

## MODELLO DEI DATI E TRATTAMENTO DEL DATO SUL GIS DI SCAVO

### 1. INTRODUZIONE

#### 1.1 *Le potenzialità dell'Informatica applicata all'Archeologia*

L'esperienza pluriennale svolta nell'Area di Archeologia Medievale del Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti dell'Università di Siena ha mostrato, come nel caso di altri punti di eccellenza italiani (Bologna-Ravenna, Padova, Roma, Lecce), le potenzialità delle applicazioni digitali in ambito archeologico.

I presupposti della nostra sperimentazione sono stati, e sono tuttora, verificare le possibilità legate all'uso sistematico del calcolatore nelle fasi di raccolta, gestione e trattamento del dato, raggiungendo degli standard di utilizzo destinati ad accrescerne il potenziale informativo e consentire una diffusione a tutto tondo dell'informazione.

L'approccio è di tipo metodologico; la tecnologia si configura come il mezzo per raggiungere un grado ottimale di organizzazione e lettura del record prodotto dalla ricerca "sul campo", contribuendo così a migliorare ed accelerare la costruzione di modelli storici fondati sulla fonte materiale. Se l'informatica non permettesse una più completa conoscenza archeologica, non ricercheremmo la sua applicazione sistematica; siamo archeologi che ne fanno uso per migliorare la propria ricerca e non informatici che sperimentano applicazioni destinate agli archeologi. Per questi motivi, l'impiego della tecnologia deve essere vissuto come una fase di evoluzione delle metodologie di documentazione.

Fino dall'inizio delle attività del LIAAM (Laboratorio di Informatica Applicata all'Archeologia Medievale), abbiamo cercato di individuare "modelli" di registrazione-organizzazione di dati cartografici, alfanumerici e multimediali, nell'ottica di una gestione complessiva che soddisfacesse le diverse esigenze analitiche dell'indagine archeologica: strumenti funzionali all'accumulo di sapere ed alla produzione di conoscenza, ovvero applicativi, grandi banche dati e sistemi di processamento.

Il fine ultimo del nostro lavoro si identifica nell'ottimizzazione dell'intero patrimonio conoscitivo raccolto, ed in crescita esponenziale, sia in consultazione sia in chiave interpretativa. Non si tratta di porsi in antagonismo con le procedure tradizionali di registrazione ed analisi, bensì di accrescere gli strumenti di processamento a disposizione del ricercatore. Si aprono infatti prospettive conoscitive difficilmente ottenibili senza il ricorso alla potenza dei computer odierni ed alla loro capacità di relazionare una mole impressionante di dati eterogenei. Ignorare, o non sfruttare appieno, le poten-

zialità dell'Informatica applicata significa fare a meno di uno strumento metodologico innovativo per il progresso della ricerca.

### 1.2 *Lo sviluppo di sistemi collettivi di rete come standard*

La costruzione di sistemi di gestione ha come diretta conseguenza il traghettamento dell'Archeologia nella "società dell'informazione", dove il sapere è inteso come collettivo e cumulativo e dove il dialogo dovrebbe avvenire attraverso il libero scambio di dati in forme integrate di archiviazione (database, GIS, web nel nostro caso).

La socializzazione della propria conoscenza tramite architetture nelle quali dialogano tutti gli applicativi rappresenta oggi il terreno principale su cui confrontarsi: un sistema globale e condiviso di organizzazione, consultazione e processamento del dato archeologico che ha già a disposizione nella rete il canale ideale per la sua trasmissione. Si tratta di realizzare una serie di atlanti digitali nei quali sono archiviati scavi, indagini territoriali, schedature di materiali, prodotti esplicativi ecc., dislocati presso i server dei diversi componenti del network e sui quali effettuare le proprie interrogazioni.

La costruzione di un sistema globale così inteso, allargato quindi ad una rete composta da una pluralità di centri di ricerca, si propone come una sfida molto ardua. Ma vincerla significa ottenere un reale salto di qualità e stabilire degli standard.

Non standard intesi come uso di determinati software o di formati scheda rigorosi ecc.; questo aspetto è oggi quanto mai fuori luogo poiché i pacchetti commerciali, e gli applicativi che permettono di realizzare, comunicano ampiamente fra loro. Standard, invece, intesi come architetture composte dal sistema degli archivi e dai sistemi GIS che possono dialogare, aldilà dei pacchetti commerciali per i quali si opta, sulla base di "modelli dati" comuni.

In tal senso, molto spesso, i nostri lavori si legano alle tematiche connesse alla modellizzazione del dato; questo non per assenza di altri stimoli o per una mancata evoluzione rispetto ai sistemi di processamento o elaborazione, bensì per la convinzione che sia necessario discutere, confrontarsi, stabilire delle regole di base a cui attenersi; proprio come è avvenuto nel confronto sul concetto di Sito e UT, o sulla codifica della scheda SAS o US. La diffusione selvaggia delle realizzazioni GIS, per esempio, non ha avuto un contraltare indispensabile nella riflessione sulla loro architettura di base, senza la quale si arriva a soluzioni costrette dalle caratteristiche intrinseche dell'applicativo scelto e spesso alla ricerca di *escamotages* per la visualizzazione dei dati in determinate combinazioni tipologiche. Allo stesso tempo, difficilmente le piattaforme dialogheranno o saranno confrontabili.

La nostra esigenza di puntualizzare i "modelli dati" e l'ostinazione con la quale ribattiamo sull'argomento nascono dalla convinzione di come, senza risolvere i problemi legati agli standard modellistici, non saremo in grado di

percorrere la strada del dialogo sistematico allargato all'intera comunità archeologica.

### 1.3 I problemi connessi all'ottenimento di standard

Esistono altri punti da analizzare che più o meno si legano direttamente al problema della costruzione di modelli comuni; la loro analisi fotografa lo stato attuale di crescita collettiva.

L'impiego della tecnologia non può essere limitato e richiede la consultazione ed il processamento dell'intera documentazione prodotta. Questo significa operare in prima persona nella progettazione e nella costruzione di un sistema informativo per l'Archeologia, avendo chiari quali tipi di rapporti e di relazioni tra dati sono necessari. Per disporre di sistemi di gestione calibrati, infatti, non possiamo delegare a professionisti la realizzazione degli strumenti; le relazioni richieste dalla razionalizzazione del dato archeologico sono così tante che possono essere impostate con attendibilità solo da chi ha costruito la fonte archeologica stessa. Il grado di alfabetizzazione informatica richiesto agli archeologi pertanto dovrà essere formato all'interno delle strutture accademiche, luogo fondamentale per costruire un *know how* ed i canali della sua trasmissione. A livello più generale il confronto si porrà fra modi diversi di utilizzo della tecnologia, fra filosofie di approccio ed architetture informatiche che ne derivano. I benefici reali dell'impiego diffuso di tecnologia digitale in archeologia possono passare solo attraverso una crescita complessiva.

