

## Sommario

<b>Introduzione.....</b>	<b>2</b>
<b>GIS e Archeologia. ....</b>	<b>5</b>
<b>Storia del GIS in archeologia. ....</b>	<b>8</b>
<b>Il GIS archeologico. ....</b>	<b>10</b>
Il modello dei dati. ....	12
La qualità dei dati.....	14
Il DBMS.....	15
Il Data-Entry. ....	16
Una metodologia di progetto.....	16
Il software. ....	19
<b>Analisi Spaziale. ....</b>	<b>22</b>
Tecniche di analisi spaziale.....	24
Modelli predittivi. ....	26

## **Introduzione.**

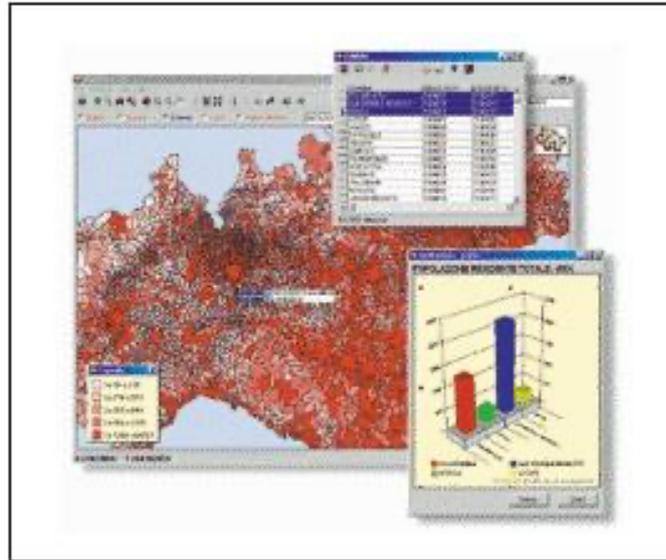
L'archeologia, quale disciplina spaziale, è sicuramente un ottimo contesto applicativo per un GIS. L'informatica, in generale, incide attivamente sulla ricerca archeologica offrendo soluzioni tecnologicamente avanzate per i problemi relativi alla gestione ed alla visualizzazione dei dati derivanti da uno scavo archeologico permettendo una gestione sistematica dei dati di scavo, grazie alla computer grafica, alle basi di dati, ambienti operativi ad hoc, analisi statistiche etc.

In generale, un GIS è un sistema informativo in grado di operare l'acquisizione, l'analisi e la rappresentazione integrata di dati e di informazioni di tipo geografico.

Spesso ci si riferisce ad esso come ad una tecnologia software che permette di posizionare ed analizzare oggetti presenti sulla terra ed eventi ad essi relativi. In questa ottica un GIS può essere visto come uno strumento per l'organizzazione e la memorizzazione di dati che permette di eseguire analisi "geografiche" integrando dati alfanumerici e dati cartografici. Un tale strumento permette di rispondere a due domande fondamentali nell'ambito della ricerca ed analisi geografiche: cosa c'è in una data locazione e dove si trova un dato oggetto.

Una definizione meno restrittiva di un GIS può considerarne sia le componenti che le funzioni. Un GIS operativo è un insieme formato da: hardware, software, persone, e dati geografici, la cui funzione è quella

di acquisire, memorizzare, manipolare, visualizzare, analizzare ed eventualmente aggiornare informazione georeferenziata.



*Una applicazione GIS*

I GIS si sono imposti, negli anni, quale strumento desktop nonostante permettessero di lavorare soltanto da una prospettiva 2D. Oggi la potenza di calcolo delle moderne CPU e delle schede grafiche in aggiunta alla disponibilità di enormi quantità di memoria anche sulle macchine di fascia medio bassa, ha permesso di compiere un ulteriore passo in avanti: la gestione dei dati in formato tridimensionale.

Una immagine 3D aggiunge una nuova dimensione ai dati: la profondità. La possibilità di creare modelli 3D dei dati permette una migliore analisi cognitiva da parte dell'uomo che, abituato ad una realtà tridimensionale, viene facilitato nella comprensione dei problemi e

nell'individuazione di pattern. Traggono vantaggio da ciò la gestione ed analisi dei dati sia per i GIS (archeologici) intra-sito che inter-sito e più in generale GIS verticali (dell'elevato o territorio costruito) e orizzontali (del territorio o paesaggio).

Alla gestione sistematica dei dati di scavo (archiviazione ed organizzazione dei dati secondo modelli prestabiliti) ed alla possibilità di analisi (spaziale e non), realizzabili da qualsiasi applicazione desktop va aggiunta la possibilità di diffusione dei dati per la consultazione attraverso il Web. Grazie alle moderne tecnologie non è più necessario attendere lunghi periodi per poter fruire dei risultati di una ricerca archeologica. In primo luogo perché la gestione sistematica dei dati di scavo permette una organizzazione ed un'archiviazione più veloci dei dati stessi garantendone anche l'integrità; in secondo luogo per via delle recente affermazione di piccole applicazioni (applet) e di servizi Web capaci di fornire le funzionalità standard dei software GIS desktop con in più la possibilità di aggiornamenti in tempo reale dei dati.

