

MODELLI MATEMATICI PER LA RICOSTRUZIONE DEI PAESAGGI STORICI

1. ANALISI SPAZIALE E RICERCA ARCHEOLOGICA

Agli occhi dell'investigatore la realtà appare come un *continuum* dove gli elementi si fondono reciprocamente in modo caotico: il bosco con la terra, la terra con i fiumi e l'osservatore con l'insieme. Tutto si rapporta con tutto; e da questa fusione si genera una serie di rapporti fisici la cui quantità si avvicina all'infinito. Queste stesse relazioni vengono a costituirsi come parte integrante della realtà; anzi, come la sua struttura portante o il suo scheletro invisibile.

Nella concretezza quotidiana della specie umana, gli stati d'animo, le emozioni e i pensieri vengono a sommarsi alla realtà materiale. Per questo motivo le scienze storiche e sociali vivono e percepiscono la realtà geografica come un contenitore disorganico dove nessun tipo di strategia metodologica può essere usato per sciogliere e snodare gli intrecci di relazioni che la compongono. Ma non per questo siamo autorizzati ad arrenderci al caos che compare di fronte a noi.

In campo archeologico, l'impiego di metodologie tipiche della geografia quantitativa non è una novità. Il saggio di HODDER e ORTON (1976) infatti, pubblicato in Gran Bretagna alla fine degli anni Settanta, era indirizzato non solo a un ristretto settore specializzato, bensì all'intera comunità archeologica. È di particolare interesse notare invece, come *Spatial Analysis in Archaeology* non venne mai tradotto in lingua italiana. Circostanza che, indubbiamente, ha finito per condizionare in modo negativo la crescita speculativa dell'archeologia italiana. Questo fatto, però, ha rappresentato non solo un'opportunità sprecata: si è trattato invece di un segnale chiaro del disinteresse di alcune scuole archeologiche italiane verso certi argomenti.

Paradossalmente, oggi diviene sempre più comune dialogare e discutere facendo riferimento a questo tipo di metodologia. Fatto che certamente dipende dal notevole grado di diffusione che i sistemi informativi territoriali hanno avuto nella decade appena conclusa. Ma analisi spaziale non è sinonimo di GIS e nemmeno lo è il contrario. Il fatto che oggi diversi gruppi di archeologi abbiano sviluppato piattaforme GIS è di grande interesse; ma questo non implica che gli stessi gruppi abbiano sviluppato gli strumenti informatici e concettuali indispensabili a raggiungere risultati positivi con l'ausilio dell'analisi spaziale.

L'introduzione dei sistemi informativi territoriali doveva rispondere principalmente alle necessità d'archiviazione del dato archeologico. La ragione

del loro grande successo dipende in larga misura dalle aspettative che gli archeologi hanno posto in essi, visto che tali sistemi consentono effettivamente di dare una soluzione (in alcuni casi definitiva) ai problemi di gestione del dato (VALENTI 1998). Ma l'impiego dei GIS va oltre la semplice gestione del dato e la conseguente produzione di "buon materiale cartografico" (MITCHELL 1999). È proprio nel campo dell'analisi spaziale che i sistemi informativi territoriali possono ancora offrire alla ricerca archeologica un contributo fondamentale.

Anche se le proposte metodologiche contenute nel testo di Hodder rappresentavano, per quel periodo, un importante salto epistemologico per l'intera comunità archeologica, solo negli ultimi anni, salvo poche e isolate esperienze pionieristiche, attività simili iniziano a diffondersi e generalizzarsi fra i diversi gruppi di ricerca. La ragione di una tale discontinuità può essere individuata nel costo effettivo di realizzazione delle analisi. Benché concettualmente semplici, simili procedure si caratterizzano per l'altissimo numero d'operazioni matematiche richieste. Molte delle elaborazioni tipiche dell'analisi spaziale, infatti, non esigono l'uso del calcolatore; in teoria, queste potrebbero essere realizzate ugualmente con carta e penna. Ma, visti i tempi che l'elaborazione manuale richiederebbe, è solo grazie alla diffusione di microprocessori ad alte prestazioni che questo tipo d'operazioni diviene accessibile alla maggior parte dei gruppi di ricerca. La mole di operazioni richiesta da alcune analisi è così grande che, perfino oggi, alcuni processi tipici della geografia quantitativa richiedono tempi d'elaborazione particolarmente lunghi, benché compiuti con gli elaboratori più veloci.

L'impiego delle analisi spaziali nello studio delle forme d'insediamento umano si basa sull'ipotesi che la ricostruzione, anche parziale, delle maglie di distribuzione degli stanziamenti umani possa restituire informazioni di rilevante valore e interesse; nozioni che non potrebbero essere in ogni caso recuperate dalle carte di distribuzione con il solo impiego della ragione e dei sensi. Se confermata dai risultati dell'esperienza e dalla ricerca futura, tale congettura si configurerebbe come uno dei più importanti sviluppi della disciplina archeologica, vista la scarsità complessiva di notizie attendibili a disposizione di una ricostruzione critica dei sistemi d'occupazione sociale dello spazio (BINFORD 1983).

Come ogni metodologia di tipo scientifico, l'applicabilità della geografia quantitativa in campo archeologico implica alcuni requisiti imprescindibili. Il primo è il bisogno di una domanda o di un problema da risolvere (POPPER 1994). Domanda solitamente non vincolante fra le discipline umane, ma necessaria in questo caso, vista la natura scientifica di questo tipo di metodo o approccio. È inimmaginabile avviare una fase d'analisi spaziale senza una direzione prestabilita. I problemi (e qui intendiamo quelli di ricerca), a dispetto del loro nome, rappresentano la guida per ogni tipo di studio scienti-

fico. Se la scienza o, come in questo caso, una metodologia di tipo scientifico, può dare risposte, queste possono giungere solo grazie al fatto che, prima, un gruppo di ricercatori si è posto un problema da risolvere. Orbene, il problema è dove si vuole arrivare; è un punto, un confine, una linea d'arrivo, perché a ogni problema deve corrispondere, quantomeno a livello ideale, una risposta. Tale traguardo ideale è indispensabile nel campo dell'analisi spaziale; senza idee preconcepite e pregiudiziali non sarebbe possibile delineare la benché minima strategia e tattica metodologica.

