

## ANALISI SPAZIALI INTRA-SITE. SOLUZIONI GIS PER LO SCAVO ARCHEOLOGICO

Nel campo dei GIS, un settore specifico di sviluppo è quello dedicato alle analisi intra-site indirizzate alla registrazione, elaborazione e visualizzazione delle informazioni acquisite nel corso dello scavo archeologico. Gli archivi alfanumerici sono memorizzati in una o più tabelle tra loro collegate, mentre le piante degli strati e degli oggetti sono registrate in mappe vettoriali organizzate in temi: ciascun oggetto grafico è georeferenziato ed associato ad un attributo presente nell'archivio alfanumerico. I GIS presentano di norma una interfaccia user-friendly per il data-entry organizzata in forma gerarchica ed una serie di tabelle compilate su dizionari e liste di variabili predefinite che guidano l'utente nella compilazione delle schede. Funzioni di navigazione, ricerca e tematizzazione arricchiscono l'applicazione rendendo il GIS uno strumento flessibile ed estremamente efficace per lo studio e la rapida pubblicazione dei risultati delle indagini.

Rientra nelle soluzioni GIS per lo scavo un'ampia varietà di sistemi impostati sulla integrazione tra il dato grafico spaziale e gli artefatti (mobili ed immobili) rinvenuti nei differenti strati o livelli. Il GIS semplifica non solo la consultazione degli archivi – disponibili in tempi ristretti ed accessibili con un click – ma consente anche di creare mappe derivate risultanti dalla interrogazione del database alfanumerico. Questa funzione di tematizzazione costituisce la differenza sostanziale tra le applicazioni CAD di cartografia numerica organizzate in layers preconfezionati non interrogabili e le soluzioni GIS in cui le piante tematiche sono create on-demand a seguito di richieste eseguite sui dati memorizzati nel database. Una ulteriore distinzione è rappresentata dalla capacità dei GIS di “assistere” l'archeologo nella interpretazione del contesto stratigrafico attraverso l'individuazione di pattern distributivi: specifici moduli di analisi spaziale sono in grado di evidenziare la correlazione, statisticamente significativa, di categorie di oggetti concentrate in specifiche aree di rinvenimento.

I sistemi GIS per lo scavo rappresentano uno strumento indispensabile per la fase di registrazione delle informazioni raccolte sul terreno anche per quanto riguarda le indagini che spesso precedono e indirizzano la ricerca sul campo (survey, prospezioni geofisiche, remote sensing). La documentazione può essere gestita completamente dal sistema che integra in un modello georelazionale tutte le informazioni esistenti sul sito in esame: dalle indagini geoarcheologiche alla fotointerpretazione, dallo studio delle singole classi di materiali ai complessi architettonici, dalla datazione dei reperti alla individuazione ed interpretazione di aree funzionali, fino al calcolo statistico degli

oggetti, etc. Proprio queste caratteristiche rendono il GIS intra-site una applicazione multi-funzionale in grado di riflettere una pluralità di esigenze. Esso può inoltre rappresentare una base cartografica numerica insostituibile per una migliore conservazione e valorizzazione delle aree archeologiche nell'ambito della definizione – ad esempio – di piani paesistici e della progettazione territoriale e/o urbana (cfr. ad esempio M.P. GUERMANDI (ed.), *Rischio archeologico. Se lo conosci lo eviti*, Firenze 2001, All'Insegna del Giglio).

Tuttavia, contrariamente a quanto può essere immaginato, le applicazioni GIS intra-site rimangono al momento un ambito poco conosciuto. Ancora di recente G. LOCK (*Using Computers in Archaeology*, London-New York 2003, Routledge, 118) è tornato sull'argomento sostenendo che sebbene esista un potenziale impiego dei GIS a livello intra-site, questo settore deve essere ancora pienamente sviluppato. Le motivazioni di questa sotto-utilizzazione possono essere ricondotte ad una scarsa capacità dei GIS ad essere sfruttati per le applicazioni pienamente tridimensionali e multitemporali tipiche dei contesti stratigrafici (T.M. HARRIS, G. LOCK, *Multi-dimensional GIS exploratory approaches to spatial and temporal relationships within archaeological stratigraphy*, in H. KAMERMANS, K. FENNEMA (eds.), *Interfacing the Past*, CAA95, Leiden, *Analecta Praehistorica Leidensia*, 28, 307-316). Inoltre i programmi presenti sul mercato hanno una ridotta disponibilità (quando non del tutto assenza) di moduli per le analisi di tipo spaziale a livello intra-site: una semplice funzione buffer non può essere adoperata per i contesti 3D poiché le mappe che riproducono i dati vettoriali sono in 2D e quindi non consentono operazioni di ricerca, ad esempio, di oggetti intorno, sopra, sotto un determinato punto di indagine.

