

Archeologia e Calcolatori  
14, 2003, 137-151

## SPATIAL ANALYSIS UTILITIES (SAU). UNO STRUMENTO PER LO STUDIO QUANTITATIVO DEI SISTEMI DI DISTRIBUZIONE SPAZIALE

### 1. INTRODUZIONE

Non è consuetudine degli archeologi sviluppare soluzioni software per le proprie ricerche. A causa della scarsità sia del numero che delle potenzialità dei software commerciali, esperimenti e tentativi di costruzione di programmi esclusivi per l'archeologo erano più frequenti negli anni Ottanta o agli inizi degli anni Novanta (DE GUIO 1991). Con la proliferazione del software commerciale, e soprattutto grazie all'irrobustimento e incremento degli algoritmi, l'archeologo si è sempre più frequentemente affidato a strumenti già predisposti, capaci di supplire alle sue necessità informatiche, sia per l'illustrazione dei risultati – in campo editoriale e multimediale (DALLAS 1993; RUVO 1995) – che per l'analisi e la quantificazione dei dati.

Indubbiamente, lo sviluppo di applicazioni in campo archeologico è deficitario se confrontato con quello di altre discipline scientifiche. Di fatto, oggi, il concetto di scoperta scientifica è profondamente legato alla crescita e allo sviluppo di software specifici. Astronomia, zoologia, ingegneria, biologia, ecologia o meteorologia soffrirebbero un improvviso arresto se si fermasse lo sviluppo dei loro propri algoritmi. Questo è il motivo della crescita progressiva e costante delle applicazioni in tali settori della conoscenza. Le grandi scoperte scientifiche dei nostri giorni sono realizzabili attraverso la messa a punto di applicazioni d'analisi sempre più sofisticate. Solo grazie ad algoritmi man mano più complessi è possibile entrare nei meandri e nelle pieghe sempre più profonde della complessità.

All'interno della comunità archeologica è stato spesso alimentato il mito del software commerciale come possibile rimedio a qualunque problematica scientifica od ostacolo metodologico incontrati dal ricercatore. Ed è interessante notare come, sotto questo paradigma, l'immaginazione e la creatività archeologica non riescano a varcare i limiti dello sviluppatore commerciale. La realtà è invece un'altra: non esiste software commerciale al mondo capace di supplire per intero alle esigenze specifiche di un ricercatore. L'assenza o la scarsità di un software portano ad affermare che quello che c'è già sul mercato possa effettivamente supplire alle necessità della disciplina archeologica. Neppure gli enormi pacchetti commerciali di tipo scientifico, come ad esempio SPSS o ArcInfo, caratterizzati da un'enorme mole di comandi, garantiscono una copertura totale di funzioni per il ricercatore. Lo sanno bene i loro sviluppatori che hanno incluso le possibilità di costruire macro interne per la compilazione di nuove funzioni. La ragione

per la quale un ricercatore non può fare pieno affidamento sul software commerciale è il fatto che neppure lui sa esattamente quali saranno le sue esigenze di domani; figurarsi se le può conoscere uno sviluppatore commerciale.

La difficoltà per l'archeologo di programmare non dipende solo dal suo tipo di formazione scientifica. Di fatto, la programmazione richiede conoscenze matematico-formali non indifferenti; e quello che all'interno della nostra disciplina viene considerato come particolare o fuori dai canoni (come appunto lo sviluppo di un software specifico) diviene normale e all'ordine del giorno in altre scienze per le quali ogni settore della ricerca deve assumersi tutti gli oneri che la ricerca in quel settore comporta.

Purtroppo, nel caso della ricerca archeologica, un tema parallelo al precedente è quello relativo alla scarsa diffusione delle applicazioni che vengono sviluppate dall'archeologo. Naturalmente tale fatto va ad aggravare la situazione prima descritta. Non solamente rare sono le applicazioni a disposizione dell'archeologo ma quelle poche applicazioni specifiche non circolano all'interno della comunità archeologica. Fatto preoccupante visto che è segno dell'assenza di dialogo fra i ricercatori; dialogo necessario per il progresso e lo sviluppo delle applicazioni stesse. L'unica possibilità di crescita e maturazione di un'applicazione è quella di circolare a qualunque costo (per lo sviluppatore, s'intende). Di fatto, anche a livello commerciale, sono solo i programmi che raggiungono un ampio livello di diffusione a riuscire ad affermarsi sul mercato. Ogni strumento scientifico genera attorno a sé un linguaggio, che rappresenta una delle condizioni essenziali per rendere utile lo strumento stesso. Ma l'esistenza medesima di questo linguaggio va di pari passo con la crescita della comunità che ne fa uso. Anche se può essere un ricercatore a dar vita ad un'applicazione, è solo la comunità a poter farla crescere; di fatto, un'applicazione non può avere vita in assenza di un gruppo di utenti allargato.

## 2. OSTACOLI NEL PERCORSO DI SVILUPPO

Le difficoltà nello sviluppo di una soluzione software scientifica non si limitano solo a questioni tecniche ma delineano anche grandi difficoltà di tipo epistemologico. Di fatto, la costruzione di un'applicazione scientifica equivale alla messa a punto di strumenti per la misurazione o l'osservazione della realtà. È chiaro, però, che i percorsi o la crescita delle diverse esperienze di ricerca differiscono notevolmente anche nelle problematiche, nelle idee o nelle stesse congetture alla base degli schemi di pensiero dei vari gruppi di ricercatori. Tali divergenze costringono all'adozione di metodi (e, di conseguenza, di strumenti) diversi, nel tentativo di giungere ad una soluzione o spiegazione di uno stesso problema. Quadro che appare particolarmente ac-

centuato se si pensa al numero di specializzazioni e scuole di pensiero che nel mondo intero compone una disciplina come quella archeologica. Com'è possibile dunque costruire applicazioni al servizio di una comunità così ampia ed eterogenea?

