

MODELLI GIS NEL CULTURAL RESOURCE MANAGEMENT

1. PREMESSA

L'introduzione, su larga scala, di strumenti informatici non può essere considerata, in modo riduttivo, un semplice adattamento all'evoluzione tecnologica. La funzione ed il ruolo dei metodi computazionali negli studi archeologici è un aspetto oramai compreso – e qualche volta accettato – dall'intera comunità scientifica. Le applicazioni informatiche favoriscono in modo particolare l'utilizzazione di dati altrimenti non disponibili, fondendo e rendendo compatibili tra loro diverse fonti di informazione (cartografie raster, mappe vettoriali, immagini telerilevate, banche dati, etc.).

È principalmente nel settore dei GIS che il riconoscimento dell'influenza esercitata dagli strumenti informatici in archeologia trova la sua più ampia – e talvolta inaspettata – conferma. In occasione del 25° anniversario dell'Associazione *Computer Applications in Archaeology*, Irwin Scollar ha sostenuto che i sistemi informativi geografici e territoriali, nonostante sia passata l'euforia legata alla novità, rimangono ancora oggi il più promettente e significativo argomento discusso nei convegni di archeologia computazionale (SCOLLAR 1999). La diffusione di banche dati georeferenziate destinate alla gestione dei dati *inter-* ed *intra-site* ha indotto inoltre Barceló e Pallarés ad affermare che gli anni '90 saranno ricordati come la decade dei GIS (BARCELÓ, PALLARÉS 1998).

La creazione di banche dati spaziali, anche nel più tradizionale settore degli studi antichistici, può essere ricondotta a quella "Informatica senza Informatici" comparsa agli inizi degli anni '90 e contraddistinta da due fattori tecnologici dominanti: la maggiore semplicità d'uso dei computer e la diffusione di programmi *user-friendly* orientati in prevalenza all'utente finale (DJINDJIAN 1996). Anche in Italia un insieme di fattori di tipo tecnologico e di natura commerciale ha contribuito a determinare la nascita di un nuovo orizzonte multidisciplinare nel quale, ai settori scientifici tradizionalmente presenti nella ricerca archeologica (geologia, geomorfologia, paleobotanica, zooarcheologia), si è aggiunta l'informatica.

Lo stretto legame tra indagini storiche ed applicazioni informatiche e specialmente la connessione tra le nuove tecnologie e la teoria archeologica ha prodotto – per rimanere in ambito italiano – due orientamenti differenti, entrambi unanimi nel valutare positivamente l'apporto degli strumenti computazionali in archeologia. Un primo indirizzo sembra considerare improrogabile una sorta di trasformazione della scienza archeologica in termini compiutamente digitali: un tale atteggiamento prefigura una progressiva appro-

priazione dei metodi informatici da parte di tutti gli specialisti – archeologi e non – che operano nel campo della ricerca storica (FORTE e VALENTI in questo volume).

Una differente posizione è espressa invece da coloro che ritengono che l'archeologia computazionale sia un nuovo settore di studi, la cui finalità appare senza dubbio quella di indagare come e quanto in profondità l'applicazione di strumenti e metodi computazionali sia in grado di innovare sul piano della teoria la capacità di fare ricerca (MOSCATI 1996; CRESCIOLI, D'ANDREA, NICCOLUCCI 2000). Per rendere visibile l'affioramento di questo nuovo orizzonte, che in Italia sta ancora faticosamente emergendo dal limbo della sperimentazione, occorre che l'illustrazione dei singoli progetti sia sempre accompagnata da un adeguato approfondimento riguardante le procedure e le metodiche utilizzate. Limitarsi a riferire gli obiettivi di un progetto di studio, i dati elaborati e le funzioni implementate nella specifica applicazione ostacola qualsiasi reale confronto metodologico impedendo in definitiva un'approfondita analisi critica del progetto al di là del suo particolare ambito di utilizzazione.

L'interesse degli studiosi deve al contrario comprendere non solo le finalità delle applicazioni, ma anche le questioni riguardanti la sfera della progettazione intesa come il risultato di un processo di creazione di modelli di rappresentazione ed utilizzazione di standard operativi. Solo in tal modo è possibile uscire dal ristretto circuito degli esperti, per mettere a disposizione dell'intera comunità scientifica le scelte metodologiche adottate nella costruzione degli applicativi. Viceversa il rischio è quello di far prevalere la tecnica come fine dell'indagine sulla sua funzione di valore aggiunto nella ricerca. Ecco perché deve essere sempre presente nei nostri contributi una adeguata valorizzazione di quella parte delle procedure computazionali che sono in grado di innovare, modificare e quindi trasformare il modo stesso di fare ricerca.

2. APPLICAZIONI GIS

2.1 *L'applicazione dei GIS nel CRM*

In un recente volume della rivista «Archeologia e Calcolatori», quasi interamente dedicato ad una ricognizione sull'uso e la diffusione dei sistemi informativi territoriali in campo archeologico, DJINDJIAN (1998) ha elencato quali saranno i principali settori di intervento dei GIS all'inizio del nuovo millennio. Essi possono essere così schematicamente suddivisi:

- Survey (predizione di siti per l'ottimizzazione delle campionature sul campo);
- Scavo (registrazione disegni, mappe, grafici, fotografie, ricostruzioni 2D e 3D, realtà virtuale);

- Indagini territoriali (analisi spaziali e modellizzazione basata sulla correlazione tra popolazione, ambiente e cultura in un dato territorio);
- Cultural Resource Management (protezione, salvaguardia e valorizzazione del patrimonio culturale).

Secondo una stima dello studioso francese sono oltre 400 i programmi di ricerca finalizzati alla realizzazione dei GIS con un ritmo di crescita del 25% annuo. Su un'analisi condotta su 150 progetti noti da bibliografia, oltre il 40% è destinato alle indagini *inter-site* nell'ambito del Cultural Resource Management. Di questi la maggior parte appare indirizzata alla gestione delle mappe archeologiche, mentre soltanto una piccola porzione (l'8%) risulta riservata alla produzione di carte del rischio archeologico.