Negli ultimi anni si è assistito all'esplosione ed al consolidamento dei Web-GIS, ovvero software con funzionalità GIS realizzati per la rete e quindi in grado di sfruttare le peculiarità dei sistemi client/server, comprese accessibilità e fruibilità dei dati. Anche in questo ambito le più famose case produttrici di software GIS non si sono lasciate sorprendere ed hanno studiato soluzioni per la creazione di quelli che si possono definire Sistemi Informativi Geografici su Web. Oggi un utente qualsiasi può interrogare un database geografico attraverso il proprio browser senza la necessità che il database stesso e quindi i dati in esso

contenuti debbano essere presenti sulla propria macchina. In questo modo il dato archeologico non è più di interesse per una ristretta elite di utenti (archeologi) in un piccolo contesto ben definito (il sito archeologico), ma può evolversi e diventare di interesse comune (enti per il turismo, sovrintendenze culturali, utenti casuali) nell'ottica più ampia della gestione dei beni culturali di un intero paese.

## **GIS e Archeologia.**

GIS e archeologia, ovvero l'informatica applicata all'archeologia, è un connubio che ha registrato negli ultimi anni una forte espansione in relazione agli ambiti applicativi decretando un cambio radicale nelle consuete metodologie operative della figura dell'archeologo, in primis delegata al lavoro di raccolta sul campo di informazioni e analisi delle stesse, così come della creazione di modelli di simulazione o predittivi e della pubblicazione dei dati e dei risultati.

Il GIS risulta, quindi, un utile strumento di supporto metodologico sia per la semplice archiviazione topologica di dati georeferenziati, che per la realizzazione di analisi, anche complesse, di tipo spaziale; ad ogni modo uno strumento ormai indispensabile per una gestione sistematica di tutti i tipi di dato archeologico.

L'archeologia, al pari di numerose altre discipline, è stata dunque coinvolta nella recente quanto continua rivoluzione tecnologica. Il

perché di questo, riconosciuto da più parti, è dovuto alla intrinseca natura spaziale della disciplina stessa quanto in quella dei dati che essa tratta. Un GIS, da parte sua, permette di archiviare, elaborare e presentare tali informazioni di tipo spaziale con velocità ed efficienza impensabili fino a qualche decennio fa.

Al di là del suo significato antropico, il dato archeologico è un dato spaziale; termini quali sito archeologico e reperto archeologico, insieme ad attributi quali forma, dimensione, morfologia, richiamano essi stessi al concetto di spazialità. Già Clark nel 1977 definiva gli aspetti spaziali del dato archeologico su differenti livelli. Per esempio, ad un livello macro può essere osservata la distribuzione di culture preistoriche in una determinata regione; ad un livello più basso può essere osservata la distribuzione dei siti archeologici in una singola regione; ad un livello micro è possibile osservare la posizione di singoli artefatti all'interno del sito.

Diversi fattori hanno influenzato il successo dell'applicazione tecnologica: “riproducibilità dei dati e potenza di calcolo, archiviazione e organizzazione delle informazioni, creazione di modelli predittivi e simulazioni dinamiche”. [1]

Fondamentale a questo livello è la possibilità offerta dal GIS di proporsi quale strumento per la raccolta e la successiva consultazione dei dati nella loro interezza, lasciando da parte, almeno per il momento qualsiasi discorso relativo ad una analisi cognitiva dei dati stessi. E' qui che entrano in gioco le grandi potenzialità relative all'archiviazione ed alla organizzazione delle informazioni, quali risolutori, tra gli altri, di un

problema quanto mai sentito in un ambito di questo tipo, l'integrazione tra dati di tipo alfanumerico e immagini, siano esse in formato raster, vettoriale o addirittura in formati più idonei per la rappresentazione in tre dimensioni.

L'integrazione dei diversi dati comporta la possibilità di simulazioni digitali e la creazione di modelli predittivi ad esempio per l'identificazione di nuovi siti.

La potenza di calcolo di un comune pc o di una workstation ha permesso di effettuare, a partire dagli anni settanta, le più disparate analisi spaziali, ciò ha avuto come effetto collaterale inevitabile lo spostamento parziale del lavoro dal sito archeologico vero e proprio alla sua ricostruzione virtuale.

In ultima analisi, la riproducibilità dei dati e la creazione di modelli ha permesso di accelerare la pubblicazione di dati e risultati permettendone la fruizione in breve tempo, non solo quali semplici informazioni georeferenziate. Una elaborazione tradizionale dei dati, senza informatizzazione delle procedure, prevede necessariamente tempi molto lunghi per la pubblicazione dei dati con effetti oltre che sulla velocità anche sulla completezza ed integrità dei dati (uno strumento informatico permette di tenere sotto controllo questi aspetti con il minimo sforzo).

Non è più necessario, oggi, attendere anni per poter accedere ai risultati di una ricerca archeologica, in più, questi ultimi possono essere resi disponibili ad un costo decisamente inferiore rispetto al passato, basti pensare ai WebGIS. Un WebGIS è la realizzazione di un software GIS

su una rete che può essere locale o estesa quanto si vuole, si pensi ad internet. La natura di software per il Web permette di sfruttare le peculiarità standard dei sistemi di tipo client/server. Negli ultimi anni si è assistito alla nascita di veri e propri servizi web in ambito GIS e di piccole applicazioni, quali applet, in grado di fornire le funzionalità standard di un software GIS tradizionale.