Una tale difficoltà è superabile soltanto costruendo le basi di questi “nuovi strumenti” a partire da un livello comune di linguaggio, piuttosto che da rigidi schemi metodologici precostituiti o addirittura inconciliabili. Un linguaggio comune equivale però all'adozione, in ogni modo, di uno schema metodologico di livello più basso o secondario: un linguaggio comune. Esso, in genere, potrà costituire la base sulla quale procedere allo sviluppo di un'applicazione informatica, a patto che la medesima base, o piattaforma, sulla quale il percorso di sviluppo viene avviato, possa essere messa in discussione dagli stessi risultati prodotti dal suo utilizzo. Questo tipo d'approccio è possibile solo sotto due condizioni: in primo luogo, che lo schema metodologico non sia complesso o abbia cioè, come è stato detto sopra, un grado di rigidità alto; in secondo luogo, che l'applicazione sulla quale si sta operando presenti delle caratteristiche organiche tali da permettere all'applicazione di sopravvivere al suo stesso processo di utilizzo-sviluppo. Le implicazioni delle due condizioni sono enormi.

L'effetto più importante di questo processo è che, tanto lo sviluppatore che gli utenti dovranno avere coscienza del fatto che lo strumento sul quale staranno operando sarà sempre uno strumento in fase di sviluppo. Un organismo vivo che può presentare dei cambiamenti bruschi e repentini causati dalle stesse scoperte attuate grazie ad esso. Anche l'atto ripetitivo di misurare significa imparare o scoprire metodi nuovi e migliori di misurare.

### 3. L'ANALISI DEI DATI DI DISTRIBUZIONE SPAZIALE

*Spatial Analysis Utilities (SAU)*, attualmente pronto nella sua prima versione (1.0), è un piano di sviluppo maturato in diversi anni (<http://archeologiamedievale.unisi.it/sau/sau.html>). La richiesta o il bisogno all'origine del progetto erano quelli della creazione di una soluzione software capace di realizzare analisi quantitativo-statistiche su file di distribuzione in modo semplice e agevole. In altre parole, uno strumento in grado di permettere a ogni archeologo di realizzare analisi intra o inter site sui propri dati di distribuzione puntuale senza per forza di cose doversi appoggiare o utilizzare una piattaforma GIS (GAFFNEY, STANČIĆ 1994).

In genere, le applicazioni GIS presentano per l'archeologo dei vantaggi nell'archiviazione e nell'analisi di dati geografico-spaziali. Sia che si tratti di un'intera regione che di una semplice area di scavo, gli archeologi sembrano avere affidato alla tecnologia GIS tutte le loro aspettative. I due aspetti, di archiviazione e analisi, presentano processi e percorsi metodologici assai di-

versi. Di fatto, benché siano molti i software GIS capaci di dare un'adeguata soluzione alle esigenze di archiviazione, solo i pacchetti più avanzati sono quelli capaci di darne una definitiva ai problemi d'analisi dei dati spaziali. In genere, questi pacchetti software hanno prezzi molto elevati, spesso inaccessibili alla maggior parte dei gruppi di ricercatori. Si tratta, nella maggior parte dei casi, di GIS raster con funzioni o linguaggi di map-algebra, capaci di offrire al ricercatore una certa duttilità sia nell'interrogazione o nella manipolazione del dato, sia nella costruzione di modelli quantitativo-matematici. A queste potenzialità corrisponde naturalmente una curva d'apprendimento assai elevata. In altre parole, un gruppo di ricercatori non deve compiere solo un notevole sforzo economico, ma anche un grande investimento di risorse umane. Questo quadro rappresenta la realtà quotidiana con la quale l'archeologo, intento a studiare la complessità spaziale dei propri contesti d'indagine, deve scontrarsi.

Eppure, la parte di un software GIS realmente utile all'archeologia è minima. Potremmo dire che neppure il 20% delle potenzialità di questi strumenti può essere effettivamente applicato alla ricerca archeologica. Paradossalmente, tanti di questi pacchetti presentano carenze in molti dei campi di maggiore importanza per l'archeologo: quelli relativi allo studio e all'analisi della struttura spaziale dei sistemi diversi di distribuzione; vale a dire, le caratteristiche statistico-quantitative che possono servire a definire o confrontare sistemi diversi di distribuzione puntuale. Una dimostrazione del fatto che tali strumenti hanno carenze in questo settore potrebbe essere, per esempio, che nessuno di questi pacchetti, pur presentando ognuno algoritmi per la generazione di aree di pertinenza o poligoni di Thiessen, è capace di fornire (almeno in modo diretto) informazioni statistiche sulle caratteristiche di tali poligoni: ad esempio numero di lati, lunghezza del perimetro o estensione dell'area.