Il lavoro di base da fare in questa direzione è però ancora molto; spesso i programmi d'insegnamento in Informatica applicata si limitano soprattutto al pacchetto "Office" o poco più, quindi una formazione che in realtà dovrebbe essere già stata data nelle scuole superiori; oppure viene affrontato l'argomento GIS, indicando come testo d'esame una "volgarizzazione" del manuale fornito con il software adottato. In altri casi, come a Siena, si svolgono programmi specifici sulle potenzialità dello strumento informatico applicato alla ricerca archeologica (cioè far capire cosa e come si può realizzare ed a cosa serve il processamento), ma senza l'esperienza pratica non si raggiungono gli obiettivi sperati. Questi sono perseguibili, e ne siamo pienamente convinti, solo con l'inserimento degli studenti in esperienze progettuali e lavorando, più che in un'esercitazione, dietro una precisa finalità di ricerca. In tal senso, i risultati migliori sono infatti stati ottenuti con la partecipazione al ciclo di lavoro di gruppi consolidati.

La prorompente diffusione dei GIS ha portato come conseguenza ad un abuso, non solo nella sua applicazione, ma anche del concetto di GIS. La maggior facilità d'uso sviluppata nel tempo per le interfacce utente dei diversi software, quindi un meritatorio allargamento dei potenziali utilizzatori di questa tecnologia, ha d'altro canto spinto ad un impiego quasi sfrenato dell'applicativo a discapito dei suoi postulati di base e delle sue reali finalità. Il GIS viene così spesso impiegato alla stregua di un visualizzatore di carte te-

matiche, dove i requisiti fondamentali (cioè precisione, accuratezza e non ridondanza del dato) sono ormai ignorati; si stanno costruendo basi che di GIS hanno solo la georeferenziazione puntuale di determinati temi di ricerca. Per esempio georeferenziare la distribuzione di tipi ceramici non ha alcun senso se non viene costruita un'architettura complessiva di database dalla quale (interrogando gli archivi della ceramica) si ottiene il risultato sperato. Anche per lo scavo esistono problemi concettuali e fraintendimenti dello stesso tipo; realizzare piattaforme in cui la complessità del cantiere viene ricostruita nella diacronia attivando shape e tematismi, senza passare da un'interrogazione degli identificatori presenti nel modello dati e degli archivi, è indubbiamente un modo "tecnicamente" atipico di lavorare ma oggi molto diffuso.

#### 1.4 La necessità improrogabile di linguaggi comuni

La ricerca di uno standard significa quindi arrivare alla realizzazione di sistemi in rete collettivi ma, ancor prima, costruire un linguaggio comune di base per relazionare in collegamento dinamico piattaforme e sistemi di archivi diversificati.

La realtà dell'Area di Archeologia Medievale senese, per dimensioni, quantità ed eterogeneità delle tematiche affrontate, rappresenta per il nostro lavoro uno degli stimoli più efficaci nel cercare linguaggi comuni; sistemi attraverso i quali mettere a confronto ed integrare i risultati dei diversi progetti per produrre modelli insediativi e socio-economici sempre più articolati ed esaustivi. Attualmente, siamo impegnati in campagne di scavo, distribuite sulle provincie di Siena, Firenze, Grosseto e Livorno; in progetti di indagine territoriale nelle stesse provincie, correlate da analisi geomagnetiche e da un uso esteso delle tecniche di *remote sensing*; stiamo studiando tre città di diversa complessità, Firenze, Siena e Grosseto, e prossimamente, grazie a due tesi di laurea, inizieremo la catastazione dell'edito nelle città di Lucca e Pisa.

Il numero dei progetti e l'ampia copertura territoriale palesano una ferma convinzione dell'utilità della dimensione quantitativa del dato e della validità di un tipo di informazione prodotta dall'analisi di situazioni difformi. In questo senso, l'informatica applicata esprime il suo potenziale di strumento di traduzione e di condivisione del dato, consentendo di superare il particolarismo del singolo progetto attraverso la codifica di sistemi standard.

L'obiettivo è stato raggiunto, strutturando basi sempre più complesse dal punto di vista quantitativo e nel testare le varie redazioni *in progress* dei modelli, su un numero sempre maggiore di contesti di studio. Lo stesso atteggiamento, talvolta provocatorio, utilizzato in occasioni pubbliche rispetto a sistemi di gestione a nostro parere riduttivi del vero potenziale archeologico, lo abbiamo applicato nelle nostre attività quotidiane di laboratorio e fra i gruppi stessi di lavoro: lo scopo è sempre stato porre a confronto le diverse esperienze di ricerca, in fase di catastazione e processamento, per verificare

la reale funzionalità della nostra impostazione, migliorarla o anche solo implementarla di ulteriori dettagli.

## 2. LE APPLICAZIONI GIS A CONTESTI DI SCAVO

### 2.1 *Lo standard nel GIS di scavo*

La ricerca di uno standard è stata perseguita anche sperimentando i sistemi GIS su contesti di scavo rurali ed urbani. In questo ambito, è il fattore di scala che indirizza verso lo sviluppo di tecniche specifiche di inserimento e trattamento dei dati, tarate su un tipo di documentazione con caratteristiche diverse e più complesse, rispetto a quella proveniente dalle indagini territoriali, gestite ormai in maniera diffusa su GIS.

La maggiore complessità riguarda da un lato l'alto grado di dettaglio richiesto dalla documentazione stratigrafica e dall'altro la restituzione grafica su supporti di tipo prettamente bidimensionale di un contesto per sua natura tridimensionale. La necessità di un dettaglio elevato si traduce in:

- 1) lunghi tempi di lavoro in fase di immissione dati;
- 2) ricerca di criteri sempre più esaurienti per ampliare le possibilità di fruizione del dato (codifica di attributi funzionali ad una consultazione multi-livello);
- 3) valutazione dei metodi di analisi più idonei a micro-contesti, in cui il fattore di scala può rappresentare una potenziale fonte di errore rispetto a risultati prodotti da modelli matematici di lettura spaziale;
- 4) necessità di dotarsi di cartografie di dettaglio autoprodotte, atte a supportare in modo efficace le analisi *intra-site*;
- 5) opportunità di impostare metodi di consultazione dell'aspetto verticale del deposito stratigrafico, che per la sua stessa complessità non si presta ad una riproduzione realistica della terza dimensione.