La natura client/server dell'applicazione permette di gestire attraverso il server i dati archeologici e di rendere gli aggiornamenti in tempo reale ai fruitori anche con opportune presentazioni.

### ***Storia del GIS in archeologia.***

E' opinione diffusa che l'applicazione del GIS e più in generale di strumenti informatici all'archeologia sia dovuta, almeno in fase iniziale, alle potenzialità offerte dai computer nella realizzazione di analisi e modelli predittivi per la scoperta di nuovi siti, in base ad analisi statistiche del territorio e delle sue componenti geografiche, per la ricerca ed il relazionamento di caratteristiche comuni indicative circa la presenza di nuovi siti archeologici.

Sebbene ad un maggiore approfondimento possa risultare una differenza sia per quanto riguarda i tempi che per diverse metodologie tra l'area americana e quella europea, si può affermare che l'inizio di un utilizzo sistematico dell'informatica a supporto dell'archeologia si è avuto con l'avvento dei personal computer negli anni ottanta.

La nascita dei DBMS relazionali e la continua evoluzione della tecnologia a supporto delle immagini ha reso possibile al giorno d'oggi soluzioni d'avanguardia quale la navigazione in tre dimensioni di un sito archeologico.

Ma il decennio precedente gli anni ottanta non è stato avaro di progetti interessanti, sebbene ci fosse una mancanza di veri e propri modelli dei dati e più in generale di standard universalmente riconosciuti. Non possiamo parlare, in questo periodo, di GIS come lo intendiamo oggi. Un esempio su tutti è il sistema SYMAP (1975). Si tratta più che altro di applicazioni per analisi statistiche per la generazione di modelli di superficie e per l'analisi della distribuzione dei reperti, in realtà una applicazione della trend-surface-analisy all'archeologia.

Negli anni lo sviluppo di software applicativo nell'ambito GIS è stato notevole, a prodotti commerciali, anche a costi contenuti, quali ARC/INFO, MOSS, IDRISI si sono aggiunti software gratuiti tra i quali GRASS.

Da menzionare, nella realtà italiana, il progetto Aladino che, nato alla fine degli anni ottanta per la gestione e l'elaborazione dei dati relativi agli scavi di Castelraimondo (Friuli), è stato uno dei primi sistemi a relazionare informazione alfanumerica e immagini (Unità stratigrafica – scheda informativa).

A tutto ciò va aggiunta la possibilità di partecipare a conferenze internazionali e workshop.

Ancora in Italia, tra i numerosi progetti interdisciplinari (Pompei, Poggibonsi, Magliano Sabina, etc.) sono di notevole importanza, anche

se inquadrati nel più ampio contesto dei beni culturali, alcuni SIT realizzati per volere del Ministero per i Beni Culturali ed Ambientali. Il SIT Ambientale e Paesaggistico con informazioni relative alle aree di interesse a tutela paesaggistica ed il sistema Carta di Rischio con informazioni relative ai beni facenti parti del patrimonio culturale soggetti a rischio.

### ***Il GIS archeologico.***

Diverse tipologie di GIS interessano il contesto informativo archeologico, una prima distinzione riguarda il GIS inter-sito o territoriale ed il GIS intra-sito. La scelta dell'una rispetto all'altra dipende da scelte progettuali, obiettivi preposti e dati a disposizione e non per ultimo dall'utenza a cui è rivolta.

“Si definiscono GIS territoriali i GIS progettati e applicati al paesaggio archeologico nel suo contesto, cioè all'investigazione del territorio e dei sistemi insediativi”. [1]

Un sistema di questo tipo si propone di individuare i mutamenti intervenuti durante un determinato periodo di tempo nel paesaggio attraverso la sua evoluzione diacronica. L'analisi dei dati viene effettuata utilizzando una macro scala.

Il Gis intra-sito si occupa di analisi in un ambiente meno dispersivo ma più dettagliato, utilizzando per l'analisi dati la micro scala. Il GIS di scavo è un GIS intra-sito, si tratta di “sistemi informativi dedicati ai dati

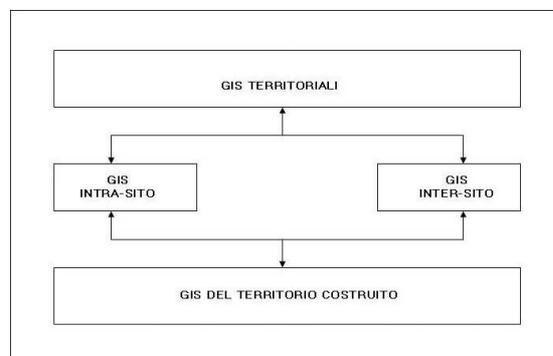
di scavo e alle ricerche di tipo intra-sito, nell'ambito di un contesto archeologico più dettagliato". [1]

Un contesto informativo così dettagliato giustifica da un lato la modifica sostanziale quanto ormai assorbita delle attività dell'archeologo sul campo (esplorazione ed acquisizione di informazione) guidate dalla necessità della informatizzazione delle procedure, dall'altro l'indiscutibile necessità della creazione di database e data-entry per preservare la consistente mole di dati (complessi e disomogenei) che deriva da una indagine (stratigrafica) dello scavo, conseguenza diretta dell'uso di una micro scala in un ambiente di dimensioni ridotte ma quanto mai dettagliato.