Qualunque persona abbia lavorato con software GIS sa bene quanto possa essere lunga e macchinosa l'operazione di preparazione e compimento di analisi quantitative all'interno di questi ambienti. Il software GIS avanzato si limita alla produzione di un dato statistico grezzo; tocca all'archeologo trasformarlo in un tipo d'informazione più raffinato o direttamente utilizzabile nelle sue ricerche. Questo processo equivale ad una rielaborazione, all'interno di un database, di un foglio di calcolo o di un'applicazione specializzata in calcoli statistici. Nel peggiore dei casi è richiesta addirittura la costruzione di macro o algoritmi aggiuntivi all'interno del software GIS. Tecnicamente, l'analisi della distribuzione spaziale non differisce da altri metodi di elaborazione dei dati. Si trasforma una determinata quantità di dati in informazione utile grazie all'impiego di un certo algoritmo. Questo processo, in ambiente GIS, non è diretto né tanto meno automatico. Da una tale complessità scaturisce la difficoltà di utilizzo.

L'applicazione descritta nelle prossime pagine cerca di dare una soluzione definitiva proprio a questo punto. La costruzione di un'utilità che porti alla semplicità nell'indagine quantitativa non è solo un problema di praticità; non si tratta solo di abbassare costi e curve di apprendimento. Un software capace di processare in modo agevole anche grandi file di distribuzione spaziale significa pluralità nei processi di indagine, comunanza di linguaggi, e possibilità di confrontare risultati ed esperienze a prescindere dal tipo di dotazione o formazione in campo informatico.

#### 4. IL PERCORSO DI SVILUPPO

Inizialmente SAU non fu concepito come un'applicazione stand-alone, bensì come una semplice applicazione di tabelle di database per l'elaborazione o quantificazione dei dati. I primi tentativi di questa esperienza non erano altro che l'applicazione di metodi tradizionali della geografia quantitativa all'interno di tabelle processate da loop e campi calcolati interni alla tabella di database. La natura di questi moduli era ad uso "personale"; essi non erano cioè concepiti per essere usati da altri utenti. La soluzione, benché avesse una piena affidabilità, si caratterizzava per la natura precaria e per l'allestimento provvisorio; di fatto, le tabelle erano state messe insieme con poche ore di lavoro, il loro utilizzo era molto complicato e per niente intuitivo: non esisteva una vera e propria interfaccia e le operazioni dovevano essere eseguite secondo una procedura rigidissima dalla quale non si poteva uscire senza incorrere in un errore durante la fase di elaborazione dati. Nonostante i moduli svolgessero il loro lavoro con grande affidabilità, c'era da fare i conti con tempi molto lunghi per l'analisi dei dati. Di fatto, la crescita dei tempi era di tipo esponenziale visto che ogni punto o coppia di coordinate doveva essere confrontata con le altre. Inoltre, la potenza di calcolo di questa soluzione era legata direttamente alla velocità del motore del database utilizzato, in questo caso FileMaker Pro (Fig. 1).

Visto il grande profitto che si era in grado di ottenere da queste tabelle, è stato deciso di procedere ad un accorpamento di tutti i moduli d'analisi all'interno di un'unica soluzione di database, dando però anche una coerenza logica al processo di elaborazione dati e istituendo un'interfaccia più semplice e chiara, il cui utilizzo risultasse intuibile anche ad ulteriori utenti interessati a compiere analisi spaziali. La soluzione divenne, in sostanza, un pacchetto di quattro moduli essenziali: calcolo del baricentro, calcolo del vicino prossimo, calcolo dell'indice di vicinanza o prossimità e, infine, calcolo della varietà. A differenza del livello di pure tabelle libere per la quantificazione dei dati, questo modulo aveva la possibilità di esportare il risultato delle analisi in formato vettoriale. Così, ad esempio, la soluzione permetteva di esportare la rappresentazione grafica dei vicini prossimi o le griglie di densità con

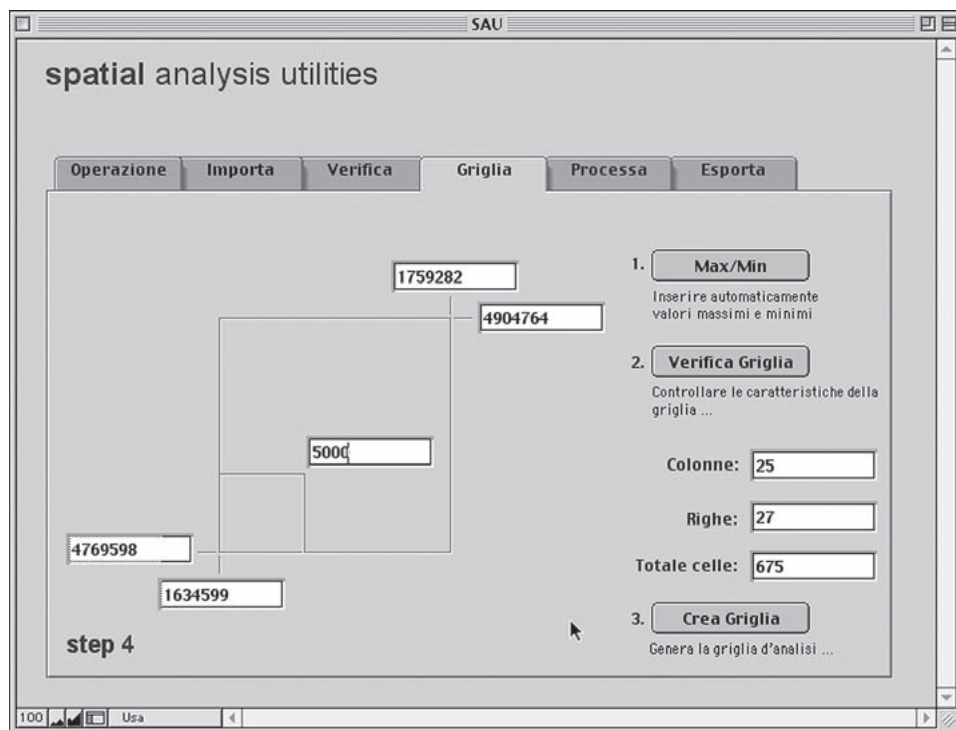


Fig. 1 – La creazione di una griglia nella vecchia interfaccia di SAU.