### 2.2 *Lo stato delle applicazioni GIS di scavo in Italia*

Grazie alle sue caratteristiche, il GIS rappresenta una risposta valida alle esigenze appena descritte e soprattutto consente di risolvere in maniera ottimale uno dei problemi più gravosi, cioè la gestione e la consultazione della stratigrafia archeologica.

La maggior parte dei ricercatori, attenti al potenziale analitico della tecnologia, si sono mostrati invece sostanzialmente diffidenti verso il suo carattere innovativo in questa direzione. Nelle varie esperienze, pur valide, condotte nell'ambito di alcune università italiane, l'impegno maggiore è stato rivolto alle fasi di processamento, per lo più legate ad analisi distributive e di frequenza. In tempi recenti molte energie sono state spese nel compilare procedure di riproduzione 3D del contesto di scavo, sfruttando il modulo 3D

Analyst della ESRI con risultati insoddisfacenti: in realtà riproduce molto male le stratigrafie, non essendo progettato per questo uso, e soprattutto è solo un visualizzatore tridimensionale in cui la “z” è un attributo, pertanto ogni misurazione è ancora bidimensionale!

Allo scopo di fare il punto sulla situazione italiana nell’ambito del GIS di scavo, l’Area di Archeologia Medievale di Siena ha organizzato nel giugno 2001 un workshop in cui erano richieste relazioni durante le quali venivano fatte “girare” le piattaforme GIS. Ne è emerso un quadro ancora sostanzialmente immaturo, caratterizzato da una serie di prodotti incentrati sul caso di studio specifico. Appare chiara un’omogeneità nella struttura, articolata su CAD e DBMS correlati da un motore GIS che svolge funzioni di interrogazione spesso utilizzando lo standard SQL; tralasciando gli aspetti legati alla progettazione del DBMS, si è potuto constatare che la documentazione grafica continua ad essere catastata per layer su software CAD con tutti i problemi connaturati a tali sistemi; allo stesso modo, non viene mai prospettata l’esigenza di una documentazione oggettiva.

In conclusione, le questioni relative alle potenzialità di gestione dei GIS sono rimaste quasi sempre *a latere* e mai testate fino in fondo: ancora una volta intendiamo soffermarci su questi aspetti ed esporre la nostra idea di piattaforma GIS di scavo e quali devono essere le sue caratteristiche per diventare un mezzo efficace per le elaborazioni più sofisticate.

M.V.

### 3. DEFINIZIONE DI GIS DI SCAVO

#### 3.1 GIS, non CAD, di scavo

La decisione di utilizzare un software GIS significa aprirsi la possibilità di tradurre l’informazione archeologica (dall’unità stratigrafica al singolo reperto in strato) in oggetto di ricerca e in elemento base per ogni genere di elaborazione, dalla semplice visualizzazione tematica alle più sofisticate procedure di trattamento del dato (analisi spaziali, analisi di distribuzione dei reperti e di predittività).

Qualora si decida di non intervenire in tal senso nel contesto in esame (cioè non destinando il dato al processamento) è superfluo ricorrere ad una tecnologia impegnativa come quella GIS. Perché spendere lunghi tempi ed energie per mostrare solo l’esistenza di una piattaforma che in realtà non viene usata per produrre migliore conoscenza e traduzione dei dati in informazioni?

In altre parole, gestire uno scavo in GIS non significa leggere con un software GIS un prodotto CAD; l’utilizzo di un sistema di informazione geografica richiede la costruzione di uno strumento concettualmente diverso per impostazione, per qualità e complessità del dato grafico inserito e del dato alfanumerico ad esso relazionato: deve gestire e soprattutto processare i dati e non solo permetterne una visualizzazione georeferenziata.

Per arrivare a definire lo scavo come oggetto di interrogazioni GIS corrette, si deve ripristinare l'integrità iniziale del contesto archeologico, riducendo al minimo, dove non è possibile annullarla completamente, la soggettività del ricercatore. È quindi necessario che l'immissione dei dati avvenga in forma globale e corretta, sia dal punto di vista geografico che archeologico, ottenendo una macro pianta composita sempre aggiornabile, articolata in un insieme di strati, definiti solo dal rapporto spaziale che intercorre fra loro, e distinti univocamente attraverso l'assegnazione del numero di unità stratigrafica. Gli strati, nella forma grezza (cioè al momento dell'immissione), dovranno essere svincolati da qualsiasi processo interpretativo successivo. Tutte le informazioni concernenti gli aspetti soggettivi ed interpretativi saranno invece registrate negli archivi alfanumerici (supporto indispensabile e imprescindibile), con i quali la piattaforma è relazionata.

### *3.2 Definizione del GIS di scavo*

Il GIS di scavo può essere definito come contenitore del dato archeologico stratigrafico integralmente e realisticamente riprodotto, dove ogni singolo oggetto individuato assume il ruolo di elemento di indagine e strumento di elaborazione a vari livelli. Una definizione di questo tipo sembra in apparenza banale: di fatto non è altro che la riproposizione del significato generale e standard di GIS, come software in grado di catastare, presentare, analizzare e processare i dati relativi ad un contesto territoriale, rappresentato nella sua realtà.

Forse è proprio questo il punto: perché dovrebbe essere diversa? Perché il GIS di scavo dovrebbe assumere una connotazione differente da quella di qualsiasi altra applicazione del genere? Paradossalmente, invece, uno dei problemi maggiori nell'approccio al GIS di scavo riguarda proprio tale aspetto: cosa inserire nella piattaforma, quanta e quale documentazione stratigrafica catastare, con quale dettaglio, con quale accuratezza di disegno.

Quando si gestiscono le indagini territoriali, ci poniamo forse il problema di selezionare la documentazione da registrare fra quella disponibile? Non cerchiamo piuttosto di avere cartografia di maggior dettaglio, costruendo così supporti sempre più validi e completi per le analisi che intendiamo effettuare? Se questo è vero, come lo è, perché nei confronti dei contesti di scavo dobbiamo porci il problema di cosa è giusto, conveniente o utile inserire?

La realtà di uno scavo è ricostruibile solo attraverso l'inserimento di tutte le sue componenti; così come non approssimiamo l'immissione della rete idrografica di un territorio inserendo tanto i grandi fiumi quanto i piccoli ruscelli, è sbagliato operare delle selezioni nel registrare la stratigrafia: in sintesi, non siamo autorizzati ad operare tagli solo perché siamo i principali interpreti di quella realtà.