Nel variegato settore del CRM l'uso dei sistemi informativi territoriali è apparso connesso principalmente con l'esigenza di maneggiare grandi quantità di dati (grafici ed alfanumerici). Il primo gradino nello sfruttamento del GIS è stato senza dubbio quello di convertire le informazioni dal formato analogico a quello digitale allo scopo di sostituire e migliorare operazioni e procedure spesso realizzate manualmente (HARRIS, LOCK 1995). In origine, i sistemi informativi territoriali sono stati utilizzati come strumenti per la registrazione e conservazione delle informazioni e le uniche funzioni implementate sono risultate quelle limitate alla visualizzazione di dati e mappe tematiche.

Nell'ambito del CRM è immediatamente risultata di straordinario interesse la capacità dei GIS di registrare, manipolare ed analizzare considerevoli volumi di variabili geografiche ed ambientali mediante la sovrapposizione algebrica di mappe tematiche. Un primo concreto settore di applicazione è stato quello dell'integrazione delle informazioni archeologiche nella pianificazione urbanistica. Ancora di recente KVAMME (1997) ha riconosciuto il valore che, nel campo della progettazione territoriale, hanno le simulazioni predittive basate sulla costruzione di pattern insediativi; sebbene un tale approccio sia in parte condizionato da un determinismo di tipo ambientale perché sbilanciato sull'analisi delle variabili territoriali a danno di quelle di tipo culturale, non possiamo non riconoscere che i GIS possono avere una grande utilità nella definizione di modelli previsionali. L'uso delle tecnologie spaziali ha dunque aperto nuovi scenari nei compiti di salvaguardia e tutela del patrimonio storico-archeologico.

Tuttavia un diverso orientamento nell'utilizzazione della tecnologia può avvenire soltanto se i GIS non sono considerati delle tecniche neutrali, cioè dei semplici interpreti fisici. Nel corso della nostra esperienza, le funzioni di analisi dei dati hanno spesso cambiato il nostro modo di concepire le informazioni spaziali ed i legami di queste con altri fenomeni della realtà circostante. Hanno senz'altro ragione HARRIS e LOCK (1995) nel sostenere che i

GIS non sono strumenti imparziali: essi rappresentano la riproduzione sociale della conoscenza e, come tale, lo sviluppo della metodologia non può essere separato dal progresso della teoria necessaria a sostenerlo. Già WHEATLEY (1993) aveva sollecitato una riconsiderazione delle profonde connessioni che la creazione e l'utilizzazione dei sistemi informativi territoriali avrebbe determinato sul piano della metodologia, della ricerca ed infine della stessa teoria archeologica. Tra un uso del computer come strumento per misurare e determinare l'oggettività dei processi interpretativi ed una sua riduttiva utilizzazione ad "elettronico" utile solo in quanto consente di maneggiare dati eterogenei, è piuttosto preferibile pensare alle nuove opportunità che i computer mettono a disposizione degli archeologici nel campo dell'analisi e dell'acquisizione dei dati.

Dopo un periodo iniziale, orientato soprattutto alla creazione delle applicazioni, si assiste oggi ad una fase riflessiva e di maturazione animata dalla necessità di comprendere in profondità il rapporto che lega i sistemi informativi territoriali alla teoria archeologica. Nel nostro circuito operativo le potenzialità di trattamento ed elaborazione del record archeologico racchiuse nel software hanno guidato ed indirizzato in uno scambio continuo la capacità di indagare la correlazione tra le informazioni spaziali e i resti archeologici. Non sembra dunque esistere una presunta indipendenza tra sistema informativo e sistema informatico con una supremazia del primo, logico, sul secondo, fisico (AZZENA 1997). Pur sottolineando e riconoscendo la rivoluzionaria capacità dei SIT nel "desumere significati dalla associazione, efficacemente collocata nello spazio, di fenomeni ed oggetti", Azzena paragona il GIS ad un interprete o "pezzo modulare" destinato ad eseguire operazioni statistiche, elaborazioni di classificazione e visualizzazioni selettive.

Certamente i GIS non costituiscono ancora una scienza dell'informazione spaziale, ma la loro ampia utilizzazione anche nell'ambito dei settori destinati alla programmazione territoriale impone agli archeologici una inedita consapevolezza delle potenzialità d'uso degli strumenti informatici. I metodi computazionali offrono oggi l'occasione di considerare l'azione di tutela non come semplice difesa del bene quanto piuttosto come valorizzazione ed integrazione in modo dinamico del patrimonio archeologico nel tessuto urbanistico e paesaggistico.

2.2 Le carte del rischio e dell'impatto archeologico

Nel corso degli ultimi anni la diffusione dei GIS è stata accompagnata dall'introduzione di un nuovo concetto, quello del rischio archeologico. Il termine è stato talvolta usato in maniera fuorviante: il rischio, come sostiene giustamente Gottarelli, è semmai per appaltatori e costruttori di opere pubbliche (GOTTARELLI 1997). Più corretto sembra invece riferirsi alle carte del-

l'impatto archeologico, prendendo a prestito il termine dalla normativa dei lavori pubblici sull'impatto ambientale.

La differenza tra i due termini, rischio ed impatto, non è sottile o pretestuosa. Essa riguarda la sfera degli interventi che sono alla base della costruzione del nostro sistema informativo: è evidente tuttavia che i differenti campi di interesse possono trovare una comune soluzione nell'adozione di un sistema informativo integrato.

Il termine impatto può essere riferito al particolare caso in cui nell'ambito dei processi di pianificazione urbanistica deve essere considerata e prevista la potenziale presenza di emergenze archeologiche: caratteristica determinante di tali applicazioni sarà il puntuale e dinamico posizionamento, sulla planimetria adoperata per la pianificazione, dei resti archeologici, noti da scavo o da fonti non distruttive (survey, foto-interpretazione, remote sensing). L'espressione rischio archeologico sarà invece ammessa nelle situazioni in cui la progettazione e realizzazione di un GIS servano a monitorare e garantire l'integrità e la preservazione di un complesso archeologico dai pericoli causati da fattori antropici (incendi, fenomeni sociali, inquinamento, etc.) e/o ambientali (dissesti idrogeologici, frane, smottamenti, etc.).