Una ulteriore suddivisione riguarda i GIS verticali e quelli orizzontali.

"... si definisce un GIS verticale un sistema informativo spaziale dedicato specificatamente allo studio dell'elevato (territorio costruito) e un GIS orizzontale, un sistema orientato prevalentemente all'analisi e rappresentazione del territorio e del paesaggio". [1]

Le due tipologie differiscono in modo sostanziale per l'analisi, effettuata in micro contesti (verticale) e macro contesti (orizzontale).



*Relazioni tra le diverse tipologie di GIS archeologico*

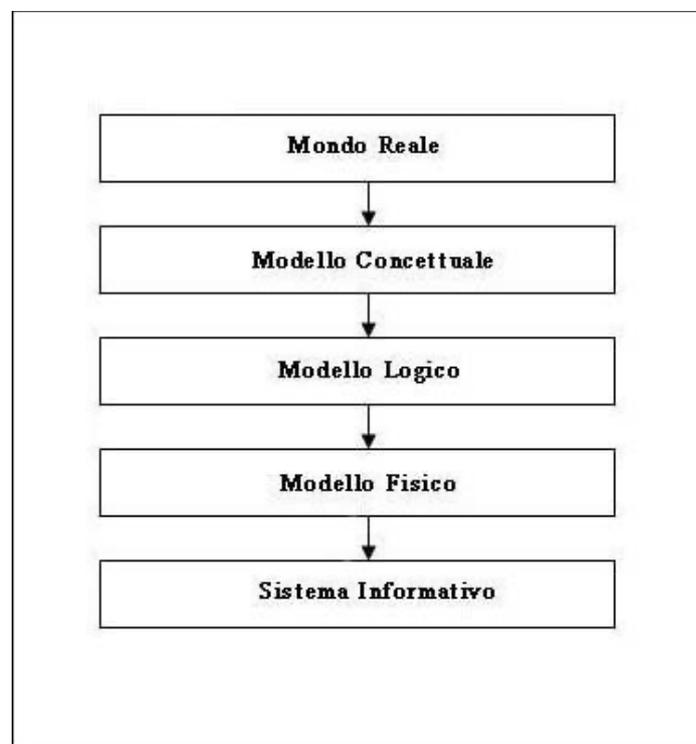
Con la realizzazione ed il successivo utilizzo di un GIS archeologico il dato archeologico, da semplice contenitore di informazione antropica diventa elemento cardine interattivo per operazioni che vanno dalla semplice visualizzazione, a interrogazioni spaziali, in questo ambito è possibile elencare una serie di punti da seguire nella realizzazione di uno strumento valido.

Un GIS è pur sempre un sistema informativo, come tale il suo successo è determinato dalla quantità e dalla qualità dei dati a sua disposizione. Tali dati dovranno essere organizzati e gestiti all'interno di un apposito modello.

## Il modello dei dati.

Una volta sicuri di avere a disposizione tutta l'informazione (alfanumerica e grafica) di cui si necessita e che questa si trovi nel formato corretto "per archiviare, rappresentare, gestire ed analizzare le informazioni spaziali mediante un sistema di informazione geografica è indispensabile utilizzare un modello dati che sia abbastanza ampio da accogliere al suo interno tutti gli oggetti che esistono nel mondo fisico", l'indagine stratigrafica comporta l'acquisizione di una grossa mole di dati, "... Il principio corretto di impostazione è quello di costruire un'impalcatura tenendo conto delle caratteristiche intrinseche del dato (coerenza tipologica e identità geometrica) e non del significato ad esso attribuito a seguito di interpretazioni soggettive". [2]

Non c'è dubbio che il modello dei dati prescelto debba attenersi strettamente al caso di studio, individuando insiemi di entità rilevanti e relazioni utili al fine dello studio dei fenomeni "...i modelli sono progettati per evidenziare solo determinati aspetti della realtà, quelli utili alle nostre analisi" [3] (modelli differenti possono rappresentare un oggetto o fenomeno in modo differente). Tale modello deve prevedere un adeguato supporto a tutti gli eventuali tipi di dati da gestire, ma non è da tralasciare la possibilità di esportare il modello a casi di studio simili fino ad elevarlo a standard valido per diversi contesti informativi. Nella costruzione di un sistema informativo a partire dallo studio del mondo reale è possibile definire tre diversi modelli dei dati: concettuale, logico e fisico, a livelli diversi di astrazione.



*Modelli di dati*

## La qualità dei dati.

Si è già discusso circa la natura dell'applicazione GIS quale Sistema Informativo e sulla necessità di porre attenzione alla qualità dei dati oltre che alla quantità, inoltre "ogni oggetto del mondo reale rappresentabile in forma digitale può essere osservato in tre diversi modi: geografico (rispetto a posizione e forma), tematico (descrizione mediante attributi di un oggetto o fenomeno rilevante), temporale (intervallo di tempo durante il quale un oggetto o fenomeno esiste)", e "per poter analizzare insieme dati derivati da differenti fonti è però necessario che siano nella stessa proiezione, nello stesso sistema di coordinate ed anche di una qualità compatibile". [3]