Gestire graficamente lo scavo è difficile ed organizzare la stratigrafia all'interno della piattaforma è problematico e laborioso. È necessario creare

delle basi vettoriali spesso molto complesse, necessariamente “autoprodotte”, che richiedono un alto grado di dettaglio e che comportano tempi di realizzazione molto lunghi. D’altro canto, questa è la condizione imprescindibile per ottenere un buon GIS di scavo. Tentare soluzioni di compromesso come l’inserimento delle piante significative (quasi sempre identificate con piante di fase o di periodo) o l’abolizione delle caratterizzazioni delle emergenze (le creste dei muri, i reperti rinvenuti in strato, ecc.) riduce irrimediabilmente la funzionalità della piattaforma sia come semplice archivio di documentazione grafica sia come strumento di elaborazione del dato.

In altre parole, una base GIS nella quale si è proceduto ad un inserimento parziale, pur se in alta percentuale, delle unità stratigrafiche documentate durante lo scavo, fornirà dati scorretti e non esaustivi (per esempio nella costruzione dei modelli distributivi dei reperti). Allo stesso modo, semplificare la rappresentazione del deposito, riducendolo ad un insieme di scarse superfici, prive di elementi di caratterizzazione, renderà la base inutilizzabile come supporto di consultazione integrale del dato e di produzione di piante a stampa.

#### 4. IL MODELLO DATI NEL GIS DI SCAVO

##### 4.1 *Un modello dati aperto: tipologia e geometria degli elementi*

La natura stessa del GIS impone una classificazione degli elementi inseriti, ancor prima di qualsiasi caratterizzazione interpretativa, secondo la loro geometria (linee, poligoni, punti) ed è proprio questa distinzione a comportare sostanziali differenze in fase di gestione e, soprattutto, di elaborazione.

Per questo motivo, l’assenza di una struttura ben definita a cui ricondurre i dati inseriti può determinare difformità nel loro trattamento, tali da compromettere la validità dei risultati ottenuti; inoltre, in un’ottica di circolazione e di diffusione dell’informazione, la mancanza di una codifica univoca degli oggetti renderà più farraginose le operazioni di condivisione e scambio fra basi incentrate su esperienze differenti e progettate su software diversi.

Il modello dati, superando le caratteristiche tecniche dei pacchetti GIS, dovrà quindi definire criteri di traduzione in digitale della realtà indagata, attraverso categorie fisse (indicate con diversa terminologia dalle software house) che rispettino identità geometrica e logica degli elementi catastati.

Il principio base per impostare un modello, aperto e funzionale ad accogliere qualsiasi oggetto presente nel mondo fisico (come enuncia uno dei concetti base del GIS), è costruire un’impalcatura tenendo conto delle caratteristiche intrinseche del dato (coerenza logica ed identità geometrica) e non del significato ad esso attribuito a seguito di interpretazioni soggettive; ciò equivale di fatto a rispettare le peculiarità delle diverse realtà inserite, annullando qualsiasi tipo di intervento ulteriore. In parole semplici, per coerenza tipologica un edificio (descritto attraverso un poligono), in quanto compo-



nente del paesaggio attuale, andrà distinto da un'emergenza di reperti archeologici mobili in superficie (oggetto poligonale anch'esso); per identità geometrica, lo stesso edificio andrà distinto però dalle curve di livello che, nonostante concorrano anch'esse alla riproduzione del paesaggio, dovranno essere definite attraverso un grafo lineare. Svincolare l'immissione del dato dalla fase interpretativa significa, invece, evitare qualsiasi classificazione in funzione della lettura che se ne fa: per esempio, distinguere la sentieristica attuale di un comune da quella prevista nei vari progetti di valorizzazione solo perché sono riferibili a diversi piani di informazione.

Nell'organizzazione dei dati di scavo, coniugando distinzione tipologica e geometrica, è fondamentale adottare un criterio perfettamente aderente ai principi della stratigrafia archeologica; le unità stratigrafiche positive e quelle negative verranno distinte non solo sulla base delle loro differenze concettuali ma anche perché le une, descrivendo superfici, sono rappresentabili come poligoni mentre le altre, essendo superfici in sé prive di consistenza materiale, corrispondono geometricamente a linee.

#### *4.2 Un modello dati astratto: la creazione di uno standard*

In questa sede, tralasciamo volutamente di ricordare gli aspetti tecnici dell'articolazione del nostro modello dati, peraltro esposti in maniera puntuale nel contributo presentato in «Archeologia e Calcolatori» 2000; ci preme solo accennare al processo di progressiva astrazione della nostra classificazione, secondo temi il più possibile generali, con l'obiettivo di aumentare la flessibilità e la versatilità della nostra struttura. Nell'ultima versione, sono state previste quattro macro-classificazioni relative ad aspetti paesaggistici, dati provenienti dall'indagine di scavo, dati relativi alle indagini non distruttive, risultati delle analisi *intra-site*; queste categorie sono state poi distinte in entità di tipo superficiale e lineare per permettere l'esatta riproduzione grafica delle caratteristiche geometriche e, di conseguenza, il loro corretto trattamento matematico e spaziale. Abbiamo così in pratica risposto all'esigenza di creare uno standard valido sia per i contesti di scavo urbano che per quelli di scavo in ambito rurale; un metodo funzionale anche per catastare sia scavi in corso o recenti (quindi con documentazione ricontrrollabile facilmente) sia scavi pregressi (con documentazione talvolta incompleta o, spesso, sommaria ed imprecisa).

L'insistenza sugli aspetti relativi alla progettazione della struttura mostra in modo chiaro quanto questa, nella nostra esperienza, sia dettata da motivi ben più complessi di una mera necessità imposta dal software utilizzato (Mac Map richiede l'impostazione di un modello preliminare sul quale creare il documento stesso) ed abbia subito rappresentato un'esigenza per salvaguardare l'integrità del dato e per ottenere piattaforme GIS che siano strumento valido di gestione e di analisi.

## 5. LA GESTIONE DEL DATO: PRODUZIONE DI CARTE TEMATICHE ED ANALISI *INTRA-SITE*

Attraverso gli strumenti offerti dalla tecnologia GIS, ogni singolo dato archeologico può essere processato e tradotto in informazione; il trattamento può avvenire a vari livelli e riguardare sia la produzione di carte tematiche sia l'elaborazione di modelli interpretativi e predittivi tramite l'applicazione di tecniche statistiche di analisi.