2.3 GIS e Pubblica Amministrazione in Italia

Un'indagine condotta tra il 1993 ed il 1997 sul grado di diffusione dei GIS nella Pubblica Amministrazione italiana ha evidenziato la progressiva importanza dei sistemi informativi territoriali nei processi di pianificazione urbanistica. Anche nel campo della gestione delle risorse ambientali e culturali gli strumenti informatici stanno dunque assumendo un ruolo sempre più decisivo. La possibilità di integrare le informazioni relative alle diverse dinamiche territoriali all'interno di un unico sistema informatizzato consente infatti di passare dal semplice riordino a quello assai più delicato della progettazione compatibile e sostenibile (CIANCARELLA *et al.* 1998); soltanto in presenza di una descrizione analitica delle strutture del territorio per quanto attiene le caratteristiche fisiche e l'uso ai fini economici e sociali (residenziale, industriale, infrastrutturale, agricolo, etc.), è possibile migliorare i processi di pianificazione.

Proprio per rispondere ad una nuova dimensione strategica della progettazione urbanistica, sono stati realizzati, soprattutto all'interno degli enti locali territoriali, database cartografici caratterizzati da un elevato livello di disaggregazione settoriale e spaziale. In tal modo il GIS, garantendo una conoscenza approfondita, sistematica e dinamica degli attributi di un territorio, diviene uno strumento indispensabile nei compiti di monitoraggio e tutela.

Nel nuovo clima, che riconosce nei beni culturali e nell'ambiente due risorse fondamentali per l'economia italiana, il rapporto tra la pianificazione

territoriale e la tutela del patrimonio archeologico non può più essere quello di una conflittualità emergente nel corso degli interventi. Questo modo di procedere è risultato fallimentare in passato, determinando sprechi e danni irreparabili nella progettazione e realizzazione di grandi opere ed infrastrutture pubbliche. Alla soluzione del problema possono oggi apportare un contributo determinante quelle tecnologie informatiche che permettono di predisporre strumenti di conoscenza completi ed efficaci, capaci di interagire in forma diretta e dinamica con soggetti contraddistinti da differenti obiettivi.

In questa prospettiva i GIS tenderanno a caricarsi nei prossimi anni di un ruolo sempre più strategico, garantendo la comunicazione e soprattutto l'interconnessione tra due settori, quello dei *policy-makers* e degli archeologi, che oggi non sempre appaiono convergenti.

3. MODELLI E STANDARD NEI GIS

Nel titolo scelto per questo contributo è stato inserito intenzionalmente e provocatoriamente il termine modelli. Non è certamente mia intenzione evocare e proporre, come nelle formulazioni prescrittive della prima archeologia processualista, schemi validi invariati per tutte le aree, le vicende storiche, le condizioni ambientali e culturali. Se prendiamo il vocabolario della lingua italiana il termine modello viene definito come lo «schema teorico elaborato per rappresentare gli elementi fondamentali di uno o più fenomeni o enti». Secondo tale definizione il modello è una rappresentazione astratta delle proprietà degli oggetti che compongono l'ente.

Ma per illustrare le caratteristiche/proprietà del modello si deve fare ricorso ad un complesso di procedure che possiamo descrivere come “l'insieme di elementi, norme, o processi destinati ad uniformare le qualità specifiche di un determinato prodotto”. In sostanza da una parte costruiamo un modello inteso come lo schema di proiezione dell'Ente con le sue variabili e pertanto suscettibile di adattamento ai differenti contesti culturali, storici ed ambientali, dall'altra invece utilizziamo delle norme di rappresentazione che, in virtù della loro uniformità e codificazione, sono in grado di rendere trasparenti e pubbliche le proprietà degli Enti.

Nel processo di descrizione del record archeologico l'informatica può costituire una risorsa decisiva e strategica se essa mira, come aveva già osservato Cristofani, a definire standard operativi vale a dire «...descrizioni normalizzate di strutture e reperti secondo i loro elementi pertinenti...» (CRISTOFANI 1990).

Fino a pochi anni fa il concetto di standard era stato limitato alla questione della definizione dei formati di file in grado di assicurare l'esportabilità dei dati. Il collegamento tra dati spaziali ed attributi alfanumerici era realizzato generalmente con software proprietari la cui caratteristica dominante

era data dalla incompatibilità dei programmi ad adattarsi all'evoluzione delle piattaforme e degli ambienti di sviluppo. Molto spesso questi applicativi, strutturati per specifiche esigenze di ricerca, erano costruiti per le finalità di un preciso progetto; essendo inoltre prodotti in gran parte sperimentali non erano esportabili, senza considerevoli costi aggiuntivi, verso ambienti operativi più moderni e più semplici. Si pensò che almeno gli archivi potessero essere esportati ricorrendo a file di interscambio. Oggi questo specifico ostacolo allo sviluppo delle applicazioni sembra essere superato grazie alla diffusione di pacchetti commerciali forniti di moduli per la migrazione dei dati verso altre piattaforme. Tuttavia la questione dell'adozione di standard non può riguardare il solo uso di software in grado di assicurare l'interoperabilità delle applicazioni.

Parlare di standard vuol dire, al contrario, definire forme e procedure adottate nella strutturazione e normalizzazione delle informazioni elaborate e non solo il formato dei file scelti. Se alle soglie del terzo millennio non può essere realizzato uno scavo in modo scientifico senza disporre di un'adeguata conoscenza non solo della tecnica stratigrafica, ma anche – e soprattutto – dei sistemi di registrazione dei dati, analogamente non è immaginabile progettare e strutturare un sistema informativo senza definire un corretto e puntuale quadro di norme in grado di consentire la verifica e la comparazione dei dati.

Partendo da un approccio fortemente sbilanciato sul versante del trasferimento della metodologia e delle procedure, piuttosto che sulla valutazione dei risultati acquisiti o da acquisire, il contributo si propone di fornire in forma sintetica un bilancio preliminare dell'esperienza maturata nel concreto processo di analisi e progettazione di un GIS destinato all'analisi di un complesso funerario. In modo particolare l'obiettivo è quello di offrire alcune linee di riflessione relative all'elaborazione di particolari standard operativi applicati, nel caso proposto, alla vasta necropoli rinvenuta nel centro etrusco-campano di Pontecagnano. Si tratta di una sfera di interesse che a quanto risulta da una recente indagine appare fino ad oggi ancora poco sfruttata, almeno in Italia (MOSCATI 1998).