i relativi attributi calcolati in formato dxf. Nacque così, nell'autunno 2000, l'idea d'intitolare questa soluzione *Spatial Analysis Utilities*. Utilità, per il semplice motivo che questa soluzione non aveva come scopo la creazione di progetti, workspace o file di lavoro: il suo unico scopo era l'analisi dei dati. Una volta ultimata l'elaborazione dei dati, SAU aveva concluso il suo lavoro. SAU presentava però ancora un limite molto grande: i tempi di elaborazione restavano elevati. La costruzione di questa soluzione all'interno di un database legava la sua potenzialità alle prestazioni tipiche di questi ambienti.

SAU fu in ogni caso ultimato con l'intenzione di procedere solo in un secondo momento alla distribuzione al pubblico. Si giunse però alla conclusione che la scarsa velocità avrebbe scoraggiato gran parte dei potenziali utenti in campo archeologico dall'utilizzarlo. Per questo motivo, si procedette a individuare alternative per lo sviluppo di applicazioni compilate che garantissero una maggiore velocità di elaborazione. Dopo alcuni tentativi in ambiente VisualBasic, e visti i notevoli risultati ottenuti con il linguaggio *basic* orientato ad oggetti, si decise di adottare come ambiente di sviluppo definiti-

vo RealBasic della RealSoftware. L'unica vera discriminante nella scelta di questo ambiente di sviluppo rispetto a VisualBasic era dovuta alle notevoli possibilità di compilazione, visto che esso permetteva la produzione di applicazioni sia per Mac OS 9.X, Mac OSX e Windows.

Nell'estate 2001, iniziò lo sviluppo definitivo della versione stand-alone SAU. Il risultato è un'applicazione, di cui descriveremo le caratteristiche salienti, capace di processare in modo agevole e veloce dati di distribuzione spaziale.

## 5. L'APPLICAZIONE

### 5.1 L'interfaccia

L'interfaccia grafica di SAU comprende una barra di menu e cinque finestre: la barra principale, il display, la finestra dei grafici, la finestra di registro e l'inspector (Fig. 2).

La barra principale contiene i comandi ricorrenti in tutti i moduli d'ana-

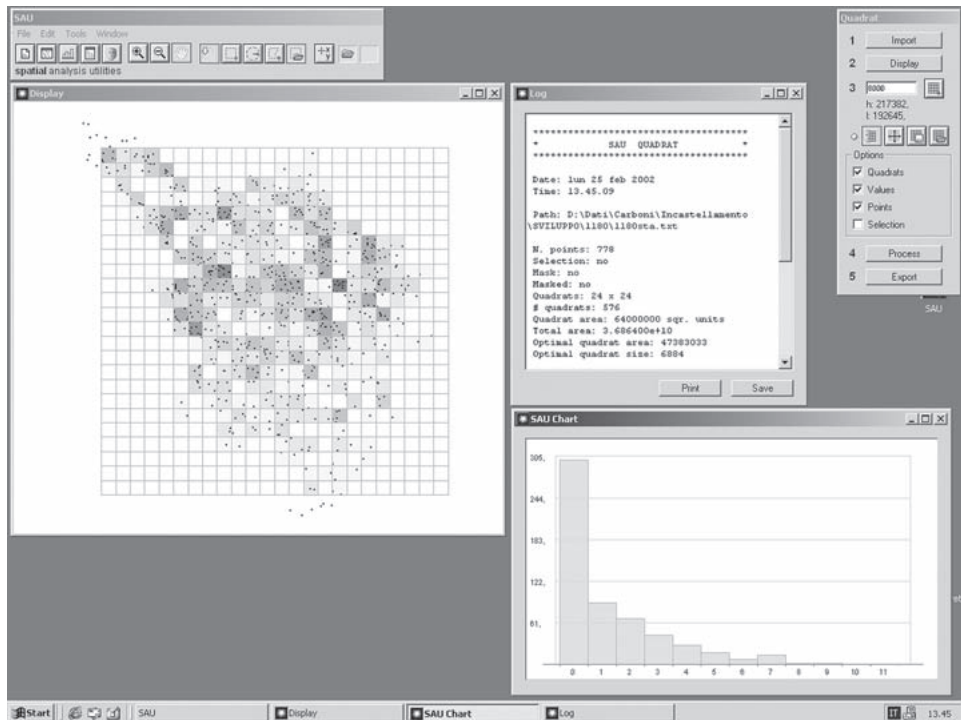


Fig. 2 – L'interfaccia di SAU.



lisi; essa è sempre visibile all'utente in qualsiasi fase della manipolazione dei file.

La barra presenta tasti utili per avviare nuovi cicli d'analisi, attivare o nascondere la finestra di display o quella con i grafici statistici, accendere o disattivare la finestra di registro, importare una maschera per la definizione dell'area indagata, effettuare uno zoom o tornare all'immagine originaria, fare scorrere il display in seguito ad un ingrandimento o realizzare selezioni. Queste ultime sono effettuabili attraverso tre diverse opzioni: il pulsante di selezione quadrangolare, quello di selezione circolare e quello di selezione poligonale che ha lo scopo di permettere di circoscrivere aree di forma irregolare. È presente anche un pulsante di deselegione. L'ultimo strumento a disposizione sulla barra principale serve per indicare all'utente le coordinate  $x$  e  $y$  sul display.