### 5.1 *Carte tematiche*

L'organizzazione per tematismi delle informazioni corrisponde senza dubbio al livello più elementare di fruizione della base GIS; consiste infatti nella combinazione dei vari elementi presenti nella piattaforma che rispondono a diversi criteri di ricerca. Questa modalità di gestione, benché costituisca a ragione una delle funzioni di maggior utilità della piattaforma GIS, non rappresenta un'analisi; non produce infatti modelli distributivi o spaziali bensì semplici carte di localizzazione dei diversi elementi presenti nello scavo.

In quest'operazione, gli oggetti vengono richiamati a video o definiti attraverso cromatismi, secondo una query impostata sui valori contenuti in appositi campi di identificazione presenti in archivio; dunque la composizione di queste carte non avviene sulla base di elaborazioni matematiche, statistiche o spaziali bensì attraverso semplici combinazioni di identificatori. qualora si intenda sfruttare principalmente il database interno al GIS, questa fase di lavoro presenta come unica difficoltà l'esigenza di elaborarne uno personalizzato secondo le necessità di ricerca; ad esempio, prevederà da un lato la traduzione dei dati descrittivi in stringhe di testo, registrate secondo un dizionario standard, dall'altro la creazione di campi *ex novo*, funzionali solo alla visualizzazione.

Ovviamente, aumentando la complessità dei tematismi crescerà in proporzione la complessità del database interno; allo stesso modo, aumenteranno le difficoltà di codifica di linguaggi per consentire una fruizione sempre più sofisticata del dato inserito. Per il resto, tale processo non comporta alcuna difficoltà e non richiede nessun tipo di preparazione in merito a teorie statistiche, applicazioni matematiche o modelli spaziali.

La semplicità di questo processo non deve comunque farne travisare o sottovalutare l'importanza; è proprio grazie a queste potenzialità che il GIS può essere definito come strumento principe nella gestione dei dati e sono queste, prima ancora delle capacità di calcolo matematico-statistico, che lo rendono essenziale per la ricerca archeologica: basti solo pensare alla polverizzazione dei tempi nella composizione di piante di fase, periodo e struttura e alla consultazione immediata ed interpretata delle informazioni stratigrafiche.

## 5.2 Analisi *intra-site*

Ad un livello più alto di elaborazione, troviamo l'applicazione delle funzioni analitiche al contesto in esame: per studiare la distribuzione dei reperti di scavo, per produrre sistemi di lettura oggettiva delle evidenze di scavo, per produrre carte di predittività. Sfruttando le potenzialità dello strumento GIS, possono essere prodotte informazioni che concorreranno a definire modelli storico-archeologici e socio-economici del sito indagato.

È opportuno ricordare che uno dei presupposti fondamentali per procedere correttamente ad un'interpretazione dello spazio scavato attraverso procedure automatizzate (ci riferiamo alle analisi spaziali e predittive) è la possibilità di disporre di cartografia di dettaglio "autoprodotta". La cartografia disponibile presso enti pubblici o in commercio prevede al massimo un intervallo di quota pari a 50 cm (nei casi più fortunati) ma più generalmente a 1 m; se applicata ad un contesto di scavo, tale definizione è insufficiente e si è quindi obbligati a produrre cartografia, attraverso stazione totale, con il grado di definizione richiesto dalla ricerca stessa.

### 5.2.1 Carte di distribuzione

L'analisi delle frequenze distributive e percentuali dei diversi campioni di reperti occupa un posto privilegiato fra le analisi *intra-site* applicate ai contesti di scavo. In questo caso, la natura stessa della materia d'indagine obbliga all'interrogazione integrata dell'archivio alfanumerico esterno e di quello grafico, poiché il parametro di ricerca (ovvero il singolo frammento di osso animale o di ceramica o di vetro) non appartiene alla base come informazione grafica autonoma.

I dati relativi al campione di materiale vengono importati all'interno della piattaforma di scavo, sotto forma di grafi puntiformi, in seguito all'esportazione dei risultati delle quantificazioni in precedenza elaborate dal database; le coordinate del punto che li rappresenta corrispondono al centroide dell'unità stratigrafica che li contiene e sono ottenute attraverso tecniche di geocoding. Il dato quantitativo può essere rappresentato attraverso grafici o cerchi concentrici proporzionali, collocati direttamente nell'unità stratigrafica o nella struttura in esame, oppure tramite l'assegnazione di cromatismi variabili, a seconda della percentuale di presenza, all'unità stratigrafica di rinvenimento. L'integrazione della quantificazione prodotta dal DBMS con il dato spaziale proprio della base GIS restituisce un valore distributivo in grado di raffinare ulteriormente l'affidabilità dell'elaborazione modellistica.

### 5.2.2 Misurazioni e calcolo: carte interpretative e predittive

Le funzioni di misurazione e calcolo spaziale rappresentano un utile strumento di supporto all'interpretazione delle evidenze di scavo; consentono di considerare elementi difficilmente valutabili senza l'ausilio del calcola-

tore e producono risultati ancora inconsueti nell'ambito dei processi interpretativi sinora svolti sui dati di scavo.

Una sperimentazione di questi sistemi, elaborata dal LIAAM, ha permesso di studiare i contesti stratigrafici relativi a buche di palo ed alle strutture di capanna secondo criteri oggettivi, dettati dalla macchina in forma automatica ed ottenuti attraverso metodi matematici e geometrici. Valutando dimensioni e profondità sono state selezionate le probabili buche portanti; applicando alle buche la distanza desunta dal calcolo operato sulle buche perimetrali delle strutture certe, ne sono state individuate altre probabili portanti. I risultati sono stati sovrapposti e verificati. Dopo aver riportato su pianta i dati metrici ottenuti è stato possibile individuare il perimetro di alcune strutture attraverso una valutazione degli allineamenti di buche; grazie alla verifica della distanza minima fra pali portanti, calcolare poi gli eventuali tagli non conservati, ricostruendo così anche edifici molto compromessi.

L'analisi di tipo predittivo è funzionale a una valutazione globale del contesto in cui si intende operare; corrisponde dunque ad una lettura verticale di tutti i dati catastati all'interno della base, al fine di ottenere indicazioni astratte da tradurre in un *trend*; l'individuazione delle tendenze aiuterà poi a produrre ipotesi possibili (o probabili) riguardo all'interpretazione progressiva dell'insediamento nel suo complesso, oppure all'orientamento dei nuovi settori di intervento.

Tale processo di lettura comporta un alto grado di complessità. Richiede infatti una serie di operazioni e passaggi tutt'altro che immediati; per far sì che la macchina possa processare automaticamente il dato bisogna infatti fornire strumenti corretti e tradotti in un linguaggio a lei comprensibile: dobbiamo in realtà codificare, spesso in forma numerica, i dati a nostra disposizione per rendere possibile una loro elaborazione matematica o spaziale.