Interessante è la tesi proposta da A. BECK (*Intellectual excavation and dynamic information management systems*, in G. LOCK, K. BROWN (eds.), *On the Theory and Practice of Archaeological Computing*, Oxford 2000, Oxford University Committee for Archaeology Monograph, 51, 73-88) il quale sostiene che la scarsa diffusione di applicazioni a livello intra-site è attribuibile al fatto che l'introduzione dei GIS in archeologia è avvenuta in campo accademico dove era presente una maggiore attenzione alle problematiche della "landscape archaeology". Inoltre, prosegue Beck, la maggior parte dei moduli di analisi spaziale presenti nei GIS sono stati progettati ed implementati per gli studi regionali (in particolare per l'ambiente raster) e non si adattano – senza adeguamenti sostanziali – alle esigenze di indagine in spazi geografici ristretti. Mentre nell'"archeologia del paesaggio" i GIS hanno incrementato le ricerche di tipo territoriale, rappresentando uno strumento alternativo e meno costoso rispetto alle tradizionali metodologie di indagine, lo stesso ragionamento non può essere proposto per le ricerche sul campo poiché è indubbio che lo scavo archeologico non è sostituibile con il solo uso dei GIS (S. BISWELL *et al.*, *GIS and excavation: A cautionary tale from Shepton Mallet*,

*Somerset, England*, in G. LOCK, Z. STANČIČ, *Archaeology and Geographical Information Systems*, London 1995, Taylor & Francis, 269-285). Si può concordare allora con M. VALENTI (*La piattaforma GIS dello scavo. Filosofia di lavoro e provocazioni, modello dati e "soluzione GIS"*, «Archeologia e Calcolatori», 11, 2000, 95) che, ancora a proposito del numero ristretto di sperimentazioni relative all'«archeologia estensiva», ha affermato che i GIS di scavo si riferiscono ad «una realtà spaziale complessa e più problematica e di minore immediatezza nella sua riproduzione digitale».

Se l'infrastruttura dei GIS non è dipendente dalla scala, numerosi problemi, connessi alle funzionalità limitate dei software in commercio, causano ancora oggi uno scarso impiego dei GIS a livello intra-site. Una inversione di tendenza può comunque essere registrata negli ultimissimi anni grazie ad una crescente attenzione tra l'alta qualità di dati oggi acquisibili sul campo ed una metodologia di scavo innovata proprio dall'uso dei GIS. Secondo E.C. HARRIS (*GIS and future of archaeological recording*, in *Archäologie und Computer* 2001, Workshop 6, Wien 2002) i GIS "forzeranno" gli archeologi a riconoscere la posizione preminente delle superfici rispetto ai depositi nell'analisi stratigrafica e nella registrazione dei dati ed a realizzare di conseguenza piante e mappe realmente tridimensionali.

Rispetto alle applicazioni inter-site (locational analysis, modelli predittivi, ecc.) caratterizzate dalla sovrapposizione booleana delle carte tematiche (geologia, idrografia, geomorfologia, modello 3D, etc.) e dal computo della correlazione statistica tra le informazioni di tipo ambientale e/o sociale ed i siti, le soluzioni GIS per lo scavo risultano contrassegnate da un percorso critico e metodologico più profondo. La complessità e l'eterogeneità dei dati rinvenuti sul terreno rende meno immediata la scelta di un modello-dati in grado di tradurre, senza perdita di informazioni, l'organizzazione della documentazione e degli archivi grafici ed alfanumerici. A. BECK (cit., 74) ha giustamente osservato che l'implementazione di un GIS di scavo richiede un modello-dati georelazionale più complesso di quello delle ricerche territoriali: in questo senso la creazione di una soluzione per il cantiere archeologico diviene una "operazione costosa" sul piano delle risorse economiche ed intellettuali poiché la strutturazione e la formalizzazione delle informazioni vanno oltre le pratiche tradizionali di registrazione ed organizzazione dei dati. Di difficile soluzione appaiono i problemi connessi alla costruzione dei link tra banche-dati alfanumeriche ed archivi spaziali; analogamente non immediata è la scelta di una modalità di rappresentazione grafica della stratigrafia che sia in grado di evidenziare la distribuzione spaziale dei reperti e la successione degli strati; considerando la ristretta scala geografica e l'uso delle primitive geometriche (punti, linee ed aree) per la riproduzione vettoriale degli oggetti.