Una applicazione GIS nasce quale strumento di supporto alle decisioni e non solo quale strumento di semplice visualizzazione, per tale motivo il controllo della qualità riveste particolare importanza. "La qualità viene espressa da tre componenti principali: la genealogia, l'usabilità ed i parametri di qualità" [3], con il termine genealogia ci si riferisce alla storia del dato (acquisizione e successive elaborazioni); con il termine usabilità ci si riferisce all'uso che viene fatto dei singoli dati e alla rilevazione di problemi o limitazioni rilevati in relazione all'utilizzo del dato in un determinato contesto; infine la qualità dei dati può essere definita attraverso l'uso di sei parametri (indicatori di qualità e misure): "accuratezza posizionale, accuratezza tematica, accuratezza temporale, congruenza logica e completezza". [3]

## Il DBMS.

Per la creazione di un database di scavo, è possibile scegliere una architettura di tipo relazionale, per la quale una scelta quanto mai scontata è quella dell'associazione chiave primaria – unità stratigrafica per ogni record (l'approccio stratigrafico è oggi universalmente riconosciuto quale migliore approccio possibile all'analisi dei resti di un sito archeologico).

Astraendo, per un momento, da concetti così specifici è possibile considerare che la scelta di un DBMS piuttosto che un altro, così come la conversione dall'uno all'altro in un secondo momento, non dovrebbe portare a sconvolgimenti di fatto nell'applicazione a patto che l'iter modello concettuale, modello logico, modello fisico rimanga invariato.

Da considerare anche la possibilità di scelta tra soluzioni proprietarie ed open source.

Un DBMS risolve il problema della gestione dei dati archeologici, in relazione a diversi fattori tra i quali: integrità, sicurezza, accessi e aggiornamenti, tramite un controllo centralizzato.

Non sono assolutamente efficienti soluzioni quali: la duplicazione dei dati per ogni singolo utente, ciò creerebbe problemi con gli aggiornamenti che dovrebbero essere allineati; la divisione dei dati per singole aree di interesse, ciò implicherebbe analisi spaziali limitate alle suddette zone.

L'indipendenza dei dati e più in generale del modello permette la migrazione verso un software applicativo diverso conservando intatta la struttura del database.

## Il Data-Entry.

Dopo la creazione del database è utile specificare uno o più data-entry, ossia una serie di semplici interfacce, realizzate in qualsiasi linguaggio di programmazione, che permetta l'immissione dei dati nel database stesso. Il vantaggio di usare un tale strumento risiede nell'interfaccia di tipo amichevole che dovrebbe rendere l'immissione dei dati una semplice operazione anche ad un utente che non ha dimestichezza con strumenti di tipo informatico garantendo completezza ed integrità dei dati.

## Una metodologia di progetto.

Una utile serie di linee guida nella costruzione di una banca dati per un progetto reale può essere la seguente: [4]

- a) codifica delle informazioni e strutturazione dell'archivio alfanumerico attraverso la creazione di più database;
- b) elaborazione di vocabolari ed algoritmi di controllo per guidare il data-entry;

- c) trasformazione delle planimetrie catastali e/o aereo fotogrammetriche e delle singole piante di strato in forma vettoriale, secondo livelli distinti per US;
- d) georeferenziazione della cartografia digitale realizzata ed attribuzione di un codice numerico agli oggetti grafici che definiscono le singole unità;
- e) integrazione delle informazioni alfanumeriche e dei dati grafici mediante un motore GIS, di tipo vettoriale;
- f) ricostruzione del deposito stratigrafico e delle strutture murarie in 3D, con possibilità di analisi spaziali e queries.

Alla codifica dei dati nel formato corretto e alla strutturazione degli archivi segue la creazione di vocabolari e di piccoli script di controllo e di aiuto per l'immissione dei dati attraverso il data-entry. Il passo successivo riguarda la digitalizzazione della cartografia, foto aeree, tematismi cartografici, etc. Una volta evidenziate le aree di scavo fino alle singole unità stratigrafica si procede con l'attribuzione di codici numerici o alfanumerici alle singole unità in modo da realizzare una corrispondenza con i dati del database. Ad un poligono chiuso che rappresenta una unità stratigrafica sarà assegnato un codice che corrisponde alla chiave primaria di un record in qualche tabella. La digitalizzazione può avvenire con il supporto di un qualsiasi software professionale (Autocad, 3dMax, etc.) che permetta l'esportazione dei formati verso il software GIS utilizzato.

Alcuni ritengono non indispensabile un modello in tre dimensioni dello scavo, su tale punto influisce in primo luogo la capacità del software che gestisce il 3D di effettuare analisi spaziali.

“...un modello tridimensionale dello scavo non sia fondamentale e necessario, poiché il maggiore apporto del GIS di scavo alla conoscenza risiede, come già anticipato, soprattutto nelle analisi: un 3D con tale finalità non credo sia ancora tecnologicamente possibile”. [5]

Segue un parziale del lavoro svolto nell'area archeologica di Pompei, in una zona limitata alla Casa della Pescatrice (VII,9,63-64) “L'acquisizione dei dati per la realizzazione dei modelli 3D di strati e strutture murarie è stata realizzata utilizzando una stazione totale elettronica – per il rilievo dei punti di controllo, dei limiti e dei punti interni di ogni US - e una fotocamera digitale – per l'acquisizione di una visione zenitale da utilizzare come texture -. La fase di post processing si basa quindi su due formati di dati: files .dxf in uscita dalla stazione totale e immagini digitali. Sono stati rilevati soltanto il contorno e la superficie di ogni Unità Stratigrafica, definendo così il volume di ciascuna US come lo spazio compreso tra la propria superficie e la superficie di quella/e sottostante/i”. [6]

Un ulteriore parametro da tenere in considerazione deriva dal fatto che i GIS tridimensionali si suddividono in sistemi 2-1/2D e sistemi 3D.