La seconda condizione si riallaccia al tipo delle operazioni da compiere. La banca dati da processare deve disporre di voci che garantiscano la presenza di attributi traducibili in un linguaggio formale di tipo matematico. La loro assenza rappresenta un ostacolo insormontabile per l'applicazione dell'analisi spaziale nelle ricerche archeologiche. La questione, però, non è quella di "infarcire" alla rinfusa le tabelle di lavoro con campi numerici. In realtà, il problema è quello di acquisire una maggiore consapevolezza del tipo di campi o dati a disposizione. L'adozione di un nuovo linguaggio (in questo caso, quello matematico) non è un problema di secondo ordine. Il mio linguaggio è lo specchio del mio mondo; il mio linguaggio è la mia realtà. Nuovi linguaggi equivalgono a mondi diversi (OLSSON 1980). Appropriarsene non è un percorso privo di sofferenze.

Conoscere se un certo tipo di misurazione è stato realizzato con una scala ordinale o razionale potrà permettere di realizzare determinati tipi di operazioni piuttosto che altri, oltre a garantire, in un secondo momento, una lettura più affidabile dei risultati. La scelta della scala rappresenta, di fatto, una delle fasi cruciali di qualsiasi processo scientifico. Ad ogni problematica specifica corrispondono una scala e un grado di precisione; ma una scala troppo fitta non è garanzia di precisione: misure troppo precise potrebbero far passare inosservata anche la più sorprendente delle scoperte (MACCHI 1999).

Il terzo requisito è forse il più banale, ma il meno evidente. L'obiettivo fondamentale dell'analisi spaziale è semplicemente quello di identificare, all'interno di una distribuzione geografica – o spaziale – di tipo stocastico (UNWIN 1981), tendenze generali non evidenti, relative sia alle sfere ecologiche che culturali. Pertanto si evidenzia come requisito fondamentale una profonda e sincera convinzione, quantomeno a livello astratto, dell'esistenza di leggi che regolino in modo più o meno marcato l'agire quotidiano, anche della specie umana. Tale assunzione non equivale a un'ammissione della semplicità dei canoni o leggi appena citati; tanto meno, della sommarietà dei fenomeni d'insediamento umano. L'impiego delle analisi spaziali nello studio dei *trends* di stanziamento umano si delinea come un meticoloso e progressivo processo di conoscenza di un fenomeno che altri monotonamente hanno voluto liquidare con una semplicistica ressa alla complessità.

L'approccio quantitativo allo spazio sociale non ha come scopo quello di eludere la complessità. Tanto meno, però, quello di arrendersi ad essa. Si tratta piuttosto di un tentativo deciso di comprenderla.

2. MISURAZIONI E VERITÀ

L'analisi spaziale venne introdotta in campo archeologico per eliminare l'immenso livello di soggettività implicito nell'interpretazione cartografica (HODDER, ORTON 1976). In effetti, viste le notevoli difficoltà che si possono incontrare nella lettura delle carte di distribuzione, tale motivazione può apparire sufficiente. Allo stesso tempo, però, essa non rende esplicito il ruolo che ragionevolmente potrebbe spettare all'analisi spaziale all'interno della disciplina archeologica. Una finalità così generica finisce infatti per generare più confusione e rendere ulteriormente complessa e difficile la valutazione che la comunità di ricercatori potrà fare di questi metodi.

Di fatto, non pochi malintesi ed equivoci si sono generati intorno all'impiego dell'analisi spaziale nelle scienze storiche. Per comprendere meglio la natura e soprattutto il contributo che i metodi della geografia quantitativa possono offrire alla disciplina archeologica, è fondamentale distinguere i diversi tipi o livelli di conoscenza che caratterizzano tale processo.

Di solito, questa tipologia va a comporsi di almeno tre livelli ben distinti: *dati*, *informazioni* e, infine, le ricostruzioni o *modelli*. È indispensabile compiere uno sforzo comune per stabilire una terminologia più appropriata a un dibattito, non tanto sui domini dei GIS (fra l'altro già esistente e consolidata nella comunità archeologica) quanto sulle nuove problematiche scientifiche che, grazie ai GIS, oggi è possibile affrontare.

I *dati* possono essere intesi come le nozioni allo stato grezzo. Questo non significa che essi non siano affidabili; semplicemente questi non sono stati processati né vagliati, o impiegati in alcun modo. I *dati* possono essere le nozioni acquisibili dalle fonti scritte o dagli scavi archeologici. Tale tipo di conoscenza si caratterizza per una valenza di tipo empirico. L'acquisizione di queste nozioni si basa sostanzialmente sull'osservazione diretta o indiretta della realtà. Di conseguenza, potremmo qualificare come *dato* esclusivamente le cose che conosciamo grazie all'esperienza. La cronologia iniziale acquisita da una carta di fondazione o le coordinate geografiche di un castello sono *dati*. I *dati* hanno un certo grado d'attendibilità: possono collocarsi a distanze variabili dalla verità. Un esempio chiaro di *dati* è una banca dati o un *layer* GIS: conoscenza della realtà a uno stato passivo.

Il livello successivo, le *informazioni*, costituisce il prodotto dell'analisi o della manipolazione dei *dati*. Le *informazioni* rappresentano la conoscenza in uno stato dinamico. Lo scopo dell'analisi spaziale è quello di processare o elaborare *dati* e produrre delle nuove *informazioni*. Non è possibile giungere

alla produzione d'*informazione* in assenza di *dati*. I risultati di ogni processo di geografia quantitativa appartengono a una categoria particolare della conoscenza che per ora mi limito a chiamare *informazione*. La caratteristica fondamentale dell'*informazione* è la sua natura di conoscenza inconfutabile. Se il metodo viene applicato con sufficiente rigore, il risultato delle analisi spaziali dovrà essere sempre considerato corretto ma non per questo corrispondente alla verità. Il grado di verità dell'*informazione* deriva direttamente dal livello d'affidabilità dei *dati*. Di conseguenza, il risultato delle analisi spaziali non deve essere accettato come risposta alle problematiche storiche sotto esame ma piuttosto come "dati di fatto" o "misurazioni complesse" che si è pienamente liberi di leggere, scartare o interpretare. Lo scenario comune e ideale sarebbe quello dove l'impiego delle analisi spaziali porta a un unico risultato (*informazione*) ma a letture e interpretazioni differenti, perfino contrastanti, da parte di diversi studiosi e ricercatori. Nella maggior parte dei casi, l'*informazione* può generare altre *informazioni*.