Una volta impostato il tipo d'analisi che si vuole realizzare, SAU presenta sullo schermo in alto a destra un pannello di comandi. Le caratteristiche del pannello variano in base al tipo d'analisi. Esso ha la funzione di fornire all'utente gli strumenti effettivi per l'elaborazione dei dati oltre che le opzioni di visualizzazione sul display cartografico.

Un altro elemento fondamentale dell'interfaccia SAU è la finestra di display. Essa non ha solamente il compito di visualizzare i punti del file di distribuzione; in essa vengono illustrati graficamente anche i risultati delle analisi. Su questa finestra l'utente può realizzare inoltre delle selezioni o salvare in qualsiasi momento il contenuto come immagine.

Gli altri due elementi dell'interfaccia SAU sono la finestra di log e quella dei grafici statistici. Naturalmente queste sono disponibili solo dopo che le operazioni d'analisi siano state ultimate. La finestra di log presenta i dati in formato alfanumerico. Il suo contenuto può essere copiato, ad esempio su un foglio di calcolo, salvato in formato testo o stampato.

Generalmente la finestra dei grafici presenta la distribuzione dei risultati sotto forma di istogramma. Nei casi in cui i risultati delle quantificazioni non vengano espressi su scala discreta ma continua, l'utente ha la possibilità di stabilire la dimensione o il numero delle classi.

## 5.2 I moduli d'analisi

Al momento attuale, SAU possiede algoritmi che permettono l'applicazione di cinque moduli base d'analisi spaziale. Di fatto, l'applicazione è concepita come un contenitore di metodi per l'elaborazione e l'analisi di file di distribuzione spaziale. Ogni elaborazione è concepita come un ciclo d'analisi che inizia dall'importazione dei dati e finisce con l'esportazione dei risultati statistici relativi. Una volta ultimato il ciclo, se ne può avviare un altro. Infatti, lo scopo fondamentale di questa applicazione è quello di agevolare il processo d'indagine quantitativa a tutti quei ricercatori che devono processare numerosi file di distribuzione.



Ogni ciclo d'analisi viene avviato con l'importazione di un file di distribuzione. Dal momento che SAU non è abilitato per l'analisi di dati espressi in gradi e minuti (funzionalità che si intende integrare in versioni future), il file di distribuzione deve presentare i dati attraverso una serie di coordinate  $x$  e  $y$ . SAU può importare dati di distribuzione solo in formato testo. Il file deve essere composto da due campi o colonne (uno per le coordinate  $x$  e uno per le  $y$ ) divisi da un tabulatore (o chr 9).

Questa soluzione è stata adottata per consentire anche agli utenti meno esperti una manipolazione più semplice e diretta del file di distribuzione. Di fatto, questo tipo di file può essere prodotto dall'esportazione da un database o da un foglio di calcolo, o addirittura può essere compilato manualmente su un elaboratore di testo. Nel caso il file presenti degli errori, l'utente potrà identificarli o correggerli direttamente su qualsiasi editore di testi. Il file di distribuzione non deve contenere alcun tipo d'intestazione o header. La sua struttura è semplice: la prima colonna per le coordinate sull'ascissa ( $x$ ) e la seconda per le ordinate ( $y$ ).

SAU non permette di avviare due cicli d'analisi contemporaneamente. Per cominciare un nuovo ciclo d'analisi è dunque necessario concludere quello in corso o riavviare l'applicazione. Ogni ciclo termina con l'esportazione dei dati processati in formato grafico. Si può compiere l'esportazione in formato dxf o ESRI shapefile come anche in formato bitmap georeferenziato.

Il primo modulo a disposizione dell'utente è quello del calcolo del baricentro o della tendenza generale del sistema di distribuzione. Esso consente di calcolare in tempi molto brevi la media aritmetica delle coordinate  $x$  e  $y$  del file di distribuzione. Solitamente, questo particolare metodo d'analisi non gode di un'ampia diffusione nel campo dell'analisi spaziale. Il calcolo del baricentro è così semplice, infatti, da fare apparire qualsiasi disquisizione sul suo conto inutile e banale. Accade invece che il calcolo del baricentro sia uno dei più importanti metodi per lo studio dell'evoluzione spazio-temporale dei sistemi di distribuzione. Di fronte a sequenze di distribuzione cronologica, il calcolo del baricentro può fornire informazioni di grande utilità sullo spostamento della massa o peso del sistema di distribuzione. Elaborazioni di questo tipo possono fornirci, ad esempio, un meccanismo d'identificazione degli spostamenti sulla geografia o sul paesaggio dei sistemi d'occupazione del suolo.

SAU non si limita al calcolo del baricentro di un sistema di distribuzione. Esso crea anche il calcolo delle distanze da ogni punto al centro. Grazie a questo, oltre alla distanza standard, può essere calcolata e rappresentata graficamente anche una media delle distanze da ogni punto. Attraverso un apposito slide, l'utente può inoltre creare una serie di *buffers zones* attorno al baricentro. Questa soluzione permetterà all'utente di calcolare la densità progressiva di punti attorno al baricentro e verificare se quest'ultimo abbia un ruolo determinante nella distribuzione complessiva oppure no.