Come esempio, citiamo nuovamente una semplice elaborazione sviluppata dal LIAAM. Nella costruzione della pianta ipotetica di una delle fasi insediative del villaggio di Poggio Bonizio, abbiamo integrato dati di scavo, emergenze di superficie, evidenze di scavo e *crop marks*, inserendoli dentro una griglia definita dal calcolatore sulla base della media dell'ingombro degli edifici scavati. Abbiamo impostato macro di calcolo affinché la macchina assegnasse cromatismi diversi a ciascuna delle celle definite dalla griglia nello spazio non ancora indagato a seconda del grado maggiore o minore di probabilità (in base alla concomitanza del tipo dei dati) della presenza di edifici ancora nascosti.

Per arrivare a produrre un'ipotesi di questo tipo è stato però necessario implementare preventivamente il dato grafico ed assegnare ai diversi elementi interessati dei valori numerici (relativi per esempio al grado di affidabilità) in modo che l'integrazione del dato spaziale e matematico potesse avvenire correttamente.

## 6. LA RESTITUZIONE 3D DELLA STRATIGRAFIA ARCHEOLOGICA

Rispetto alla questione della riproduzione tridimensionale della stratigrafia di scavo in GIS, siamo convinti che allo stato attuale i sistemi disponibili siano inadeguati. Quindi preferiamo proporre solo alcune idee sintetiche a conclusione di questo contributo.

Un primo limite è creato dalla tecnologia stessa, che non consente di riprodurre reali modelli 3D ma solo elaborazioni “2D e 1/2” come sottolinea giustamente il gruppo di K. Kvamme. Le difficoltà di modellazione dei contesti di scavo trascendono però ogni questione tecnica relative a 3D o 2D e 1/2 e consistono in limiti oggettivi connessi alla natura stessa del deposito, troppo articolato e complesso, per poter essere ricostruito nelle tre dimensioni se non a danno di tempi di lavoro, sia sul campo che al computer, decisamente superiori rispetto alle effettive necessità di indagine.

I tentativi di restituzione tridimensionale proposti da alcune équipe di ricerca, non possono ritenersi soddisfacenti in quanto non consentono una restituzione realistica del contesto. Innanzitutto elaborare delle modellazioni tridimensionali (TIN), che riproducano fedelmente la superficie dello strato con tutte le sue varianti, richiede un numero di punti enorme: tale operazione, qualora si voglia modellare l'intera stratigrafia, deve essere effettuata per ognuno degli strati scavati. Inoltre i punti, per consentire una sovrapposizione corretta dei livelli e di conseguenza la rappresentazione esatta della stratigrafia, non possono essere registrati casualmente; devono rispettare uno schema predefinito e regolare, quindi una griglia a maglia strettissima che prevede di battere centinaia di punti per ogni tipo di strato scavato.

Tali procedure, al di là di qualsiasi considerazione, richiedono tempi lunghissimi, impossibili per qualsiasi scavo. Non è eccessivo definire impossibile la ricostruzione fedele di un contesto di scavo; forse è possibile modellare schematicamente alcune situazioni di scavo estrapolate dalla successione stratigrafica a cui appartengono: ma se dobbiamo perdere l'aspetto spaziale complessivo, perché dobbiamo lavorare in GIS con tutti i limiti di questa tecnologia nel 3D e non invece all'interno di sistemi deputati alla reale modellazione tridimensionale e molto più funzionali per tali scopi?

A nostro parere, l'unica risposta effettiva alla necessità di riprodurre modelli 3D della stratigrafia di scavo potrà essere offerta da periferiche specializzate quali gli scanner tridimensionali paesaggistici; ancora da testare su contesti archeologici ed estremamente costosi, rappresentano però il più alto potenziale espresso dall'innovazione tecnologica nel campo della modellazione 3D.

A.N.

## 7. LA SPERIMENTAZIONE DI UN GIS DI SCAVO IN RETE

In più occasioni abbiamo presentato OpenArcheo, la soluzione di gestione ipermediale con link multidirezionali che attraversano tutti i piani di informazione e che originano da una griglia di domande completamente aperta. È il prototipo di un sistema integrato ed aperto per la gestione del dato archeologico; tramite un'interfaccia semplice permette di collegare vari tipi di dati (cartografici, planimetrici, alfanumerici, grafici, multimediali, ecc.) in modo multidirezionale fra le diverse applicazioni. Il concetto di base sul quale si fonda il sistema ruota intorno a due parametri: la documentazione (quale tipo di documentazione intendiamo reperire?) e la keyword di relazione (in base a quale chiave di ricerca vogliamo reperire la documentazione?). L'utilità di una simile gestione risulta facilmente intuibile, soprattutto se si considera la possibilità multidirezionale dei link (giacché tutte le applicazioni che gestiscono i singoli tipi di dato interagiscono con tutte le altre), il vasto *range* delle informazioni reperibili dalla scala macro (per esempio la carta archeologica di un'intera regione) a quella micro (per esempio la scheda di un singolo frammento ceramico proveniente da scavo) e la rapidità dei collegamenti. Tecnicamente OpenArcheo è un sistema programmato costituito da routine organizzate su tre livelli: la parte principale realizzata con OneClick, gli script locali delle singole applicazioni che sfruttano gli eventuali linguaggi di programmazione residenti ed alcuni passaggi particolari realizzati con Apple Events o AppleScript app's.

Di recente, la sperimentazione di OpenArcheo, in vista dell'immissione in rete di tutti i nostri dati e quindi per la loro gestione-interrogazione relazionata, si è tradotta nella codifica del sistema in web. OpenArcheo Web è quindi un progetto *in progress* che mira all'implementazione dell'intero sistema di gestione OpenArcheo su Internet; la sperimentazione è, per ora, limitata allo scavo del castello di Miranduolo (Chiusdino, Siena): <http://archeologiamedievale.unisi.it/NewPages/MIRANDUOLO/MIR129.html>.

Fisicamente, il sistema risiede su un server Windows 2000. Nella prima versione, online dal 2002, sono consultabili la piattaforma GIS i database alfanumerici delle unità stratigrafiche, delle strutture interpretate e della periodizzazione di scavo, il database multimediale della documentazione fotografica.