Oltre lo scopo di questo contributo è la questione certamente delicata e per certi aspetti difficilmente risolvibile degli standard di tipo semantico (traccati, vocabolari, dizionari, tipologie, repertori, etc.). In questa sede può forse essere sufficiente segnalare come il punto nodale del confronto delle informazioni conservate in differenti strutture di dati potrà trovare in futuro una significativa soluzione con la realizzazione e diffusione dei metadati: questi rappresentano dei file di testo che descrivono la struttura degli archivi e che pertanto sono in grado di consentire ricerche tra database che usano architetture diverse e differenti modalità analitiche (LOCK 1998; MILLER 1999). Anche in questo caso l'Information Technology si presterà a fornire, piuttosto

che soluzioni normalizzanti e rassicuranti, l'opportunità di affrontare, se non di risolvere, uno dei principali punti critici dell'archeologia, quello cioè dell'assenza, in numerosi settori di intervento, di protocolli descrittivi comuni.

4. IL GIS PER LA NECROPOLI DI PONTECAGNANO

4.1 *Premessa*

L'applicazione da noi elaborata si inserisce nel CRM ed in modo particolare nelle carte dell'impatto archeologico. Essa mira a fornire uno strumento dinamico ed efficace nell'ambito di una più corretta e puntuale pianificazione degli interventi urbanistici di edilizia pubblica e privata e di realizzazione di infrastrutture.

Il GIS si basa sui dati ricavati in oltre trenta anni di indagini eseguite nella necropoli Pontecagnano, un importante insediamento situato a circa 70 chilometri a Sud di Napoli; la documentazione archeologica, emersa nel corso dell'esplorazione di numerosi settori funerari, comprende oltre 8000 sepolture databili dall'Età del Ferro (IX sec. a.C.) al III sec. a.C.

Uno dei propositi iniziali del sistema consisteva nella esigenza di dotarsi di uno strumento in grado di poter gestire in modo più semplice un complesso ed articolato corpus di informazioni raccolte nel corso di scavi di emergenza. A questa prioritaria finalità scientifica si è successivamente aggiunto l'obiettivo di costruire un'applicazione in grado di integrare questo cospicuo patrimonio archeologico nelle attività di pianificazione urbanistica.

Un quadro di riferimento relativo al funzionamento del sistema informativo è stato già pubblicato (D'ANDREA 1999; D'ANDREA, DE NICOLA, GIORDANO 1999); ai contributi editi si rimanda per maggiori informazioni ed approfondimenti. In questa sede si descriverà la progettazione del GIS ed il relativo modello organizzativo sottolineandone i punti critici.

4.2 *La progettazione*

Tenuto conto dei differenti soggetti coinvolti nell'implementazione del sistema, la progettazione è stata impostata seguendo un modello entità-relazione strutturato su classi gerarchiche. Una tale strutturazione dei dati ha già trovato un'ampia e consolidata applicazione in campo archeologico; sono state soprattutto esaltate le potenzialità di un modello di rappresentazione di classi generali caratterizzate da attribuiti, relazioni reciproche anche di tipo fisico-spaziale e viste differenti (SEMERARO 1997).

Allo scopo di determinare un'organizzazione dei dati rispondente ad un modello semantico di tipo entità-relazione sono state individuate tre principali componenti con relativi servizi o livelli: esse corrispondono al contenuto informativo delle singole entità (DATI), alle regole grammaticali che

Progettazione del sistema logico del GIS

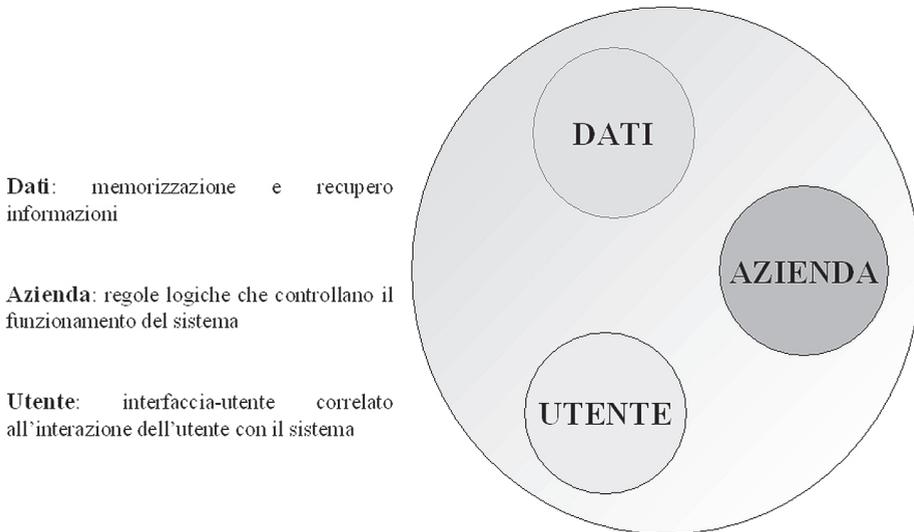


Fig. 1 – Modello Entità-Relazione strutturato su tre componenti logiche.

presiedono al funzionamento del sistema (ENTE) ed al legame contestuale tra i dati e l'ente (UTENTE) (Fig. 1). Le componenti semantiche sono state successivamente tradotte in un sistema logico conforme alle proprietà delle informazioni archeologiche ed alle interconnessioni di queste con i potenziali utenti finali: la relazione tra i dati e gli utenti è stata definita mediante le regole dell'Ente consistenti in vocabolari, *thesauri*, tipologie, etc. (Fig. 2).

La progettazione ha dato luogo all'elaborazione di una struttura fisica organizzata in un modello georelazionale (Fig. 3). Esso è composto da differenti archivi (grafici e non) sviluppati separatamente ed infine combinati e collegati all'interno del sistema informativo mediante una procedura *join* del tipo multi-a-molti. L'architettura flessibile di un modello entità-relazione fondato su differenti classi garantisce la possibilità di aggiungere e collegare nuove classi senza per questo dover riprogettare, o per lo meno ristrutturare, l'organizzazione dell'intero archivio; in tal modo è sempre possibile sviluppare nuove applicazioni senza dover preventivare con largo margine di tempo la gamma completa di iniziative che verranno avviate e soprattutto gli utenti che faranno uso dei dati registrati. Un altro significativo vantaggio è dato dal fatto che la ricerca di particolari tematismi può essere eseguita filtrando le informazioni da uno specifico archivio piuttosto che attraverso una query effettuata sull'intero database come accadeva ed accade con le applicazioni di tipo lineare.