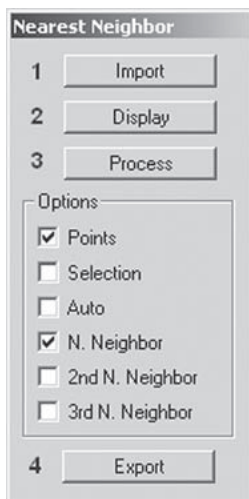


Fig. 3 – Il pannello dei comandi per l'analisi del vicino prossimo.

Il secondo modulo a disposizione dell'utente è quello del vicino prossimo o *nearest neighbor* (Fig. 3). Questo permette di analizzare caratteristiche relative all'indice di vicinato in modo semplice e veloce. È possibile anche la realizzazione di calcoli statistici quali la media attesa del vicino prossimo o la visualizzazione di un istogramma delle distanze osservate; naturalmente le classi vengono impostate liberamente dall'utente. I risultati possono poi essere visualizzati attraverso grafici a barre o a linee. È possibile anche il calcolo e la visualizzazione grafica del secondo e del terzo vicino prossimo.

Se il baricentro è una misura di sintesi sullo stato generale del sistema di distribuzione, quello del vicino prossimo rappresenta invece un indicatore della sua struttura spaziale. In particolare, si può affermare che il rapporto tra la media della distanza al vicino prossimo ( $r_o$ ) e la media attesa ( $r_e$ ) fornisce un indice di dispersione di grande utilità. Questo rapporto può permettere al ricercatore di realizzare, ad esempio, un confronto imparziale del grado di dispersione tra due sistemi di distribuzione apparentemente simili. Nel caso il rapporto fornisca un valore inferiore a 1 e vicino a 0, saremo di fronte a una distribuzione di tipo raggruppata con alte aree di concentrazione; nel caso il valore sia molto vicino a 1, si tratterà di una distribuzione casuale e, nel caso sia superiore a 1, di una rete ordinata, arrivando, nel caso estremo, a una distribuzione su una griglia esagonale al valore di 2.1496 (SILK 1979, 106-112; UNWIN 1981, 99-101).

L'analisi relativa al vicino prossimo può essere effettuata anche fra due file di distribuzione; in questo caso non sarà possibile compiere calcoli e, di conseguenza, analisi ed esportazione dei dati relativi al secondo e al terzo

vicino prossimo. In campo archeologico, l'analisi del *nearest neighbour* può essere di grande importanza per acquisire, ad esempio, nozioni sul rapporto o sull'interazione di due sistemi di insediamento o per formulare ipotesi sul processo di sovrapposizione o adattamento di uno all'altro.

Il terzo modulo, *quadrat analysis*, permette all'utente lo studio delle caratteristiche distributive di reti puntuali attraverso l'analisi delle densità relative a un reticolo di celle. SAU permette all'utente di disegnare una griglia sopra l'area interessata dalla dispersione di punti. Questo processo viene compiuto in modo interattivo; vale a dire che l'utente ha la possibilità di impostare la dimensione delle celle, il loro numero e la posizione esatta della griglia. Una volta impostata la griglia, SAU procede al conteggio di punti per cella.

Naturalmente, la forma rettangolare della griglia raramente aderirà perfettamente all'area interessata dal sistema di distribuzione. Per questo motivo è stato necessario lo sviluppo di una strategia che consentisse l'isolamento di quelle celle non comprese nell'area di studio. L'utente ha la possibilità di importare una maschera in formato dxf per definire l'area di indagine. Una volta importata la maschera vettoriale, SAU procede all'eliminazione dal totale delle celle al di fuori o solo marginalmente comprese nell'area di studio.

L'analisi a griglia, oltre a produrre un'elaborazione cartografica di notevole importanza per la lettura della distribuzione relativa dei punti nello spazio, offre un calcolo statistico di grande interesse per lo studio delle caratteristiche distributive della rete puntuale. Calcolando il rapporto tra la media dei punti per cella e lo scarto quadratico medio ( $S$ ) e la media dei punti ( $\bar{m}$ ) si può ottenere una scala di dispersione dove i risultati vicini ad 1 denoteranno una struttura casuale, quelli superiori a 1 una struttura aggregata ed, infine, quelli vicini allo 0 una regolare (SILK 1979, 95-104; UNWIN 1981).

Il quarto modulo, *proximity analysis*, o misurazione d'adiacenza, ha lo scopo di misurare le caratteristiche distributive nel vicinato di ogni punto del sistema, contando, per ognuno di essi, il numero di vicini entro un certo raggio o distanza. Questa misurazione, apparentemente molto banale, fornisce invece un chiaro indicatore delle caratteristiche complessive dello svolgimento spaziale della struttura del sistema, oltre che un chiaro, e forse più intuitivo, indice di prossimità fra punti.