I *modelli* sono invece le valutazioni realizzate su livelli *informazione*. In base alla quantità d'*informazione* a disposizione, un livello può raggiungere lo *status* di *modello*. In condizioni normali, ogni tipo di conoscenza prodotto all'interno di questo livello è di tipo teorico e, proprio per questo motivo, le *ricostruzioni* relative hanno una valenza transitoria. I tre livelli appena descritti presentano dei confini non definiti o non chiari; com'è stato accennato, essi disegnano un percorso progressivo dall'esperienza empirica verso quella teorica. Il passaggio da un livello all'altro è progressivo e non immediato; vale a dire che tra questi livelli possono esistere ulteriori sottolivelli intermedi.

La fluidità e la mancanza di definizione netta dei confini tra i livelli hanno contribuito alla nascita di una serie di malintesi relativi all'impiego della geografia quantitativa. L'analisi spaziale non coincide o corrisponde a nessuno dei tre livelli appena illustrati, bensì a quel processo che fa evolvere i *dati* in *informazioni*. In altre parole, il mezzo o tramite che porta dal primo al secondo stadio. Il passaggio dal secondo al terzo livello resterà esclusivamente affidato all'intuizione e all'acutezza dei ricercatori, in quanto la ricostruzione storica resta per ora un'attività esclusivamente umana (Fig. 1).

La validità dei risultati delle analisi spaziali (le *informazioni*) è inconfutabile nella misura in cui i *dati* impiegati nelle elaborazioni siano corretti. I risultati di questo tipo di metodologia godono in gran parte delle caratteristiche di ogni rilevamento quantificabile. Ne consegue che l'applicazione delle analisi spaziali sia assimilabile a una particolare forma di misurazione: la misurazione delle distribuzioni nello spazio. Le analisi spaziali potranno quindi essere utili solo per coloro che considerano le variabili spaziali (cioè relative alla distribuzione di manufatti o insediamenti nello spazio) di grande interesse e valore per le rispettive ricerche, mentre i ricercatori che reputino i risvolti relativi allo spazio superflui, non significativi o non eloquenti, potranno



Fig. 1 – L'analisi spaziale all'interno del processo di conoscenza storico-archeologica.

ricavare pochi vantaggi da questo tipo di elaborazioni. È infatti fondamento dell'agire scientifico procedere con andatura emancipata e libera (FEYERABEND 1996): appare perciò posizione legittima fare uso dell'analisi geografica tanto quanto non farlo.

Pur possedendo le caratteristiche fondamentali di una qualsiasi forma di misurazione, l'approccio quantitativo verso le forme d'occupazione sociale dello spazio non è assolutamente un processo meccanico. Di fatto, la geografia quantitativa si configura come una forma di misurazione complessa. Quando si deve misurare il peso di un frammento ceramico lo si deposita sul piatto della bilancia e si registra il valore; nel caso fosse richiesta la misurazione di un'entità vivente, oltre all'altezza e al peso, migliaia potrebbero essere le misurazioni di un qualche interesse: battiti al minuto, velocità, cicli di digestione, globuli rossi, ecc. Le operazioni di rilevamento diventerebbero ulteriormente intricate se fosse richiesta la misurazione non di un individuo, ma di un gruppo di individui. Di fronte a sistemi più ampi, misurare diviene un'attività sempre più complessa. Quale grado di complessità possiedono i meta-sistemi di stanziamento umano?

Misurare, di per sé, non ha molto valore. Conoscere la media della distanza che separa un certo tipo d'insediamento dai corsi o fonti d'acqua non sembra costituire un grande merito: tutto finisce per dissolversi in una descrizione vuota e di scarso interesse. Il traguardo metodologico reale è quello di stabilire relazioni fra misurazioni: correlare. Identificare una tendenza progressiva all'occupazione di terre meno fertili corrisponde a correlare variabili cronologiche con quelle relative al terreno. Una correlazione positiva si traduce spesso in spunti considerevoli; infatti, se si pensa che tutte le variabili vennero fuse internamente a un'unica esperienza di vita sociale, non risulta difficile capire il livello di complessità che si può raggiungere nella ricostruzione dei rapporti pluridimensionali fra variabili.

3. COMPLESSITÀ E SISTEMI D'INSEDIAMENTO

Ogni qual volta in campo scientifico si fa cenno all'idea o nozione di spazio, si pensa che gli interlocutori coinvolti possiedano un concetto uguale

o, in ogni caso, simile a ciò cui si cerca di fare riferimento. Accade invece che questo non sia del tutto vero. Neppure nel campo della ricerca pura si potrebbe giungere a una definizione comune per l'intera collegialità. Le scienze non sono in grado di formularla, eppure, anche l'uomo più semplice possiede una propria interpretazione, un'idea del concetto di spazio. Certamente la vita degli esseri animati, basti pensare al movimento, sarebbe inattuabile senza una qualche nozione di spazio.

Il primo approccio alla dimensione spaziale avviene attraverso i sensi durante i primi mesi di vita. Questo canale biologico è presto soppiantato da sovra-strutture culturali, che, se pure da una parte lo raffinano, finiscono anche per condizionarlo e limitarlo. Così, oltre alla profondità, l'individuo acquisisce, secondo la cultura d'appartenenza, nuove idee come la larghezza, il volume, l'altezza o la prospettiva. Concetti che, attraverso una sorta di filtraggio culturale, finiscono per subordinare in maniera irrimediabile alcuni tipi di percezione sensoriale e, di conseguenza, schemi interpretativi e deduttivi della realtà spaziale (HARVEY 1978). La vita in società sarebbe, però, teoricamente impossibile fra individui portatori d'idee contrastanti; ma, allo stesso tempo, è proprio quest'appiattimento centralizzatore che, in definitiva, porta alla confusione quando il dialogo fra individui passa a un livello speculativo.