Come primo esempio possiamo citare il modello layer-topography dove una griglia raster rappresenta una superficie fisica. L'attributo contenuto all'interno di una cella rappresenta l'altezza della superficie nella posizione corrispondente.

Tale modello non è utilizzabile se vi è la necessità di descrivere strutture 3D complesse. Nel progetto presentato è stata valutata ed attuata la possibilità di utilizzare il linguaggio VRML per la rappresentazione dello scavo in tre dimensioni.

## Il software.

Il software rappresenta il motore del GIS di scavo, la sua scelta è fondamentale, ma una buona organizzazione dei dati attraverso un modello funzionale che corrisponda alle esigenze permetterà di rendere tale scelta indipendente dai dati stessi.

Se il progetto è delegato all'esterno, la scelta del software è anch'essa esterna; il problema in questo caso è la possibile mancanza di una adeguata comunicazione o conoscenza che influenzerà negativamente il prodotto finale che potrebbe non rispondere del tutto alle esigenze. “Nella ricerca archeologica invece accade più spesso di dover impostare e far funzionare il GIS basandosi su di una realtà che proprio nello stesso momento è in via di scoperta. Ciò porta a due differenti effetti: da un lato il sistema sarà tanto più idoneo a funzionare efficacemente quanto maggiore sarà l'interazione tra chi lo progetta e chi ne procura i dati, e dall'altro che l'intera architettura del sistema dovrà essere adattata agli scopi del progetto ed ai dati che per esso sarà possibile procurare. Dunque strettissima relazione tra informatici ed archeologi, o addirittura identità tra essi, ed impossibilità di standardizzazione

nell'architettura del sistema, che dovrà essere adattato, se non riprogettato, con il nascere di ogni nuovo progetto". [7]

In caso contrario alcuni fattori che possono influenzare la scelta sono: il prezzo, la reperibilità sul mercato, l'idoneità del software a trattare i dati a disposizione, le potenzialità di analisi, l'hardware necessario e così via.

Un fattore molto importante è avere una soluzione pronta; un archeologo troverebbe di sicuro migliore la scelta di un pacchetto completo già in grado di rispondere alle richieste invece di adottare una soluzione che richiede approfondimenti e sviluppi successivi per essere adattata alle esigenze.

Un software GIS molto diffuso in Italia è ArcView.

“ArcView GIS é uno strumento potente e semplice da usare che consente di accedere dalla propria scrivania alle informazioni geografiche e di organizzare geograficamente i propri dati. Ciascun utente ha così la possibilità di visualizzare, esplorare, interrogare e analizzare i dati spazialmente. ArcView GIS può essere utilizzato da chiunque voglia elaborare geograficamente dati spaziali...”. [8]

I vantaggi derivanti dall'uso di tale software sono tra gli altri: una interfaccia intuitiva e facilmente personalizzabile, una finestra di lavoro dalla quale è possibile mantenere sotto controllo tutti i dati (viste, tabelle, tematismi etc.) inerenti al progetto; la possibilità di elaborare i dati condividendoli in una rete locale; la possibilità di interagire con strumenti tradizionali quali fogli di calcolo o elaboratori di testo; il collegamento e l'interazione con database relazionali (le interrogazioni

vengono eseguite dal GIS stesso); la possibilità di personalizzazioni grazie alla disponibilità di un linguaggio di programmazione object-oriented (Avenue).

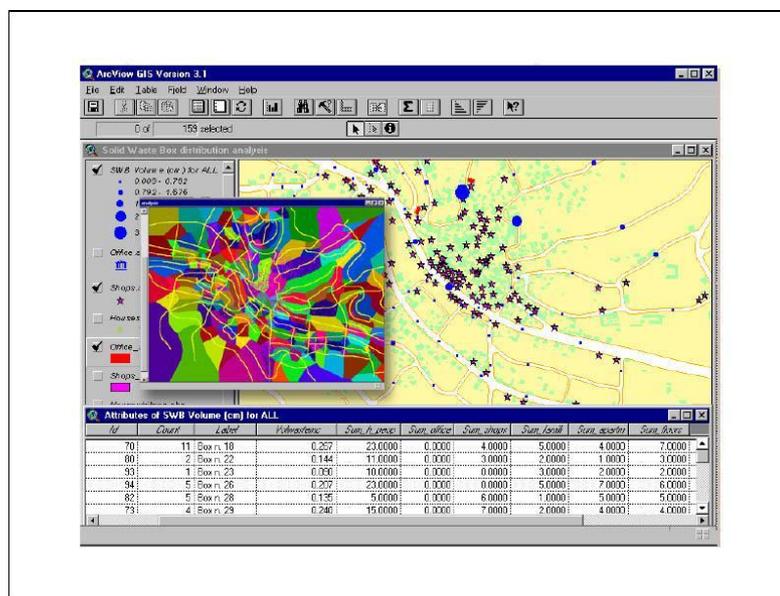
La necessità di dover implementare nuove funzionalità con un linguaggio di programmazione può essere considerato un aspetto negativo limitativo delle funzionalità, la versione base di ArcView consente solo operazioni basilari.