Basandosi su di un modello di rappresentazione che ha origine dalla trasformazione delle categorie dei GIS inter-site al caso del contesto urbano

intra-site, D. CONSTANTINIDIS (*Introspective sitescaping with GIS*, in Z. STANČIČ, T. VELJANOVSKI (eds.), *Computing Archaeology for Understanding the Past*, CAA2000, Oxford 2001, BAR International Series 931, 165-172; EAD., *Building, building on the wall. A Reflection of actual building dimensions*, in G. BURENHULT (ed.), *Archaeological Informatics: Pushing the Envelope*, CAA2001, Oxford 2002, BAR International Series 1016, 29-34) ha proposto un tipo di implementazione di GIS applicato alla mappatura del sito di Akrotiri (Thera) e finalizzato alla ricostruzione delle unità di misura che furono adoperate nell'architettura di tipo domestico.

Un incremento delle applicazioni intra-site sarà comunque in futuro determinato dalla diffusione – oramai sempre maggiore – degli strumenti per l'acquisizione diretta di dati digitale senza alcun intervento di trasformazione di supporti cartacei. Negli ultimi anni si è infatti registrata una integrazione di alto livello tra i GIS e le tecnologie per il rilievo digitale (stazione totale, GPS, fotogrammetria, riprese dal pallone o dall'aquilone, etc.) rendendo oramai superate le tradizionali metodologie di disegno e restituzione cartografica. Se da un lato lo sviluppo tecnologico ha reso i GIS intra-site uno strumento indirizzato ad una più efficiente e produttiva gestione dei dati spaziali soprattutto per quanto concerne le problematiche dell'analisi tridimensionale delle informazioni archeologiche, dall'altro proprio questo "salto" tecnologico ha reso problematica la scelta di una soluzione per il recupero della mappatura di scavi pregressi e della loro conversione in digitale. Ciò non solo per quanto riguarda la necessità di "fondere" in un unico strumento di lavoro dati multitemporali e multiscala, acquisiti cioè in tempi e scale diverse, ma anche per quanto concerne l'integrazione e la sovrapposizione di informazioni ottenute con tecniche differenti e quindi con diversa affidabilità, proiezione geografica e precisione topografica (il tema della georeferenziazione e del riposizionamento di vecchie mappe cartacee in un ambiente totalmente digitale è stato già in parte affrontato nella rassegna da me pubblicata in «Archeologia e Calcolatori», 12, 2001, 341-342).

Probabilmente la diffusione dei GIS di scavo in futuro sarà subordinata alla soluzione di alcuni punti nodali che sebbene siano connessi a questioni metodologiche di carattere generale, sembrano risolti concretamente e con buoni risultati soltanto in casi specifici. Se l'attività di scavo sarà caratterizzata sempre più dall'ampia disponibilità di dati digitali che aumenterà in modo esponenziale il lavoro di registrazione, occorrerà concentrarsi maggiormente sulla progettazione di un modello-dati adeguato alla realtà archeologica indagata, trovare una soluzione idonea per unire ed integrare archivi cartografici che includono vecchie e nuove indagini sul campo, ed infine sviluppare e combinare le funzioni proprie dei GIS con adeguate tecniche di analisi statistica.