Progettazione del sistema fisico del GIS

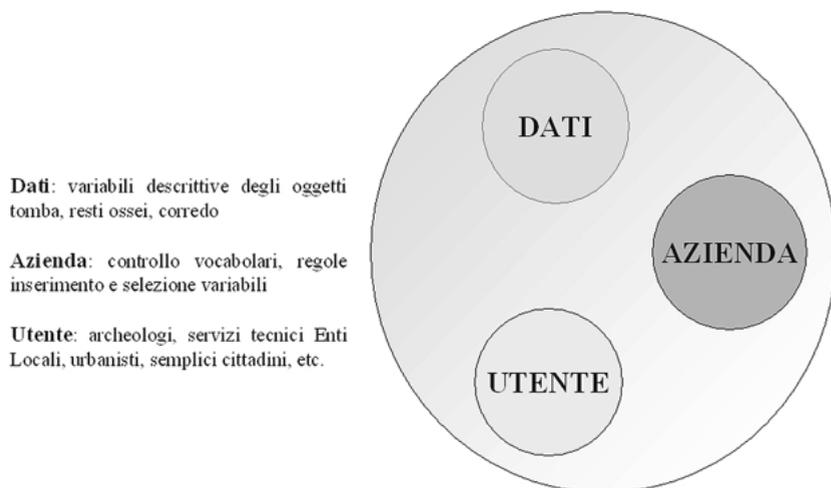


Fig. 2 – Livelli o servizi elaborati in base alle proprietà degli oggetti.

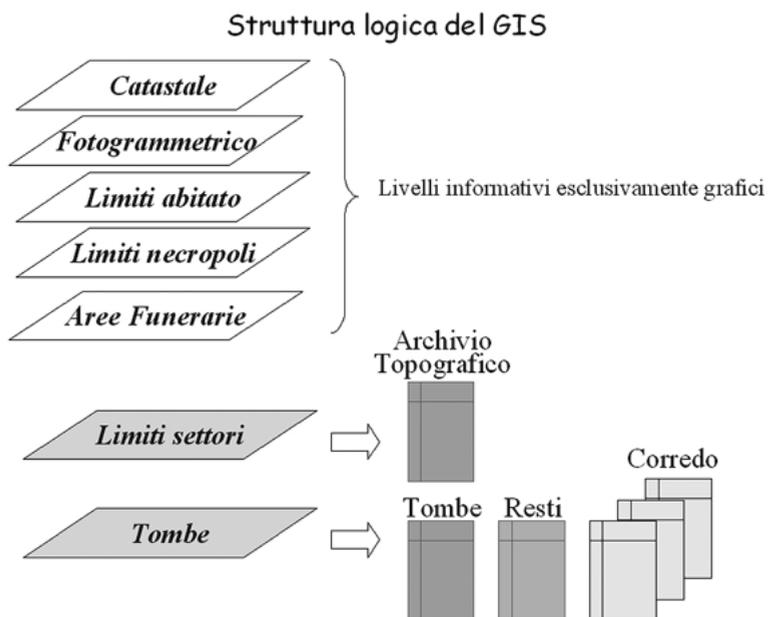


Fig. 3 – Il nuovo modello georelazionale, che costituisce un aggiornamento rispetto alla precedente impostazione (D'ANDREA 1999, fig. 1).

4.3 La struttura degli archivi alfanumerici

La fase principale nell'elaborazione del sistema informativo è consistita nella progettazione degli archivi alfanumerici. Poiché le informazioni dovevano essere organizzate in modo da riflettere una pluralità di utenti si è prescelta un'architettura di tipo relazionale corrispondente all'elaborazione di tre archivi corrispondenti alle tre classi principali: le tombe, i resti ossei, gli oggetti. Il primo archivio contiene i dati generali della tomba; il secondo è destinato alla registrazione dei resti osteologici e ad eventuali altri materiali organici; il terzo comprende ogni singolo oggetto che compone il corredo funerario. Le tabelle sono tra loro collegate sulla base del numero di tomba: la relazione, basata su un unico elemento distintivo, prevede che ad una singola tomba corrisponda esclusivamente un record per i resti ossei ed n record per il corredo.

La scelta del software per la realizzazione degli archivi è stata indirizzata verso un database di tipo relazionale operativo in ambiente Windows e pertanto in grado di assicurare senza costi aggiuntivi la migrazione della banca dati. A questo fine si è prescelto il programma Access della Microsoft, un RDBMS che dispone anche di un flessibile e potente motore di ricerca programmabile con semplici istruzioni in linguaggio SQL (Structured Query Language).

Considerato l'elevato numero di schede da inserire, i tagli cronologici, le tipologie degli oggetti di corredo e numerose altre informazioni definite in forma standardizzata (ad esempio: tipologia tombale, rituale, dati osteologici) si è provveduto a creare un sistema per il caricamento dei dati utilizzando Visual Basic; l'applicazione, di tipo proprietario, serve esclusivamente a gestire in forma gerarchica alcuni moduli corrispondenti alle tre tabelle che formano il database creato in Access. La soluzione adottata consente di guidare l'operatore nella scelta di valori alternativi tra loro controllati in fase di programmazione. In tal modo, anche se non è possibile verificare sistematicamente il caricamento dei dati, si è tentato di rendere meno discrezionale l'intervento degli operatori.

Il data-entry si apre con la registrazione delle informazioni generali di ogni singola sepoltura. La form (D'ANDREA 1999, fig. 2) è strutturata in tre sezioni che riflettono raggruppamenti informativi omogenei: la prima contiene i dati relativi allo scavo, l'ubicazione topografica della deposizione, gli inventari della documentazione grafica e fotografica, le notizie bibliografiche; la sezione successiva comprende informazioni sulla stratigrafia orizzontale (gruppi, sovrapposizioni, etc.) e verticale (datazione, cronologia, periodo, etc.); l'ultima è destinata alla registrazione delle dimensioni delle sepolture, al loro orientamento e tipologia, alla presenza del corredo e di resti scheletrici e all'indicazione del genere e dell'età quando questi siano indivi-

duabili attraverso l'esame del corredo funerario o delle dimensioni della sepoltura. Per agevolare l'inserimento delle variabili, la lista di attributi selezionabili per alcuni campi è collegata al valore prescelto nella voce "periodo".