La piattaforma GIS è servita come raster dal modulo Internet Server 1.5 di GeoConcept 5.0, attraverso client basato su una Java API. Le funzioni attivate consentono di scegliere fra due dimensioni di visualizzazione, muoversi sulla mappa (sia attraverso lo strumento pan, sia scegliendo fra una serie di posizioni predefinite), cambiare la scala (zoom in, zoom out, zoombox e ripristino della scala originale), visualizzare varie viste tematiche organizzate per periodo, ottenere informazioni su un oggetto attraverso il database

interno, trovare e centrare un particolare oggetto (l'operazione utilizza tecniche di geocoding), ottenere immagini bitmap della piattaforma.

I DBMS alfanumerici risiedono su un Apple Xserve, che li rende disponibili in rete locale utilizzando FileMaker Server 6. La versione online ha richiesto un web server dedicato che ottiene i dati direttamente dall'application server; è basata sul plug-in Web Companion, integrato dal modulo Web Server Connector (WSC), entrambi tecnologie proprietarie di FileMaker Pro 6 Unlimited. Di fronte ad un'architettura non particolarmente flessibile, dovuta ai limiti dell'applicazione usata, abbiamo ottenuto un prodotto leggero, veloce e semplice da utilizzare. Le pagine web dinamiche sono scritte in CDML, un markup language residente supportato da Web Companion. Ciò ha permesso l'implementazione di un'interfaccia utente completa, che ripropone le stesse funzioni della versione locale. In particolare sono attivate funzioni di navigazione fra record, di ordinamento, di visualizzazione in formato tabulare o esteso, oltre alla possibilità di effettuare query secondo diversi livelli di complessità.

L'archivio fotografico è direttamente esportato da Canto Cumulus Pro 5.0, per ottenere immagini JPEG a 499×333 pixel di risoluzione con peso medio dei file inferiore a 200 KB. Le categorie relative ai dati stratigrafici sono aggiornate, prima dell'esportazione, attraverso una routine da noi prodotta che ricava i valori dagli archivi alfanumerici amministrati in FileMaker Pro. Il database viene quindi pubblicato attraverso pagine dinamiche realizzate con ColdFusion 6 MX. Le 1827 immagini finora facenti parte dell'archivio sono visualizzate come schermate di anteprime ridotte (30 thumbnails per pagina); cliccandovi si ottiene l'immagine a dimensioni reali. Sono implementate funzioni di navigazione fra le schermate e ricerche rapide basate sulle combinazioni dei campi Scavo, Anno di Scavo, Area, US, Quadrato, Struttura, Periodo, Definizione stratigrafica, Definizione interpretata.

In aderenza ai principi delle applicazioni informatiche sviluppate presso il LIAAM, OpenArcheo Web prevede la gestione integrata e multidirezionale del dato. Un primo passo in questo senso è già stato compiuto con l'attuale versione; sono implementati link dinamici e multidirezionali fra le tre tabelle pubblicate (US, Strutture e Periodizzazione) e il database multimediale (manca, per ora, il link con la piattaforma GIS, non realizzabile con il software attualmente in uso). Da qualsiasi record di unità stratigrafica, ad esempio, è possibile visualizzare immediatamente tutte le foto in cui essa compare; da ciascuna immagine è quindi possibile, attraverso un collegamento diretto, visualizzare le schede estese delle US o delle strutture rappresentate. La stessa operazione è chiaramente disponibile, vista l'architettura relazionale su cui si basano, anche internamente agli archivi alfanumerici; da una scheda di US si visualizza con facilità l'eventuale scheda di struttura di cui essa fa parte, e viceversa.

Come detto, OpenArcheo Web è un progetto in progress. Il piano di lavoro per gli anni 2004-2005 prevede la realizzazione dei seguenti punti:

- 1) Scelta definitiva della piattaforma hardware e software; come abbiamo già avuto modo di sottolineare, alcune delle applicazioni usate (soprattutto FileMakerPro e GeoConcept) presentano limitazioni che rendono poco efficiente, se non inattuabile, lo sviluppo del progetto. Occorrerà vagliare con attenzione l'eventuale scelta di piattaforme diverse; per i database ci stiamo orientando verso Oracle, anche se la recentissima immissione sul mercato della versione 7 della linea di prodotti FileMaker, che presenta caratteristiche di gestione in rete locale e web molto più robuste, potrebbe rappresentare un'alternativa. Per l'Internet Mapping stiamo da tempo sperimentando le funzionalità di Autodesk MapGuide, una soluzione potente per la gestione online di GIS vettoriali e raster con possibilità di aggancio alle più diffuse applicazioni DBMS. Interessante anche l'opzione del modulo Spatial di Oracle, che consente di implementare dati spaziali georeferenziati direttamente all'interno del DBMS. La scelta di Oracle permetterebbe quindi di gestire l'intero panorama di dati attraverso un unico application server.
- 2) Aggiornamento del modulo degli archivi alfanumerici; si prevede il rinnovo dell'architettura complessiva nell'ambito del progetto Database Carta Archeologica e la pubblicazione dell'intero panorama di dati alfanumerici provenienti da uno scavo stratigrafico (saranno rese disponibili tabelle relative ad aree a settori di scavo, periodizzazione, tutte le classi di reperti).
- 3) Estensione dei collegamenti multidirezionali alla piattaforma GIS.
- 4) Ridisegno finale dell'interfaccia utente e traduzione in inglese.
- 5) Estensione della sperimentazione a tutti gli scavi condotti dall'Area di Archeologia Medievale del Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti dell'Università di Siena.
- 6) Pubblicazione definitiva della versione OpenArcheo Web 1.0

Tutto il processo fin qui descritto riguarda la gestione *intra-site*, in sola consultazione. Future versioni di OpenArcheo Web prevedono la realizzazione di due punti essenziali, che renderanno completa l'implementazione online del sistema: l'estensione ai dati territoriali e la possibilità di data entry.

M.V.