Lo spazio non è solo percezione ma è soprattutto costruzione: la materializzazione degli schemi interpretativi che intercorrono nel comune sentire tra i gruppi umani e lo spazio. Non si costruiscono solo le case e gli edifici, ma anche gli insediamenti, il paesaggio e, infine, il territorio. La costruzione dello spazio è un processo che presume scelte volontarie o inconse di diversa natura. Per questo motivo non è possibile stabilire delle regole universali come spiegazione, ad esempio, della nascita degli insediamenti, giacché alcune fondazioni avvengono in modo spontaneo mentre altre accadono solo dopo un'intensa fase di studio e progettazione. Ma, a prescindere delle ragioni scatenanti che sono alle origini d'ogni singolo insediamento, si può essere certi che sussistono canoni o requisiti essenziali che finiscono per condizionare in modo considerevole le tendenze generali d'occupazione e, in seguito, d'evoluzione dello spazio. Il problema dello storico dei paesaggi è quindi di identificare quei requisiti o condizioni e tradurli sotto forma di tendenze generali.

Il principio sul quale si fonda il presente contributo è che lo spazio sociale non è di tipo euclideo; le costruzioni spaziali di tipo sociale come il paesaggio e il territorio, più che a un piano ideale, assomigliano a un foglio spiegazzato e contorto. Questa non è sicuramente una grande rivelazione; il problema risiede piuttosto nell'incapacità dello scienziato sociale di dotarsi di strumenti utili a studiare i fenomeni che sopra quel foglio spiegazzato vengono a collocarsi. Uno dei doveri del ricercatore è capire e simulare tale

grado di distorsione. È del tutto inimmaginabile prospettare criticamente tale attività senza l'aiuto del calcolatore; di fatto, la distorsione dello spazio sociale richiede una quantità, varietà e complessità d'operazioni che non potrebbero essere realizzate altrimenti.

Tale proposito appare particolarmente gravoso se si pensa al percorso formativo tipico dell'archeologo. Ma dubito che esperienze evolute abbiano qualche valore se inserite all'interno di una comunità incapace di cogliere e approfittare dei risultati prodotti per una carenza di strumenti critici (le non traduzioni di cui si diceva prima). Dunque, il coinvolgimento in attività di ricerca simili comporta non solo l'onere dello sviluppo degli strumenti informatici necessari ma soprattutto la giustificazione e la chiarificazione dei percorsi e dei risultati all'intera comunità, senza eccezione alcuna. Per attuare un programma simile è necessario perciò sviluppare soluzioni concettualmente semplici ma sufficientemente valide e idonee non solo alle caratteristiche del problema di ricerca ma anche alla comunità in questione.

Dati i requisiti appena esposti, il mezzo o soluzione più appropriata per attuare il programma di ricerca qui proposto è il modello matematico. Paradossalmente, il termine "matematico" provoca ancora oggi il terrore e lo sgomento nelle schiere di giovani archeologi. Come vedremo di seguito, il modello matematico si presenterà invece come la strategia più semplice ed efficace a nostra disposizione.

A dispetto del suo nome, il modello matematico è parte del processo di produzione dell'*informazione* e non del *modello*; un prodotto della manipolazione dei *dati*. Non solo. Il modello è *informazione* in considerazione del fatto che è frutto della manipolazione dei *dati*; ma è anche un mezzo o strumento per la produzione di nuova *informazione*. Com'è stato esposto sopra, la similarità dei termini e la mancanza di rigore nell'impiego di questi possono portare a diversi fraintendimenti. Da questo punto, ogni qual volta si farà riferimento al modello si dovrà intendere modelli matematici di natura strumentale piuttosto che modelli di sintesi storica.

L'esigenza di costruire modelli matematici adatti alla lettura e alla comprensione delle forme d'insediamento dell'uomo corrisponde al bisogno di simulare e ricostruire le condizioni generali sotto le quali le scelte di stanziamento, volontarie, istintive, ecc. furono attuate. Il modello matematico va quindi inteso come la geografia delle valutazioni e delle condizioni sulle quali l'uomo o i gruppi dovevano compiere le proprie scelte di costruzione spaziale: la matrice sulla quale il sistema d'insediamento è stato generato e in seguito si è evoluto.

3.1 Modelli matematici per la ricostruzione del paesaggio medievale

La costruzione di modelli matematici utili allo studio dei paesaggi storici si presenta come un graduale percorso verso la complessità: la realizza-

zione di un paradigma sempre più organico che consenta la ricostruzione di una realtà particolare, nel nostro caso quella medievale.

La progettazione di tali modelli si fonda sulla somma o incorporazione progressiva di variabili e indici relativi alle variabili di condizioni culturali e ambientali che il ricercatore, in via teorica, considera essenziali per la sua ricostruzione. Di conseguenza, tale processo si configura come un processo deduttivo, in cui i risultati o insuccessi d'ogni singolo stadio sono riutilizzati nelle fasi successive.

Naturalmente è impossibile immaginare, né tanto meno tracciare, un percorso esemplare e unico per la produzione di strumenti simili. In base al soggetto e tema della ricerca, e in particolare al periodo storico in questione, il modello potrà essere costituito attraverso l'incorporazione di variabili diverse e di equilibri differenti tra loro. In nessun caso, un modello sviluppato per un periodo particolare potrà essere impiegato con successo in un'altra fase storica.

Il seguente esempio illustra il processo di costruzione e impiego di un modello capace di simulare le condizioni di transitabilità all'interno della Toscana medievale. In particolare c'interesseremo della viabilità dalle aree rurali verso le città. Tale tipo d'esperienza non rappresenta un esercizio "retorico" e sterile; i collegamenti tra stanziamenti si configurano come uno dei principali indicatori della natura e della logica delle maglie d'insediamento umano. Il modello qui presentato è stato realizzato non tanto per una simulazione fine a se stessa, quanto per l'acquisizione di nuovi spunti per la comprensione dello spazio sociale e delle maglie del periodo medievale nel suo complesso.