Dal modulo principale si accede agli altri due database. L'assenza di resti ossei e di oggetti di corredo determina la conclusione dell'intera procedura di registrazione con il salvataggio dei soli dati relativi alla sepoltura. In presenza di resti ossei si apre il corrispondente modulo (D'ANDREA 1999, fig. 3) che riporta automaticamente nel primo campo il numero di tomba ereditato dal precedente record. Questo archivio è destinato alle informazioni sui reperti osteologici, sul sesso, l'età del defunto o dei defunti quando questi siano stati studiati dagli specialisti; viene indicata inoltre la loro collocazione museale e l'esistenza di schede di studio oltre alle relative indicazioni bibliografiche. Nel caso di presenza di altri resti animali od organici sono stati predisposti appositi campi per la registrazione delle relative informazioni.

L'ultimo modulo (D'ANDREA 1999, fig. 4) è finalizzato all'inserimento di ciascun singolo oggetto rinvenuto nella sepoltura. Il materiale viene classificato in base ad un dizionario di tipo cronologico selezionato nella barra dei menù; in tal modo il vocabolario prescelto controlla l'inserimento delle variabili nelle voci "classe di materiali", mentre a sua volta la selezione di un determinato valore nella "classe dei materiali" abilita una corrispondente lista di forme per l'inserimento dei dati nel relativo campo; viceversa viene lasciata discrezionale la possibilità di indicare la tipologia. La disponibilità di repertori di tipo cartaceo agevola comunque il riconoscimento, da parte dell'operatore, della tipologia e varietà dell'oggetto esaminato.

Il criterio di classificazione così adottato ha richiesto una complessa sistematizzazione iniziale delle informazioni. Non disponendo di un inventario completo degli oggetti rinvenuti, questo procedimento si è basato sulla raccolta delle pubblicazioni edite sui materiali della necropoli di Pontecagnano e sull'analisi di un vasto campione di sepolcreti. Per quanto lunga e delicata questa fase del lavoro ha consentito di uniformare i dati, condizione questa indispensabile per garantire la validità di qualsiasi successiva indagine tematica. Ad ogni singolo reperto corrisponde inoltre un codice, rappresentato dalla sigla della classe di materiali e dalla indicazione tipologica; il codice può essere successivamente utilizzato per più semplici e spedite ricerche ed analisi di tipo matematico-statistico oltre che di tipo spaziale. Il database consente anche di indicare la posizione dell'oggetto all'interno della sepoltura fornendo così elementi essenziali per un'analisi funzionale del corredo funerario. L'archivio comprende, infine, informazioni relative al luogo ed allo stato di conservazione dei reperti e costituisce in tal modo un prezioso strumento per la gestione museale e per la verifica delle condizioni degli oggetti e quindi dei corredi.

4.4 La struttura della cartografia vettoriale

Il successivo stadio del progetto è stato dedicato alla trasformazione della cartografia in formato vettoriale e nella definizione dei livelli grafici in accordo al modello georelazionale prescelto. Particolare importanza è stata attribuita all'operazione di conversione analogico-digitale delle piante, poiché si trattava di rielaborare in formato numerico una consistente documentazione eseguita esclusivamente su supporto di tipo cartaceo e con riferimento alla base catastale. A tale scopo sulla planimetria vettoriale di tipo fotogrammetrico, che costituisce la base cartografica adottata dal comune di Pontecagnano, si è sovrapposto il catastale digitalizzato che aveva rappresentato la base per il posizionamento di tutte le aree indagate.

Successivamente sul nuovo supporto cartografico è stato possibile ubicare singolarmente le diverse aree di necropoli messe in luce. Quest'ultima procedura si è rivelata particolarmente complessa, poiché l'aggancio dei disegni sulla cartografia numerica è stato realizzato senza avere la possibilità di ricorrere a punti fiduciari, ma più semplicemente sovrapponendo le aree di scavo all'ingombro di quei complessi edilizi la cui realizzazione aveva determinato la scoperta di quel particolare sepolcreto. In alcuni casi una puntuale ubicazione delle aree esplorate è stata possibile soltanto perché si disponeva di una più dettagliata mappa vettoriale al 2.000 che riportava altri importanti elementi planimetrici.

4.5 Implementazione e funzionamento del GIS

La base planimetrica di riferimento è stata realizzata utilizzando AutoCad sia per la digitalizzazione delle mappe dei sepolcreti e delle deposizioni che per la correzione e sovrapposizione dei differenti livelli informativi prescelti (fotogrammetrico, catastale, aree di scavo, tombe). Successivamente è stata creata la topologia facendo ricorso al programma MapInfo, un GIS di semplice uso ed apprendimento, adoperato da tempo anche nella ricerca archeologica (JOHNSON 1995). L'importazione, all'interno di MapInfo, dei dati vettoriali elaborati con AutoCad viene assicurata da un modulo che legge il file di interscambio .dxf e restituisce una nuova mappa; con l'opzione "proiezione" e "trasformazione" la pianta eseguita con AutoCad può essere convertita in una mappa geografica fornendo, per ogni singolo file vettoriale, appena due coordinate. Il sistema di riferimento adottato corrisponde alla proiezione UTM (ED50) Zona 33. I nuovi file georeferenziati sono collegati ad altrettante tabelle contenenti esclusivamente il campo "ID".

Per costruire la relazione tra gli archivi realizzati in Access e le informazioni grafiche si è reso necessario assegnare ad ogni singolo oggetto vettoriale un codice esclusivo. All'interno del livello informativo "tombe" esso corrisponde al numero della sepoltura, mentre nel layer "limiti" si riferisce alla

particella, al numero del foglio catastale ed al nome del proprietario dell'area indagata. Sulla base del modello georelazionale prescelto, il GIS gestisce quindi tre archivi alfanumerici (tombe, resti, corredo) e quattro livelli informativi grafici riguardanti il fotogrammetrico, il catastale, l'area delle zone esplorate e le singole tombe.

Per l'elaborazione di particolari ricerche o per la visualizzazione di determinati tematismi è sufficiente eseguire nel modulo "Interrogazioni" la procedura "Selezione". Con tale istruzione si ottiene un sotto insieme di dati raggruppati sulla base di una o più variabili; ad esempio è possibile chiedere la selezione di una tomba o di un intervallo di tombe, oppure formulare l'interrogazione di un foglio catastale o di un particolare proprietario: i record che soddisfano la richiesta vengono visualizzati insieme. Più completo è invece il comando Selezione SQL che consente di creare tavole comprendenti informazioni implicite nella tavola base e ricalcolate mediante operazioni matematiche: una particolare aggregazione di dati può essere visualizzata in colonne cosiddette derivate.