Nel modulo base sono previste un buon numero di estensioni tra le quali: CAD Reader per la lettura dei dati in formato CAD (DXF, DWG, DGN); Jpeg (jfif) Image Support, per la lettura del formato raster Jpeg; Dialog Designer per la creazione di "form" personalizzate; Geoprocessing per analisi spaziale avanzata; Spatial Analyst, per l'analisi di dati raster; 3D Analyst, per l'analisi di dati tridimensionali.

Una soluzione alternativa, valutata e attuata nel progetto presentato in una ottica 'open source', è la realizzazione di un software GIS con un linguaggio di programmazione quale Java. Alle potenzialità note di un tale linguaggio si aggiunge in questo ambito la possibilità di importare files in formato WRL (VRML) e di gestire attraverso l'utilizzo di apposite librerie software l'universo 3D relativo allo scavo e la connessione ad un DBMS di tipo relazionale.

Il limite da superare, che la scelta ricada su un software commerciale o meno, risiede nella possibilità di effettuare un set limitato di operazioni. Se da un lato sono possibili la navigazione del sito archeologico (con operazioni di traslazione, rotazione, zoom) e la visualizzazione di dati

contenuti nel database sottostante (anche combinata mediante le relazioni tabellari), dall'altro deve essere possibile sfruttare a pieno lo potenza di elaborazione delle moderne tecnologie attraverso la possibilità di effettuare analisi spaziali (i cui algoritmi possono essere complicati da implementare) che permettano di produrre nuova informazione a partire da quella esistente.



*Pianificazione territoriale con ArcView GIS 3.1*

## ***Analisi Spaziale.***

“Le elaborazioni spaziali sono tecniche di simulazione finalizzate a classificare, rappresentare e interpretare il paesaggio archeologico, in micro o macro scala, sulla base delle relazioni spaziali e diacroniche che intercorrono fra elementi antropici, naturali, ambientali e, in parte,

secondo fattori socio-politici. Fra le tante potenzialità dell'analisi spaziale, si studiano in particolare la distribuzione dei siti archeologici, la relativa scelta strategica e morfologica, le gerarchie spaziali, le percorrenze, le frontiere, gli elementi marcatori del territorio, la visibilità, la percezione, le mappe mentali, i modelli predittivi e quant'altro attiene allo studio del territorio antico come contesto spaziale". [1]

I primi studi per l'applicazione di tecniche di analisi spaziale risalgono agli anni sessanta e settanta; di questo periodo esistono un buon numero di pubblicazioni e documenti circa l'applicazione di tali tecniche a casi concreti. Tra le opere più interessanti da citare: *Analytical Archaeology* di David L. Clarke, il quale già alla fine degli anni sessanta "costituisce un modello dei processi archeologici, basato sul principio che le entità archeologiche, a diversi livelli, cambino come sistemi dinamici, collegati ai sistemi ambientali e socioculturali". [9]

La possibilità di effettuare analisi spaziale, oltre a semplici interrogazioni, differenzia un GIS, in questo caso archeologico, da qualsiasi altro software che permetta di lavorare con dati geografici; e' la struttura topologica che tramite l'associazione di entità georiferite e attributi contenuti nei database permette di effettuare analisi spaziali.

Il GIS "classico" permette attraverso operazioni quali: aggregazione, selezione, buffer, overlay etc. (dipende dal software utilizzato), di estrarre informazione dai dati e di creare nuova informazione a partire da quella a disposizione. Dal canto suo la natura spaziale dell'archeologia, di cui si è già discusso precedentemente, permette di

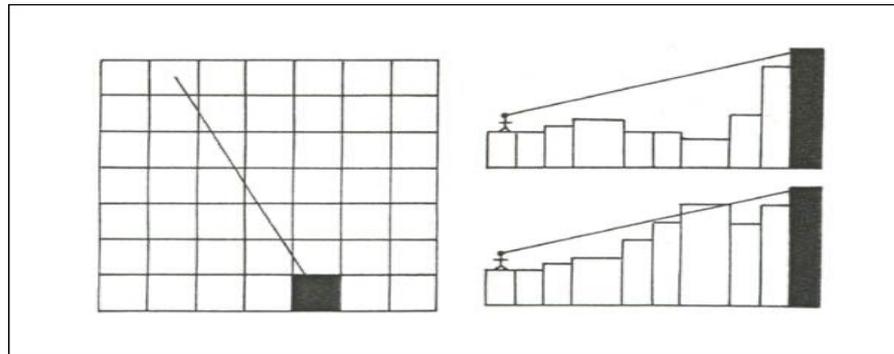
“trarre il massimo profitto da analisi effettuate nello spazio, perché in questo modo è possibile creare modelli di studio ‘a posteriori’, a valle cioè del lavoro svolto sul campo e nella raccolta dati”. [1]

La ricerca di relazioni tra i dati o pattern può talvolta trarre in inganno l’occhio umano. Un pattern poco “marcato” può non essere riconosciuto oppure potrebbe essere riconosciuto come pattern qualcosa che non lo è affatto. A questo proposito K.L. Kvamme [10] suggerisce l’uso di test statistici e indici quantitativi per misurare la forza di una relazione quando si è interessati non al pattern in se, ma alla sua forza.