3.2 La nascita del modello

L'opera di costruzione di un modello matematico per la simulazione di condizioni ambientali dei periodi storici è sostanzialmente un'attività di tipo teorico. Questo dipende dal fatto che nella ricerca storica è impossibile realizzare un rilevamento per valori di riferimento riguardanti le variabili impiegate nel modello.

La simulazione delle condizioni, in questo caso della viabilità, parte dalla considerazione che lo spostamento di uomini o merci attraverso uno spazio reale può variare per porzioni di tragitto equivalenti. In altre parole, il costo di percorrenza di un miglio non è sempre lo stesso di quello di un altro miglio. Perfino il costo di percorrenza dello stesso miglio di strada può variare secondo il periodo dell'anno (MACCHI JANICA 2000).

Nel nostro caso, la soluzione tecnico-informatica più efficace e appropriata per la costruzione di modelli simili è quella di griglie cartografiche digitali o formato *grid*: tipo di file che si caratterizza per il suo notevole grado di duttilità e flessibilità nelle operazioni e fasi tipiche di creazione e applicazione delle analisi spaziali.

Qui di seguito vengono enumerate le quattro variabili, o fattori, impiegate nella costruzione del modello.

3.2.1 La pendenza

La prima variabile presa in considerazione è quella della pendenza del terreno, per la quale viene assunto come coerente il ragionamento secondo cui lo spostamento attraverso terreni pianeggianti sia di gran lunga preferito rispetto a quello attraverso terreni inclinati. In un tempo dove il deterioramento delle antiche strade romane e l'inadeguatezza dei mezzi era notevole, i percorsi pianeggianti dovevano apparire nel complesso quelli più allettanti. Indubbiamente, tratti corti e ripidi potevano essere di grande utilità per la difesa diretta e indiretta di alcuni insediamenti; ma resta il fatto che, in un modello di transitabilità, il terreno pianeggiante doveva essere indubbiamente il migliore, o comunque il meno costoso.

Tale congettura è evidente per lo spostamento dal basso all'alto; molto meno per la rotta inversa visto che le discese possono senz'altro apparire meno dispendiose dei terreni pianeggianti. Occorre ricordare, però, come ogni discesa si trasformi, al ritorno, a volte gravosamente, in una salita. Ad esempio, 2 km pianeggianti per l'andata e poi per il ritorno sembrano meno faticosi di 2 km in discesa più altri 2 in salita.

Per l'utilizzo di questa prima variabile all'interno del modello è necessaria, per prima cosa, la preparazione di un layer *grid* attraverso l'alterazione del DTM della regione Toscana. Quest'ultimo va dapprima sottoposto alla funzione di *slope* (cfr. Appendice, comando 7). A questo riguardo bisogna sottolineare come sia ArcInfo che ArcView consentono la produzione di livelli cartografici di *slope* in scala di gradi d'inclinazione e percentuale (*percentrise*) d'inclinazione con l'unica differenza che, in ArcView, la funzione di *slope* in percentuale d'inclinazione deve essere eseguita attraverso una *request* in Avenue. Nel presente caso, il livello primario è stato prodotto utilizzando l'opzione per l'assegnazione in valori percentuali. Tutti i comandi presentati di seguito sono relativi ad ArcInfo (*map-algebra*) per motivi di sintesi e chiarezza espositiva. Voglio insistere, però, sul fatto che l'intero processo qui descritto può essere completamente riproposto ed emulato attraverso diverse combinazioni di comandi in ArcView con Spatial Analyst v.1.1 o v.2.

Successivamente, tutte le celle con valori superiori a una determinata percentuale di pendenza, in questo caso 200, devono essere appiattite su questa stessa misura (comando 8). Questa scelta, apparentemente arbitraria, ha lo scopo di rendere la scala definitiva più ampia ed eloquente per la maggior parte delle pendenze: sopra questo punto (200) si trova solo il 4% delle aree. Detto in altre parole, si vuole rendere più utile la scala per le pendenze normali a discapito di quelle estreme o, comunque, difficilmente praticabili in condizioni normali dall'essere umano.

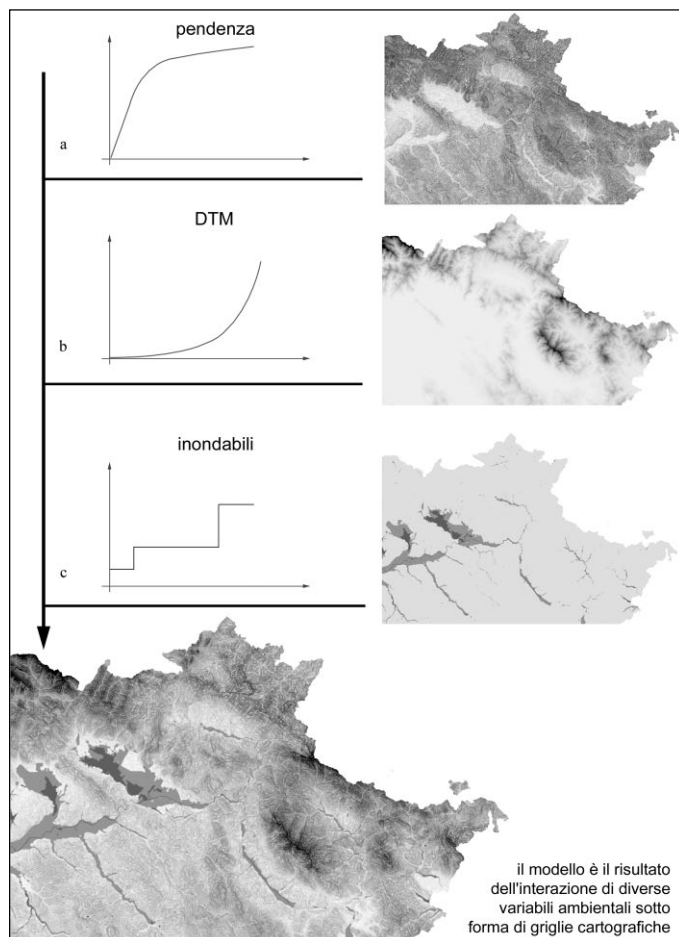


Fig. 2 – La costruzione del modello spaziale attraverso l'incorporazione di più variabili.

