peripimeno M., “*Strumenti di analisi e conservazione del patrimonio archeologico e storico-monumentale tramite tecniche 3D laser scanning*”, *Bollettino della Società Italiana di Fotogrammetria e Topografia*, Cagliari, 2006, pp. 49-64

Ramazzotti M., “*ARCHEOSEMA. Un modello archeologico per la ricerca teorica, analitica e sperimentale dei fenomeni complessi*”, *Archeomatica*, Vol. 3, N° 2, 2012, pp. 6-10

Semeraro G., “*Banche Dati, GIS e Web GIS: breve storia delle tecnologie applicate ai beni archeologici nel Laboratorio di Informatica per l’Archeologia dell’Università del Salento*”, in *SCIRES-IT* 2011, pp. 125-144.

Serlorenzi M. (a cura di), *SITAR Sistema Informativo Territoriale Archeologico di Roma*, Atti del Convegno (Roma 2010), Roma 2012

Sibilano, M. G., *Documentare lo scavo archeologico: nuove forme di comunicazione del metodo stratigrafico*, in De Felice G., Sibilano G., Volpe G., *L’informatica e il metodo della stratigrafia. Atti del Workshop Digitalizzare la pesantezza* (Foggia 6-7 giugno 2008), Bari, pp. 143-158