Passando all'esame delle più recenti applicazioni sviluppate per l'ambito intra-site, dobbiamo innanzitutto osservare come il tema – almeno nei

contributi pubblicati nelle ultime tre edizioni delle conferenze internazionali della CAA e negli atti di due recenti convegni svolti in Italia (M. AZZARI (ed.), *Workshops. Beni Ambientali e Culturali e GIS*, «Geostorie, Bollettino e Notiziario del Centro Italiano per gli Studi Storico-Geografici», 10, 1-2, 2002) – riceveva ancora scarso interesse. Le soluzioni proposte per lo scavo possono essere suddivise in tre ambiti applicativi: la gestione degli archivi grafici e testuali dello scavo finalizzata ad una migliore conduzione del cantiere; la creazione di carte dell’impatto e del rischio archeologico destinate alla integrazione tra i dati archeologici e l’assetto urbanistico e territoriale moderno; ed infine l’utilizzazione di moduli di analisi spaziale per l’individuazione di pattern distributivi. Sebbene la divisione proposta risponda più a criteri di semplificazione nella esposizione che a reali e profonde diversità metodologiche, essendo le applicazioni intra-site, come già in precedenza sottolineato, in larga parte multifunzionali, l’implementazione delle differenti soluzioni riflette un modello-dati non “application-oriented” elaborato sulla base di specifiche esigenze di ricerca.

Il primo campo di sviluppo, connesso più direttamente al “quotidiano” della ricerca archeologica sul terreno, rientra nella tradizione delle applicazioni informatiche per la gestione dello scavo: si tratta di un settore in cui la presenza della tecnologia risponde in gran parte a logiche di razionalità, produttività ed efficienza nella gestione dell’organizzazione del lavoro di cantiere (sul tema: J. HUGGETT, *Computers and archaeological culture change*, in G. LOCK, K. BROWN (eds.) 2000, cit., 5-22); in tal caso i GIS possono essere inseriti all’interno di un più ampio sistema informativo finalizzato alla descrizione delle testimonianze archeologiche sia a livello storico che spaziale e interagire con dati testuali codificati (P. MOSCATI, *Progetto Caere: questioni di metodo e sperimentazione*, «Archeologia e Calcolatori», 12, 2001, 47-53). La più completa applicazione finora sperimentata e realizzata in Italia rimane quella messa a punto dall’équipe di R. Francovich e M. Valenti per i siti medievali (V. FRONZA, A. NARDINI, M. VALENTI, *An integrated Information System for archaeological data management: Latest developments*, in M. DOERR, A. SARRIS, *The Digital Heritage of Archaeology*, CAA2002, Athens 2003, Archive of Monuments and Publications-Hellenic Ministry of Culture, 147-153).

La produzione di carte del rischio o dell’impatto archeologico muove dallo stesso modello-dati del precedente gruppo di applicazioni differenziandosi per l’obiettivo che resta soprattutto indirizzato alla salvaguardia del patrimonio archeologico minacciato dalla pianificazione territoriale e urbanistica; numerosi esempi nascono dalla cooperazione tra le istituzioni di ricerca e territoriali allo scopo di definire le aree archeologiche da vincolare, proteggere e valorizzare (si vedano ad esempio il caso di Vienna: W. BÖRNER, *2000 years of town planning in Vienna*, in CAA2001, cit., 13-19; ed i contributi del volume: *Rischio Archeologico...*, cit.). La caratteristica principale di

queste soluzioni risiede nella sovrapposizione della base cartografica numerica moderna sulle testimonianze antiche.

Più complesso è l'ambito delle applicazioni in cui i GIS e le tecniche di statistica spaziale sono combinate al fine di produrre informazioni derivate. In particolare il GIS attraverso algoritmi per la visualizzazione in forma tridimensionale delle informazioni può restituire non solo la superficie, ma anche il volume e la sequenza stratigrafica dei livelli. Soluzioni di questo tipo, in cui risulta determinante l'acquisizione digitale dei dati, sono state sperimentate per complessi di epoca preistorica, caratterizzati dalla accumulazione di resti fossili, ossa e strumenti litici (J.D. NIGRO *et al.*, *The creation and potential applications of a 3-Dimensional GIS for the Early Hominin site of Swartkrans, South Africa*, in CAA2001, cit., 113-124) e per contesti urbani di epoca storica (S. LAURENZA, *Il GIS come Sistema Informativo per gestione dei dati di scavo di complessi monumentali di epoca storica*, in M. AZZARI 2002, cit., 19-21; S. LAURENZA, C. PUTZOLU, *From stratigraphic unit to the mouse: A GIS based system for the excavation of historical complex. The case study of Pompeii*, in CAA2001, cit., 93-103). Lo stretto legame tra tecnologie per l'acquisizione di dati cartografici numerici e sistemi di visualizzazione e manipolazione delle informazioni geografiche rende il GIS un sistema di gestione particolarmente utile per la visualizzazione dei dati a connotazione spaziale. In alcuni esempi la creazione di un GIS intra-site appare finalizzata alla elaborazione di modelli 3D che incrementano la lettura dei paesaggi urbani antichi oltre a permettere la produzione di carte derivate; il confronto tra il paesaggio antico e quello moderno permette inoltre di verificare i cambiamenti prodottisi nel tempo (S. PESCARIN, *GIS contribution to urban history and to reconstruction of ancient landscape*, in CAA2001, cit., 125-128).