Successivamente, la scala di pendenza (0-200) va ricondotta a una scala tra 1 e 5: per i terreni pianeggianti 1, per quelli con un leggero declivio 2 e così di seguito (Fig. 2a, comando 9). Queste unità rappresentano già un indicatore di costo. I terreni completamente piatti devono essere comunque portati a 1 e non possono essere lasciati su 0. Questo dipende dal fatto che, in ogni caso, la loro percorrenza ha un costo e, nelle fasi successive, valori pari a 0 finirebbero, appunto, per azzerare il costo di attraversamento di ($x \times 0 = 0$) celle nel momento in cui questa variabile dovesse essere moltiplicata con altri fattori. La trasformazione della scala, però, non potrà essere realizzata in modo lineare o direttamente proporzionale. Infatti, è da supporre che,

anche se i terreni pianeggianti hanno un costo molto basso di percorrenza, incrementi minimi nella pendenza possono far salire in modo sempre più marcato i prezzi di percorso.

La formula della radice quadra della scala di pendenza divisa per 3,55 più 1 (comando 9) è servita per compiere la trasformazione di scala sul territorio toscano, ma deve ovviamente essere modificata per altri contesti geografici. Nei prossimi passaggi dell'elaborazione questa griglia cartografica con scala tra 1 e 5 dovrà essere combinata con le altre variabili del modello.

3.2.2 La quota sul livello del mare

La fase successiva della costruzione del modello è stata l'incorporazione della variabile relativa alla quota sul livello del mare. In questo caso si parte dalla congettura secondo cui lo spostamento e il trasporto sono sempre più agevoli a quote basse che a quote alte. Tale supposizione si basa sull'ipotesi che, durante la maggior parte dell'anno (almeno per tre quarti), le temperature miti delle quote basse permettono uno spostamento più agevole e comodo. Bisogna sottolineare, però, che le differenze nelle quote sul livello del mare hanno comunque un'influenza più contenuta che quelle della pendenza.

Per questo motivo si è proceduto con la conversione dei valori del DTM a una scala di numeri frazionari solo tra 1 e 3. Tra le variabili di pendenza e quota sul livello del mare sussiste un'altra differenza: l'incremento progressivo della quota non si traduce, all'opposto, in un incremento così accentuato dei costi di percorrenza. Ad esempio, non dovrebbero esserci differenze sostanziali o così marcate per tragitti a 50 e 300 metri sul livello del mare. Man mano che si raggiungono quote più elevate, ad esempio 800 o 1000 m, i valori di costo possono invece innalzarsi in modo più netto (Fig. 2b, comando 10). Date le caratteristiche altimetriche della regione Toscana (quota minima -3 m e quota massima 2036 m), la seguente formula algebrica sembra risolvere l'intero processo di conversione di scala: $(dtm * (dtm / 1000) / 2000) + 1$.

Una volta ottenuto questo secondo *grid*, si è proceduto alla sua fusione con quello della pendenza. Può essere dedotto che valori di pendenza bassi associati a quote intermedie o basse avessero costi molto inferiori che tratti in quota con livelli d'inclinazione notevoli. Per rendere queste differenze più marcate, è preferibile procedere a una moltiplicazione piuttosto che a un'addizione dei valori fra i due layer (comando 11).

3.2.3 Le paludi e i terreni inondabili

I livelli incorporati hanno consentito la creazione di un modello abbastanza ampio e coerente. Si tratta comunque di fattori riferibili esclusivamente alle caratteristiche morfologiche del terreno; cioè relativi alla forma e inclinazione dello spazio. Per rendere il modello più affidabile, è necessario includere variabili relative alle qualità specifiche delle terre in questione. Data

la natura consuetudinaria e non istituzionale dei percorsi, le caratteristiche del suolo rappresentano forse uno dei fattori di maggiore importanza nella transitabilità medievale. È da ipotizzare una decisa tendenza a evitare percorsi attraverso paludi e zone allagate, che avrebbero comportato un incremento considerato e non necessario dei costi di transitabilità.

Per perfezionare le caratteristiche e la qualità del modello, è necessario l'impiego dei dati relativi alle paludi e alle aree inondabili. Il modello finora prodotto si caratterizza per il fatto che i terreni pianeggianti, a bassa quota, risultano essere di gran lunga i meno costosi. Ciò indubbiamente può risultare fuorviante visto che, di fatto, gran parte di questi terreni nel Medioevo non doveva essere praticabile per la maggior parte dell'anno a causa di allagamenti e inondazioni. Lo scopo di questo stadio nello sviluppo del modello è di indirizzare le preferenze di transito sulle aree a confine tra pianure e i piedi collinari.

In questa fase è stato impiegato un layer vettoriale con tre diversi livelli di rischio d'inondazione. Nella sua conversione a formato *grid* è stato assegnato il valore 3 alle zone a rischio più basso, 7 a quello medio e 10 a quelle a rischio più alto (Fig. 2c, comando 12). Una volta predisposta, tale griglia è stata sommata a quella precedentemente apprestata per pendenza e quota.

3.2.4 I fiumi

L'ultima variabile da inserire nel modello è quella relativa ai fiumi. In questo caso, l'inferenza di partenza è quella secondo cui i collegamenti avvengono cercando di realizzare la minore quantità possibile di transiti attraverso fiumi e corsi d'acqua. Alcune obiezioni potrebbero essere mosse a questa supposizione: il fiume rappresenta innanzitutto un percorso, un vettore di transito. Il fiume costituisce, in ogni caso, una rete autonoma rispetto ai possibili percorsi terrestri. Ma, anche se i tratti navigabili possono migliorare la transitabilità in un territorio, è vero anche che imbarco e sbarco di persone e merci hanno un costo non indifferente.