MARCO VALENTI

ALESSANDRA NARDINI

Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti  
Università degli Studi di Siena



BIBLIOGRAFIA

- BIANCHI G., NARDINI A. 2000, *Archeologia dell'architettura di un centro storico. Proposta per un'elaborazione informatica dei dati su piattaforma GIS bidimensionale*, in BROGIOLO 2000, 381-388.
- BOSCATO P., FRONZA V., SALVADORI F. 2000, *Un archivio informatizzato per la gestione dei reperti archeozoologici*, in BROGIOLO 2000, 46-52.
- BROGIOLO G.P. (ed.) 2000, *II Congresso Nazionale di Archeologia Medievale (Società degli Archeologi Medievisti Italiani, Musei Civici di Santa Giulia, Brescia 2000)*, Firenze, All'Insegna del Giglio.
- FRANCOVICH R. 1990, *Dalla teoria alla ricerca sul campo: il contributo dell'informatica all'archeologia medievale*, «Archeologia e Calcolatori», 1, 15-27.
- FRANCOVICH R. 1999, *Archeologia medievale e informatica: dieci anni dopo*, «Archeologia e Calcolatori», 10, 45-63.
- FRANCOVICH R., FRONZA V., NARDINI A., VALENTI M. 2003, *OpenArcheo: an information system for archaeological data management. Recent developments and future aims*, in V. CAPPELLINI, J. HEMSLEY, G. STANKE (eds.), *EVA2003 Florence. Electronic Imaging and the Visual Arts. Proceedings (Firenze 2003)*, Bologna, Pitagora Editrice, 149-153.
- FRANCOVICH R., NARDINI A., VALENTI M. 2000, *La piattaforma GIS dello scavo nella gestione di un'area cimiteriale*, in BROGIOLO 2000, 28-36.
- FRANCOVICH R., VALENTI M. 2000, *La piattaforma GIS dello scavo ed il suo utilizzo: l'esperienza di Poggibonsi*, in BROGIOLO 2000, 14-20.
- FRANCOVICH R., VALENTI M. 2001, *Cartografia archeologica, indagini sul campo ed informatizzazione. Il contributo senese alla conoscenza ed alla gestione della risorsa culturale del territorio*, in R. FRANCOVICH, M. PASQUINUCCI (eds.), *La carta archeologica della Toscana*, Firenze, All'Insegna del Giglio, 81-114.
- FRONZA V. 2000, *Il sistema di gestione degli archivi dello scavo di Poggio Imperiale a Poggibonsi (Insegnamento di Archeologia Medievale dell'Università di Siena). Una soluzione all'interno della "soluzione GIS"*, «Archeologia e Calcolatori», 11, 125-137.
- FRONZA V., NARDINI A., VALENTI M. 2003, *An integrated information system for archaeological data management: latest developments*, in M. DOERR, A. SARRIS (eds.), *CAA 2002. The Digital Heritage of Archaeology, Proceedings of the 30th Conference (Heraklion, Crete 2002)*, Hellenic Ministry of Culture – Archive of Monuments and Publications, 147-153.
- FRONZA V., VALENTI M. 2000, *L'utilizzo delle griglie di riferimento per lo scavo di contesti stratigrafici altomedievali: elaborazione di una soluzione informatica*, in BROGIOLO 2000, 21-27.
- GOTTARELLI A. (ed.) 1995, *Sistemi informativi e reti geografiche in archeologia: GIS-Internet, VII Ciclo di Lezioni sulla Ricerca applicata in Archeologia (Certosa di Pontignano, SI)*, Firenze, All'Insegna del Giglio.
- ISABELLA L., SALZOTTI F., VALENTI M. 2001, *L'esperienza dell'insegnamento di Archeologia Medievale a Siena nel campo dell'informatica applicata*, in M. DE MARCHI, M. SCUDELLARI, A. ZAVAGLIA (eds.), *Lo spessore storico in urbanistica*, Mantova, Società Archeologica Padana s.r.l., 31-64.
- MOSCATI P. 1998, *GIS applications in Italian archaeology*, «Archeologia e Calcolatori», 9, 191-236.
- NARDINI A. 2000, *La piattaforma GIS dello scavo di Poggio Imperiale a Poggibonsi (Insegnamento di Archeologia Medievale dell'Università di Siena). Dalla creazione del modello dei dati alla loro lettura*, «Archeologia e Calcolatori», 11, 111-123.
- NARDINI A., SALVADORI F. 2000, *La piattaforma GIS dello scavo e i modelli distributivi di manufatti e reperti osteologici animali*, in BROGIOLO 2000, 37-45.

- POWLESLAND D. 1998, *West Heslerton Assessment*, «Internet Archaeology», 5, Autumn/Winter 1998.
- POWLESLAND D., CLEMENCE H., LYALL J. 1998, *West Heslerton: WEB-CD. The application of HTML and WEB tools for creating a distributed excavation archive in the form of a WEB-CD*, «Internet Archaeology», 5, Autumn/Winter 1998.
- SCIUTO D. et al. 1977, *Introduzione ai sistemi informatici*, Milano, McGraw-Hill.
- VALENTI M. 1998a, *Computer Science and the management of an archaeological excavation: the Poggio Imperiale Project*, «Archeological Computing Newsletter», 50 (Spring), 13-20.
- VALENTI M. 1998b, *La gestione informatica del dato; percorsi ed evoluzioni nell'attività della cattedra di Archeologia Medievale del Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti – Sezione Archeologica dell'Università di Siena*, «Archeologia e Calcolatori», 9, 305-329.
- VALENTI M. (ed.) 1999, *Carta Archeologica della Provincia di Siena. III. La Val d'Elsa (Colle di Val d'Elsa e Poggibonsi)*, Siena, Nuova Immagine Editrice.
- VALENTI M. 2000, *La piattaforma GIS dello scavo nella sperimentazione dell'Insegnamento di Archeologia Medievale dell'Università di Siena. Filosofia di lavoro e provocazioni, modello dei dati e "soluzione GIS"*, «Archeologia e Calcolatori», 11, 93-104.
- VALENTI M. 2002, *Dai contesti ai reperti: un sistema informatico per la gestione della memoria storica*, in A. RICCI (ed.), *Archeologia e urbanistica. International School in Archaeology (Certosa di Pontignano-Siena 2001)*, Firenze, All'Insegna del Giglio, 281-302.
- VALENTI M. et al. 2001, *A GIS solution for excavations: experience of the Siena University LIAAM*, in Z. STANČIČ, T. VELJANOVSKI (eds.), *Computing Archaeology for Understanding the Past, CAA 2000. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. Proceedings of the 28th Conference (Ljubljana 2000)*, BAR International Series 931, Oxford, Archaeopress, 173-177.
- WORKSHOP SIENA, *Soluzioni GIS nell'informatizzazione dello scavo archeologico (Siena 2001)*, preatti scaricabili in formato rtf: <http://archeologiamedievale.unisi.it/NewPages/WORKSHOP.html>.

## ABSTRACT

The paper focuses on the problems related to archaeological excavation data management through the use of a GIS solution; it considers aspects ranging from the planning of an open and functional data model, fitting the complexity of stratigraphy, to the possibilities of data processing such as the production of thematic maps or the elaboration of interpretative and predictive models using statistical and mathematical tools.

It also discusses the difficulty of 3D data recording, as well as the recent technological development of Internet mapping servers and web-based dynamic GIS systems.