Inizialmente l'utente dovrà inserire la misura del raggio di ricerca con il quale il modulo dovrà analizzare i dati: SAU faciliterà la scelta di quella più adatta attraverso un pulsante atto a realizzare un rapido calcolo dell'indice di vicinato a seguito del quale mostrerà all'utente la distanza minima e massima del vicino prossimo all'interno del file di distribuzione. Una volta elaborato il file, ad ogni punto verrà associato il numero di punti presenti entro la distanza previamente indicata. I dati potranno essere così esportati ed elaborati all'interno di qualsiasi applicazione per la loro interpolazione grafica. Questa operazione potrà essere comunque realizzata all'interno di SAU. Dopo che

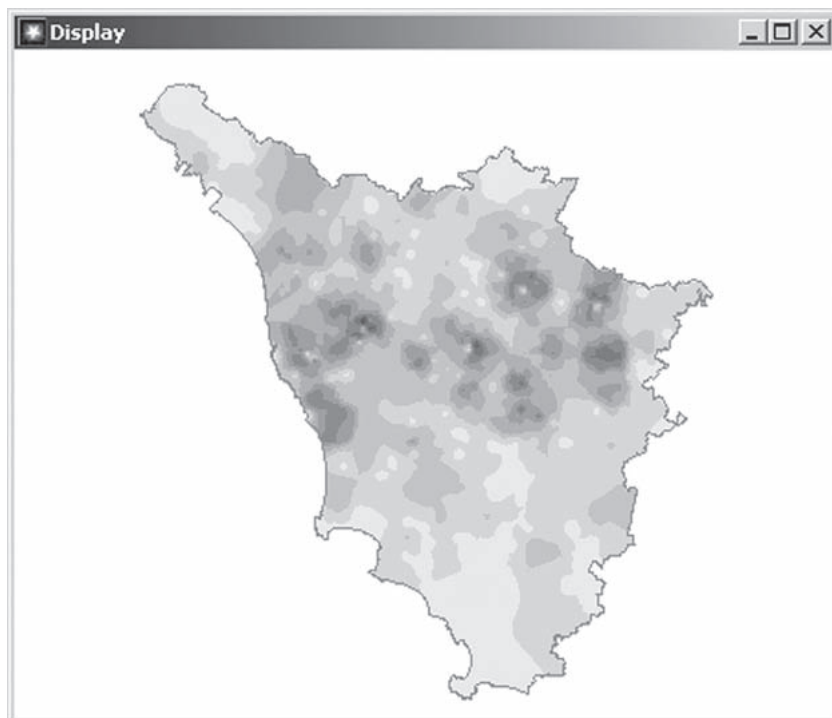


Fig. 4 – Un esempio di calcolo della prossimità ed interpolazione del IDW.

l'applicazione avrà calcolato i valori di vicinato per ogni punto, si potranno visualizzare i risultati compiendo un'interpolazione IDW (*Inverse Distance Weight*) dei risultati (Fig. 4). Ultimato il processo, SAU presenterà la superficie interpolata con 4 tonalità di colori il cui numero può essere incrementato dall'utente per mezzo di un apposito slide. Dopo la fase d'analisi è possibile procedere all'esportazione dei dati puntuali corredati dei relativi valori numerici. Oltre all'immagine bitmap georeferenziata, è possibile esportare i dati relativi alla superficie IDW in formato raster ascii.

Il quinto ed ultimo modulo d'analisi che SAU mette a disposizione dell'utente è quello della definizione dei poligoni di Thiessen o aree di pertinenza. A differenza della maggior parte degli applicativi dedicati alla generazione di poligoni di Thiessen, SAU ha come scopo principale quello di realizzare calcoli statistici sull'area, sul perimetro ed in particolare sul numero dei lati. Per questo motivo il modulo di Thiessen in SAU esclude gran parte dei poligoni esterni: le loro caratteristiche spaziali costituiscono infatti delle eccezioni o differiscono notevolmente dal resto dei punti diventando un elemento di disturbo per l'intera classificazione statistica dei risultati.

Ultimate le analisi è possibile visualizzare immediatamente il risultato dei calcoli statistici per numero dei lati, perimetro o area. Appositi comandi permettono anche la visualizzazione della rete di triangoli di Delaunay o il *convex hull* del file di distribuzione. Punti, poligoni di Thiessen, rete di Delaunay e *convex hull* costituiscono le opzioni d'esportazione di questo modulo.

Oltre ai cinque moduli sopra illustrati, SAU propone un algoritmo per la generazione di distribuzioni random, che può essere utilizzato per realizzare comparazioni tra osservazioni reali e distribuzioni casuali.

## 6. PROGRAMMI FUTURI

Nelle prossime versioni o aggiornamenti è prevista innanzitutto la costruzione di un modulo per l'analisi di diversità o, meglio, della varietà degli attributi nella rete di distribuzione: in altre parole, la produzione di algoritmi che permettano la misurazione o quantificazione degli attributi relativi a una rete puntuale. Questi attributi verranno considerati unicamente ed esclusivamente su base nominale. Vale a dire che, anche nel caso in cui il campo che si cerchi di processare presenti dei valori numerici, essi verranno letti come informazioni di tipo alfanumerico. A differenza dell'algoritmo di prossimità, che misura la concentrazione nella rete di distribuzione, questa procedura avrà come scopo la produzione di superfici di continuità che mostreranno le concentrazioni di varietà o diversità rispetto ai vuoti di omogeneità. Ultimato lo sviluppo delle procedure per l'analisi di reti di distribuzione puntuale, si procederà all'integrazione di algoritmi per l'analisi e l'elaborazione di dati cartografici raster o grid. Effettivamente la logica dei sistemi d'analisi su base raster presenta dei notevoli vantaggi rispetto a quella dei sistemi basati su una geometria puramente vettoriale.

La messa a punto di un'applicazione stand-alone per l'elaborazione dei dati di distribuzione spaziale ha avuto bisogno di più di 120 giorni complessivi, dedicati interamente allo sviluppo di algoritmi e soluzioni strategiche e si può pronosticare che la correzione di errori e l'incorporazione di nuove funzioni possa richiedere uno sforzo equivalente o superiore a quello appena illustrato.