Inoltre, ed è questa la funzione per noi di maggiore interesse, l'istruzione consente di effettuare selezioni su più tavole contemporaneamente; la Selezione SQL, infatti, può collegare tavole mappabili (cioè con oggetti grafici) e tavole con soli dati alfanumerici associando i record delle diverse tabelle mediante una relazione tra le colonne: ad esempio, la visualizzazione di una serie specifica di tombe viene eseguita estraendo le sepolture corrispondenti alla query ed associando la lista al livello informativo grafico mediante la procedura del tipo "where *nometable.id* = *nometable.id*". Analogamente l'interrogazione può essere perfezionata incrociando la lista prodotta con una particolare classe di età o con uno specifico set di oggetti di corredo e successivamente visualizzata con l'istruzione *join* sopra descritta. Il nuovo file temporaneo creato con l'interrogazione SQL può essere semplicemente visualizzato oppure adoperato per una ulteriore estrazione di informazioni (Tav. VII, a).

5. CONCLUSIONI

Il prossimo livello di sviluppo consisterà nel rendere i dati disponibili e verificabili in mondo semplificato. Una sperimentazione in tal senso è stata già avviata positivamente (D'ANDREA, NICCOLUCCI 2000) con la costruzione di una interfaccia realizzata con il programma MapXtreme: l'applicazione, che costituisce un ambiente di sviluppo di MapInfo, sfrutta le potenzialità di connessione locale e remota offerte da Internet. Originariamente si era pensato che una interfaccia *user-friendly* potesse essere realizzata ricorrendo al software di programmazione di MapInfo, denominato Map Basic. Ogni utente avrebbe ricevuto una versione personalizzata del sistema destinata a rendere accessibile e più semplice l'interrogazione, l'estrazione e la visualizzazione dei dati.

Oggi, invece, con la rete che diviene uno strumento ed un canale sempre più accettato per il trasferimento della conoscenza e dei dati, sembra legittimo dirigersi verso il naturale incontro tra gli archivi, contenitori di informazioni, ed Internet, mezzo di trasmissione delle informazioni.

Numerosi strumenti di tipo commerciale sono stati di recente messi a punto da diverse società ed aziende leader nel settore dei GIS, per consentire la pubblicazione su rete di banche dati georeferenziate. Essi si basano su applicativi proprietari che adoperano tutti uno stesso standard di procedura: un input gestito in html o in *applets* java invia specifiche richieste al server su cui sono conservati i dati. Il server processa le informazioni richieste e le invia all'utente sotto forma di pagine e mappe (vettoriali o raster).

Nel caso del GIS elaborato per la necropoli di Pontecagnano l'adozione di un tale modello di "distribuzione" dei dati avrebbe come conseguenza immediata l'aumento della circolazione delle informazioni, un ampliamento degli utenti nella consultazione e soprattutto una considerevole visibilità. L'interfacciamento degli archivi con Internet semplificherebbe anche la gestione dei dati mediante un'amministrazione remota del database attraverso il Web. Inoltre – e questo sembra essere l'elemento di maggiore peso – poiché il software di interfacciamento è lo stesso del browser, per accedervi non sarà necessario curare l'installazione, la manutenzione e la distribuzione di software client sui singoli PC. In tal modo, senza avere né il software necessario per la visualizzazione di un GIS, né una conoscenza dettagliata della struttura dei dati e dei livelli informativi grafici, qualsiasi utente potrà liberamente avere accesso al database ed interrogare il sistema.

Un ulteriore prospettiva di approfondimento muove nella direzione di incorporare nella struttura dei dati la logica fuzzy, un modello più flessibile per la classificazione di insiemi sfumati (CRESCIOLI, D'ANDREA, NICCOLUCCI 2000). Tradizionalmente l'impiego di tecniche di statistica multivariata e classificazione basate su matrici di dati bimodali (assenza/presenza) spinge l'archeologo a scegliere tra due opzioni oppure in caso di incertezza ad assegnare forzatamente la variabile ad uno dei raggruppamenti definiti; in questo modo all'interno del database, una volta effettuata la scelta, il dato perde il suo carattere incerto e viene considerato e calcolato al pari dei valori certi. Rigettando una strutturazione dei dati che schematizza in un sistema puramente bimodale le informazioni, è possibile enfatizzare le potenzialità di un approccio computazionale, ricorrendo alla logica ed alla teoria del fuzzy applicata al GIS: in tal modo è possibile valorizzare i gruppi, le appartenenze e quindi quegli scarti di comportamento che consentono in ultima analisi di individuare le regole utili per la comprensione di una necropoli.

ANDREA D'ANDREA

Centro Interdipartimentale di Servizio di Archeologia
Istituto Universitario Orientale - Napoli

RINGRAZIAMENTI

Desidero innanzi tutto ringraziare Bruno d'Agostino, Luca Cerchiai e Patrizia Gastaldi per avermi inserito all'interno di un ampio gruppo interdisciplinare destinato alla realizzazione di un GIS per la necropoli di Pontecagnano. Un vivo ringraziamento va anche a quanti a vario titolo hanno partecipato e partecipano a questa esperienza. Di questo numeroso team ricordo soprattutto: Giovanna Ronga, Mariassunta Cuozzo e Serenella de Natale per le discussioni sui tracciati degli archivi; Roberto De Nicola, Antonio Giordano e Sabatino Laurenza per il confronto sulla progettazione della parte propriamente informatica. Un grande ed affettuoso ringraziamento va infine all'amico Franco Niccolucci per il costante stimolo e confronto metodologico; è superfluo aggiungere che senza la sua puntuale critica e competenza informatica questo contributo, per molti aspetti problematico, sarebbe stato certamente approssimativo e molto più parziale.