In questo caso, un reticolo vettoriale dell'idrografia della regione Toscana è stato convertito al formato *grid* (comando 14). Per garantire al fiume la natura di deterrente, a ogni cella corrispondente a un corso d'acqua è stato assegnato valore 60, data la notevole accumulazione raggiunta da ampie porzioni del modello con i tre fattori precedenti. Questo non significa che i fiumi non verranno attraversati nel modello; ma ciò verrà fatto solo nel luogo più adatto, il minor numero di volte possibili.

3.3 L'impiego del modello: il caso delle città vescovili

Le quattro variabili, fuse in un'unica griglia numerica (comando 15), rappresentano il registro di costo di transito per ogni singola particella di territorio. I costi rappresentati sono teorici, visto che tutti i fattori sono stati

incorporati partendo dai presupposti ipotetici sopra esposti; pertanto, senza un esame dei risultati prodotti con il supporto del modello, esso non ha alcuna validità. Eccezionalmente, i pronostici relativi alle possibilità d'impiego del modello non rendevano giustizia alle opportunità che effettivamente in un secondo momento esso ha permesso di realizzare.

Inizialmente la griglia è stata impiegata per avviare un processo d'analisi dei possibili percorsi o collegamenti tra pievi e città diocesane. In questa fase non sono state quindi incluse quelle realtà urbane prive di una figura vescovile.

Grazie a J. Plesner, il tema dei collegamenti tra pievi e città si è costituito come uno degli argomenti storiografici di maggiore tradizione nel panorama complessivo della storiografia medievale. Secondo lo studioso danese, i collegamenti tra pievi si costituivano come la base della viabilità medievale. Ovviamente una teoria simile non poteva non incontrare grosse difficoltà. Di fatto è da supporre che ogni sistema d'insediamento, incluse le pievi, doveva compiere funzioni diversificate su più livelli o comunque non esclusive. Lo studio quantitativo delle reti d'insediamento non può che rilevare valori positivi su più livelli: collegamento, densità, rapporti con le risorse naturali, ecc.

Per lo sfruttamento del modello è stato necessario concentrarsi nuovamente su ArcInfo. In questo caso, è stata impiegata la funzione COSTDISTANCE, per creare una griglia di costo progressiva a partire dal layer puntuale delle città vescovili della *Tuscia*, combinandolo con il modello di costo generale della Toscana prima illustrato. Il risultato di questa operazione (Fig. 3, comando 17) può essere interpretato come il quadro di distorsione dello spazio che circonda la città. In altre parole, sul piano cartografico, la distanza da e verso la città non può essere più misurata in metri o chilometri ma in unità di costo. Questo significa che pievi, poste a distanze euclidee identiche da una certa città, avranno, come percorso reale più breve, lunghezze di tragitto diverse. Anche se apparentemente alla stessa distanza dalla città, un pantano, una collina o la pendenza del terreno, possono rendere il percorso euclideo di una lunghezza variabile e superiore a quello immediatamente intuibile dalla carta.

Una volta applicato l'algoritmo, si giunge a un prodotto cartografico che mostra la deformazione delle fasce progressive attorno alle città. Questa griglia rappresenterebbe, in base alle argomentazioni sopra esposte, un documento di maggiore validità rispetto al piano di *buffer zones* che usualmente si tracciano presso gli insediamenti per lo studio della distribuzione attorno ad essi.

A questo punto, grazie al comando COSTPATH, è possibile tracciare il percorso meno costoso da ogni singola pieve alla città più vicina (sempre in termini di costo e non di distanza metrica). Per questo motivo, la pieve non verrà collegata al vescovo di appartenenza ma semplicemente alla città più vicina. Il risultato di tale operazione (Fig. 4, comando 19) è un gruppo di reti

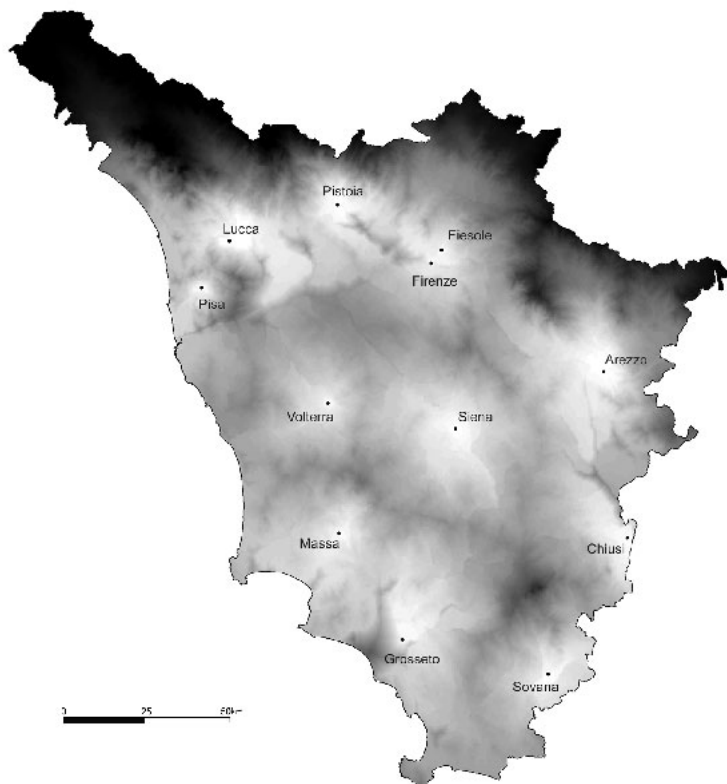


Fig. 3 – Il modello di distorsione spaziale riferito alle città medievali.

radiali formate da collegamenti irregolari. In base a tutte le operazioni compiute fino a questo punto, tali reti di collegamenti dovrebbero rappresentare la base del sistema di collegamenti della transitabilità per la Toscana nel Medioevo.