Credo che ci si debba interrogare su come questa applicazione possa inserirsi nella naturale evoluzione dei GIS all'interno della comunità archeologica.

Sono fermamente convinto che l'intera esperienza relativa allo sviluppo di *Spatial Analysis Utilities* vada innanzitutto proiettata nel futuro delle nostre ricerche. Il futuro dell'archeologo richiederà sempre più mansioni di programmazione o di sviluppo di algoritmi; non richiederà solo la quantificazione dei dati raccolti all'interno delle nostre banche dati. Di fronte alle caratteristiche del dato archeologico, un giorno sarà necessario ed indispensabile avviare l'esperienza di simulazione o imitazione artificiale dei processi per giungere a una qualche forma di "falsazione" o riscontro delle nostre

teorie. Come scienziati sociali e studiosi del passato non ci viene concesso il vantaggio della sperimentazione, dell'indagine in laboratorio. Sotto queste condizioni non è difficile prevedere che simulare o imitare, all'interno del calcolatore, l'evoluzione storica dei paesaggi antropici sarà una delle attività principali di un futuro non molto lontano. Simulazione impossibile senza un archeologo programmatore, visto che non esiste effettivamente una possibile industria del software per simulazioni. Ed è in questo contesto che, oggi, lo sviluppo delle soluzioni o le utilità più semplici e banali acquistano una valenza strategica per il futuro delle nostre ricerche.

GIANCARLO MACCHI JÁNICA

Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti  
Università di Siena

#### BIBLIOGRAFIA

- BATE L.F. 1998, *El proceso de investigación en arqueología*, Barcelona, Editorial Crítica.
- BECK CH., JONES G. 1989, *Bias and archaeological classification*, «American Antiquity», 54, 2, 244-262.
- BINFORD L. 1962, *Archaeology as anthropology*, «American Antiquity», 28, 217-225.
- BINFORD L.R. 1983, *In Pursuit of the Past. Decoding the Archaeological Record*, London, Thames and Hudson.
- CHRISTALLER W. 1933, *Die Zentralen Orten in Süddeutschland*, Jena, G. Fisher.
- CONTRERAS RODRIGO F., *Software engineering applied to the recording system of a classical-age excavation. The creation of B.O.I.R.A.*, «Archeologia e Calcolatori», 6, 189-204.
- CLARKE D.L. 1972, *Models in Archaeology*, London, Methuen.
- COUSINS S.H. 1993, *Hierarchy in ecology: Its relevance to landscape ecology and Geographic Information System*, in R. HAINES-YOUNG, D.R. GREEN, S.H. COUSINS (eds.), *Landscape Ecology and GIS*, London, Taylor & Francis, 75-86.
- DALLAS C.J. 1993, *The Sacred Way Project. Multimedia education in classical culture, art and archaeology*, «Archeologia e Calcolatori», 4, 257-258.
- DE GUIO A. 1991, *Calcolatori ed archeologia: un progetto per gli anni '90*, «Archeologia e Calcolatori», 2, 25-27.
- FRANCOVICH R. 1990, *Dalla teoria alla ricerca sul campo: il contributo dell'informatica all'archeologia medievale*, «Archeologia e Calcolatori», 1, 15-26.
- GAFFNEY V., STANČIĆ Z. 1994, *GIS and historical archaeology. The case of the Island of Hvar in Croatia*, «Archeologia e Calcolatori», 5, 257-267.
- HARVEY D. 1978, *Il linguaggio della forma spaziale*, in V. VAGAGGINI (ed.), *Spazio geografico e spazio sociale*, Milano, Franco Angeli Editore.
- HODDER I., ORTON C. 1976, *Spatial Analysis in Archaeology*, Cambridge, Cambridge University Press.
- MOSCATI P. 1990, *L'analisi quantitativa nell'archeologia di epoca storica*, «Archeologia e Calcolatori», 1, 39-80.
- RUVO C. 1995, *La comunicazione multimediale nelle attività scientifiche e divulgative dei beni culturali*, «Archeologia e Calcolatori», 6, 243-258.
- SHIFFER M. 1988, *The structure of archaeology theory*, «American Antiquity», 53, 3, 461-485.
- SILK J. 1979, *Statistical Concepts in Geography*, London, George Allen & Unwin.
- UNWIN D. 1981, *Introductory Spatial Analysis*, London, Methuen & Co. Ltd.

VALENTI M. 1998, *La gestione informatica del dato. Percorsi ed evoluzioni nell'attività della cattedra di Archeologia Medievale del Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti - Sezione Archeologica dell'Università di Siena*, «Archeologia e Calcolatori», 9, 305-329.

#### ABSTRACT

The study of the distributive characteristics of settlement patterns is one of the most important topics in the reconstruction of historical landscapes. Unfortunately, advanced knowledge of GIS techniques, as well as quantitative techniques and methods are required in order to achieve positive results in this area. Furthermore, the application of spatial analysis in the archaeological research requires a large and expensive investment of software and hardware to accomplish such tasks. In order to address all these issues, this year we started the development of an analytical tool for the study and analysis of spatial distributions. This software rather than a GIS application shall be conceived as a general utility for data processing. In fact, the main aim of Spatial Analysis Utilities (SAU) is to accomplish in a quick and easy manner the entire quantitative process. The philosophy of the software is to provide conclusive statistical data with just some mouse clicks to non-advanced GIS users.