BIBLIOGRAFIA

- AZZENA G. 1997, *Questioni terminologiche – e di merito – sui GIS in archeologia*, in GOTTARELLI 1997, 33-43.
- BARCELÓ J.A., PALLARÉS M. 1996, *From visual seduction to spatial analysis. A critique of GIS in archaeology*, in P. MOSCATI (ed.), *III Convegno Internazionale di Archeologia e Informatica (Roma 1995)*, «Archeologia e Calcolatori», 7, 327-335.
- CIANCARELLA L., CRAGLIA M., RAVAGLIA E., SECONDINI P., VALPREDÀ E. 1998, *La diffusione dei GIS nelle amministrazioni locali italiane*, Milano, Franco Angeli.
- CRESCIOLI M., D'ANDREA A., NICCOLUCCI F. 2000, *A GIS-based analysis of the Etruscan cemetery of Pontecagnano using fuzzy logic*, in *Beyond the Map: Archaeology and Spatial Technologies*, European University Centre for Cultural Heritage (Ravello 1999), in press.
- CRISTOFANI M., FRANCOVICH R. 1990, *Editoriale*, «Archeologia e Calcolatori», 1, 7-8.
- D'ANDREA A. 1999, *Il GIS nella produzione delle carte dell'impatto archeologico: l'esempio di Pontecagnano*, «Archeologia e Calcolatori», 10, 227-237.
- D'ANDREA A., DE NICOLA R., GIORDANO A. 1999, *The Eurialo Project: A vector GIS for integrating management of the archaeological data for Pontecagnano (SA)*, in J. BARCELÓ, I. BRIZ, A. VILA (eds.), *New Techniques for Old Times, CAA 1998, Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*, BAR International Series 757, Oxford, 145-148.
- D'ANDREA A., NICCOLUCCI F. 2000, *A Web based access to GIS integrating geographical databases through the WWW*, in *2nd International Congress on Science and Technologies for the Safeguard of Cultural Heritage in the Mediterranean Basin (Paris 1999)*, in press.
- DJINDJIAN F. 1996, *Méthode archéologique assistée par ordinateur*, in P. MOSCATI (ed.), *III Convegno Internazionale di Archeologia e Informatica (Roma 1995)*, «Archeologia e Calcolatori», 7, 1259-1266.
- DJINDJIAN F. 1998, *GIS usage in world-wide archaeology*, «Archeologia e Calcolatori», 9, 19-30.
- GOTTARELLI A. (ed.) 1997, *Sistemi Informativi e Reti Geografiche in Archeologia: GIS-INTERNET, VII ciclo di Lezioni sulla Ricerca applicata in Archeologia. Certosa di Pontignano (Siena 1995)*, Quaderni del Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti - Università di Siena, Firenze, Edizioni All'insegna del Giglio.
- HARRIS T.M., LOCK G.R. 1995, *Toward an evaluation of GIS in European archaeology: The past, present and future of theory and applications*, in G.R. LOCK, Z. STANÉIÉ (eds.), *Archaeology and Geographical Information Systems: A European Perspective*, London, Taylor and Francis, 349-365.

- JOHNSON I. 1995, *Mapping Archaeological Data: A Structured Introduction to MapInfo*, Sydney University Archaeological Methods Series, 3, Sydney.
- KVAMME K.L. 1997, *Archaeological spatial analysis using GIS: Methods and issues*, in GOTTARELLI 1997, 45-58.
- LOCK G.R. 1998, *GIS usage in UK archaeology mid-1997: The Caere Survey*, «Archeologia e Calcolatori», 9, 147-167.
- MILLER P. 1999, *The importance of metadata to archaeology: One view from within the Archaeology Data Service*, in L. DINGWALL, S. EXON, V. GAFFNEY, S. LAFLIN, M. VAN LEUSEN (eds.), *Archaeology in the Age of the Internet, Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1997*, BAR International Series 750, Oxford, 133-135.
- MOSCATI P. 1996, *Archeologia Quantitativa: nascita, sviluppo e "crisi"*, in P. MOSCATI (ed.), *III Convegno Internazionale di Archeologia e Informatica (Roma 1995)*, «Archeologia e Calcolatori», 7, 579-590.
- MOSCATI P. 1998, *GIS applications in Italian archaeology*, «Archeologia e Calcolatori», 9, 191-236.
- SCOLLAR I. 1999, *25 years of Computer Applications in Archaeology*, in L. DINGWALL, S. EXON, V. GAFFNEY, S. LAFLIN, M. VAN LEUSEN (eds.), *Archaeology in the Age of the Internet, Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1997*, BAR International Series 750, Oxford, 5-10.
- SEMERARO G. 1997, *Il sistema per la gestione dei dati di scavo. Aspetti metodologici*, in F. D'ANDRIA (ed.), *Metodologie di catalogazione dei beni archeologici*, Lecce-Bari, 33-56.
- WHEATLEY D. 1993, *Going over old ground: GIS, archaeological theory and the act of perception*, in J. ANDERSEN, T. MADSEN, I. SCOLLAR. (eds.), *Computing the Past: Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*, CAA 1992, Aarhus, Aarhus University Press, 133-138.

ABSTRACT

For CRM the use of the Geographical Information System (GIS) is mainly related to the possibility of integrating archaeological data into territorial and town planning. The value of predictive models based on the construction of geo-environmental patterns has only recently been recognised. Spatial technologies have opened a whole new set of possibilities for the management of cultural resources, and the contribution of information technology to archaeological investigation makes it possible to reinterpret this protective action not only as a simple defence of the archaeological site, but as a dynamic exploitation and integration of the archaeological heritage into the territorial and town design.

In Italy the diffusion of GIS at the inter-site level has been accompanied by the introduction of the concept of archaeological risk. This term has often been used incorrectly. It is more correct in fact, to refer to the archaeological impact map (A.I.M.), borrowing the term from the Italian regulations governing the evaluation of environmental impact (V.I.A.).

An investigation based on the level of distribution of geographical information systems in Italian Public Administration has called attention to the increasing importance of GIS in urban planning. In the near future therefore GIS will acquire a more strategic role, acting as a link and guaranteeing communication between policy makers and archaeologists.

This paper examines the experience of an actual process of analysis and design of a GIS, designed for the management of cultural heritage. In particular, the aim is to offer operational and methodological guidelines for the development of the data models ap-

plied, in this specific case, to the analysis of the necropolis of Pontecagnano, an Etruscan-Campanian centre lying about 70 kilometres South of Naples. The system has been adjusted to the needs of different types of users: on the one hand, scientists interested in the reconstruction of the social, economic and cultural organisation of the ancient community, and on the other, operators involved in the preservation of cultural heritage through the promotion of a careful policy of development which would integrate the archaeological patrimony into urban planning.