### Tecniche di analisi spaziale.

L’analisi di visibilità o viewshed analysis, è una tecnica che permette lo studio del paesaggio e della relazione tra i siti in esso attraverso lo studio del campo di visibilità.

Un software GIS che prevede l’applicazione di tale tecnica consente di posizionare un punto virtuale di osservazione e di generare una vista che contiene tutto ciò che è visibile da quel punto (prendendo in considerazione il DEM del territorio ma anche aspetti tra i quali visibilità reciproca tra punti diversi o eventi ciclici che mutano il paesaggio).



*“Schema che riproduce il calcolo dell’orizzonte visivo: una linea viene interpolata tra due celle del modello digitale del terreno (a sinistra).*

*Se le due altezze dei punti attraversati dalla linea non si interpongono, avremo un campo Visivo (in alto a destra), al contrario non avremo alcun orizzonte di visibilità.” [1]*

L’analisi del movimento contempla lo studio dei parametri che incidono sullo spostamento umano in un dato paesaggio. Un software GIS dovrebbe consentire tale studio attraverso la sovrapposizione di diversi tematismi, la possibilità di visualizzare informazione attraverso più variabili spaziali rende possibile la scoperta di associazioni e relazioni tra i dati.

L’analisi dei costi di percorrenza e delle distanze contempla tra le altre cose lo studio delle distanze tra siti o oggetti spaziali georeferenziati nel territorio.

L’analisi quantitativa locale o quantitative locational analysis viene introdotta come supporto ad un approccio visuale. “Il problema è di accertare se esistono relazioni (locational) tra distribuzioni archeologiche e caratteristiche dell’ambiente fisico di una regione. In altre parole noi vogliamo determinare se un insediamento o altro sito archeologico tende a mostrare una preferenza (locational) per suoli,

elevazioni, paramonture direzionali e contesti specifici, per la prossimità a varie risorse come l'acqua o simili". [10] Uno studio con tale approccio è stato portato a termine con successo presso Marana in Arizona in una zona preistorica riguardante un complesso agricolo Hohokam contenente numerosi oggetti e strumenti per la pratica dell'agricoltura.

Da citare anche l'analisi del bacino di cattura o site catchment analysis, l'analisi della tendenza di superficie o trend surface analysis.

Le suddette tecniche di analisi permettono ad un software GIS di diventare un ottimo strumento di supporto alle decisioni.

## Modelli predittivi.

Un modello predittivo utilizza tecniche di tipo statistico per indagare un determinato territorio alla ricerca di siti archeologici non ancora noti. In primo luogo si è interessati a determinare una posizione geografica precisa e l'estensione o superficie occupata dal sito. I fattori che entrano in gioco in una analisi di questo tipo sono molteplici, dall'analisi della morfologia del paesaggio ai contesti sociali in esso presenti in passato, fino all'applicazione dei risultati dello studio dei siti noti (relazioni tra siti e fattori che hanno determinato un certo insediamento) come strumento di predizione per i nuovi siti.

Sono previsti, attualmente, due tipi di modellazione, quella induttiva e quella predittiva. "Nell'approccio induttivo il modello viene costruito in base alla correlazione fra siti archeologici noti e caratteristiche

dell'attuale paesaggio fisico. In base a questa correlazione, di cui si presume una casualità, il modello viene successivamente utilizzato per predire la localizzazione di siti archeologici sconosciuti... Nell'approccio deduttivo, che è utilizzato molto più raramente, il modello è costruito in base a una conoscenza a priori (sociale, storica, archeologica, antropologica), quindi i siti archeologici noti sono poi utilizzati per calcolare il modello. Quindi il modello deduttivo contempla una conoscenza teorica del problema e di qui tenta di trarre una serie di regole logiche di distribuzione degli insediamenti rispetto anche all'uso del suolo". [1]

## Riferimenti

- [1] - Maurizio Forte, I Sistemi Informativi Geografici in Archeologia – Mondo GIS.
- [2] - Alessandra Nardini, Il modello dati nell'applicazione GIS dello scavo (l'esperienza senese). Workshop Siena, 9 giugno 2001.
- [3] Giovanni Biallo, Introduzione ai Sistemi Informativi Geografici – Mondo GIS.
- [4] - Laurenza, Putzolu - Progetto per l'Università "La Sapienza", 2001. (Pompei, Veio, Palatino)
- [5] - Marco Valenti – Introduzione ai temi del workshop – Siena, 9 giugno 2001.
- [6] - P.Carafa, S. Laurenza – Sistema informativo multidinamico per la gestione e l'analisi dei dati archeologici – Workshop Siena, 9 giugno 2001.
- [7] - Alberto Monti – Frassinoro – Riccovolto Vecchio: un GIS tridimensionale dal sito al territorio - Workshop Siena, 9 giugno 2001.
- [8] <http://www.gisitalia.it/prodotti/arcview>
- [9] Guidi, 1988 – pag. 174, 175.
- [10] K.L. Kvamme, Sistemi Informativi Geografici in Archeologia: GIS-Internet – Edizioni Il Giglio - a cura di Antonio Gottarelli.