La connessione tra la localizzazione spaziale dei rinvenimenti e lo studio analitico dei singoli reperti rende particolarmente vantaggiosa l'applicazione di sistemi GIS anche nell'indagine di complessi di artefatti. Nel corso dell'esame della paleosuperficie di un sito del paleolitico inferiore caratterizzata da un altissimo numero di manufatti e resti faunistici, il GIS si è dimostrato uno strumento essenziale per la creazione di piante di densità (A. D'ANDREA, R. GALLOTTI, M. PIPERNO, *Taphonomic interpretation of the developed Oldwan site of Garba IV (Melka Kunture, Ethiopia) through a GIS application*, «Antiquity», 76, 2002, 991-1001). Le funzioni topologiche proprie dei GIS hanno inoltre permesso l'estrapolazione delle coordinate spaziali di ogni singolo resto (x e y) e la creazione di sezioni archeologiche, riproducibili in qualsiasi zona e su qualsiasi estensione dell'area scavata.

Una particolare analisi spaziale è stata sperimentata adattando una funzione specifica delle indagini di tipo territoriale al caso urbano. Allo scopo di esplorare le potenziali implicazioni simboliche e religiose relative al tempio della Vigna Parrocchiale a Caere nel suo contesto, è stata calcolata la funzione

di intervisibilità tra il luogo di culto e la necropoli. In tal modo è stato possibile evidenziare come il tempio fosse stato edificato in una posizione visivamente dominante al centro del pianoro urbano (L. CECCARELLI, *Progetto Caere: Dallo scavo al territorio. Una soluzione per la distribuzione dei dati tramite un GIS on-line*, «Archeologia e Calcolatori», 12, 2001, 105-121). Ancora al livello tra l'applicazione inter- ed intra-site si può collocare l'implementazione di un algoritmo che consente di determinare l'orientamento di ciascun oggetto vettoriale riprodotto in una mappa. Testato su due aree urbane (Acerra e Cuma in Campania), l'algoritmo evidenzia ogni linea parallela o perpendicolare ad un dato orientamento. Ciò permette di verificare la presenza e/o persistenza di tracce antiche di urbanizzazione a partire da basi cartografiche vettoriali moderne quali i fotogrammetrici o i catastali (A. D'ANDREA, L. SAFFIOTTI, F. IACOTUCCI, *Analyzing an agrarian territory: A vectorial GIS for the detection of ancient cadastral divisions*, in CAA2002, cit., 37-42).

Non mancano infine soluzioni on-line che sfruttano Internet per la consultazione e l'interrogazione della base di dati alfanumerici e spaziali. Segnaliamo in particolare il progetto INTRASIS ([www.raa.se/uv/intrasis/eng/index.htm](http://www.raa.se/uv/intrasis/eng/index.htm)), messo a punto dall'Archaeological Excavations Department del National Heritage Board, ed il progetto CAERE ([www.progettocaere.rm.cnr.it](http://www.progettocaere.rm.cnr.it)), entrambi caratterizzati dall'obiettivo di costruire una applicazione che dal momento dell'inizio dello scavo alla sua pubblicazione finale sia in grado di assicurare una ampia (anche se in parte protetta) condivisione degli archivi a tutti i membri dell'équipe di ricerca.

Terminiamo questa rassegna sui GIS intra-site ricordando quanto ha affermato di recente E.C. HARRIS (in CAA2002, cit.) il quale, a proposito della diffusione di sistemi informativi per la gestione dello scavo archeologico, ha sostenuto che i GIS hanno il potenziale di cambiare completamente il modo con il quale i siti archeologici vengono analizzati e pubblicati. Se in futuro questo cambiamento si manifesterà, esso avrà luogo nel quadro di una più ampia e profonda riconsiderazione della metodologia di ricerca sul campo e non sarà soltanto il risultato della più ampia disponibilità e semplicità della tecnologia.

ANDREA D'ANDREA