Il prodotto di queste elaborazioni è una rete di tipo teorico. Proprio per questo motivo va fatta una valutazione complessiva del valore intrinseco della rete, attraverso un confronto con le ricostruzioni critiche dei percorsi già realizzate dalla ricerca storica.

Il primo paragone (Fig. 5) è stato realizzato con la ricostruzione di alcuni tratti della via Francigena per il territorio della Val d'Elsa (STOPANI 1995). Come si può osservare, i percorsi ricavati dal modello si sovrappongono in larga misura a quelli ipotizzati dalla ricostruzione storica. Anche se la sovrapposizione non è perfetta, indubbiamente la valutazione è positiva. Infatti va considerato in primo luogo che il modello è, in definitiva, una griglia con risoluzione a 100 m e poi che la ricostruzione storiografica presenta, in ogni caso, un notevole grado d'imprecisione, poiché anch'essa si costituisce



Fig. 4 – Ipotesi basata sul modello di distorsione relativa ai collegamenti ottimali tra pievi e città.

in certa misura come una ricostruzione di tipo teorico. Per tale motivo, questa ricostruzione può essere impiegata solo per una valutazione qualitativa e non quantitativa del modello matematico proposto.

Alla luce di questo confronto qualitativo potrebbe essere ipotizzata la funzione di aree di transito medievali per gli altri tratti e rami della rete? In gran parte dei casi, la risposta a tale domanda può essere data con una semplice ispezione di alcuni tratti. In particolare mi riferisco ai rami ottenuti tra le città di Arezzo e Firenze, che sembrano ricostruire in modo accurato la via dei Setteponti.

Le possibilità d'impiego del modello non si limitano al campo teorico. Grazie ai riscontri positivi ottenuti per la rete di collegamenti è possibile immaginare un utilizzo della densità dei percorsi come un indicatore utile alla selezione di aree campione per possibili ricognizioni future.

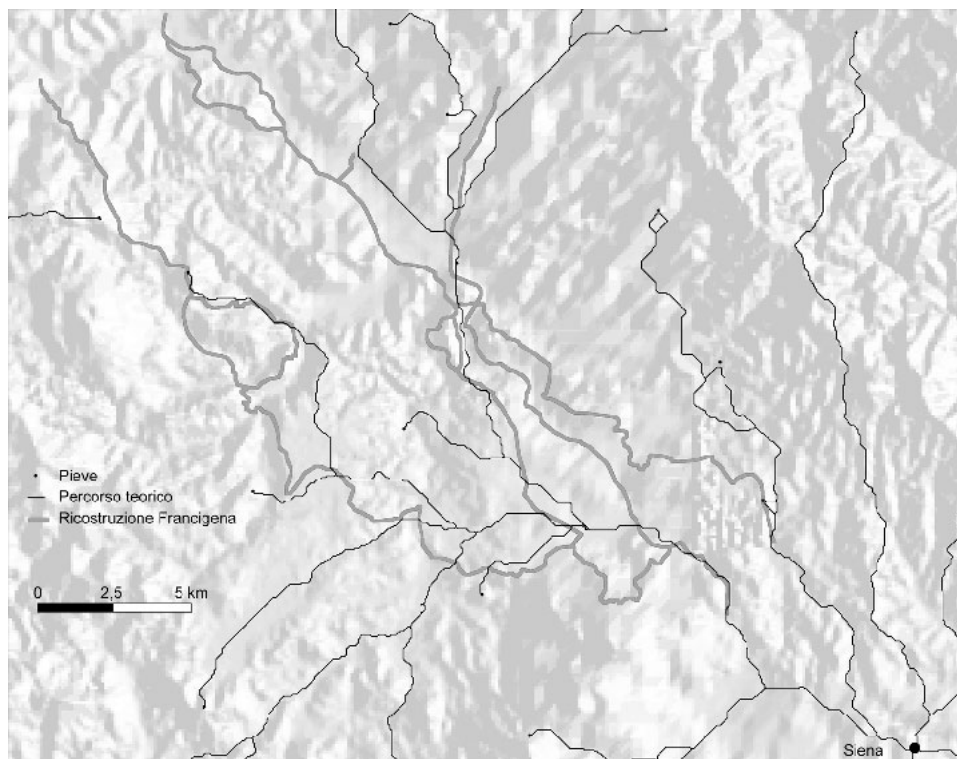


Fig. 5 – Confronto tra una ricostruzione storica e i collegamenti teorici.

3.4 La distanza dalle città

Il potenziale e le possibilità dei modelli esposti non si esauriscono nei risultati appena illustrati. In particolare, il modello delle fasce di costo progressive dalle città si è dimostrato di grande peso per la comprensione di altri aspetti relativi ai fenomeni d'insediamento medievale.

Uno degli argomenti di maggiore importanza per gli studiosi del paesaggio medievale è quello del rapporto tra città e castelli. È chiaro che questo tema non esaurisce l'intero dibattito sull'incastellamento. Resta il fatto, però, che il rapporto tra centri urbani e villaggi fortificati è, in ogni caso, uno dei temi di maggiore interesse nel panorama dello studio del territorio medievale. Nonostante questo rilievo, non sono molti i risultati concreti che sono stati prodotti per ricavare e quantificare in modo critico i rapporti geografici, o spaziali, effettivi che intercorrono tra realtà castrensi e urbane.

Fino ad oggi, anche i temi e i rapporti più chiari e semplici, come quelli tra castello e città, apparivano al ricercatore dei paesaggi fossili nel pieno della loro disarmante complessità. Non credo però nella possibilità di solu-

zioni semplici a problemi complessi, soprattutto se siamo sprovvisti di strumenti sofisticati. Per anni, o forse decenni, castelli e città hanno coabitato su carte di alcune pubblicazioni archeologiche e storiche senza che alcun senso o logica distributiva tra i due fenomeni potesse effettivamente essere evidenziato. Potrebbero, in un futuro, i modelli matematici contribuire a rendere più comprensibile il quadro delle forme d'occupazione sociale dello spazio? Tenterò di dare una risposta a questa domanda illustrando alcuni dei risultati raggiunti grazie agli stessi modelli fin qui esposti.

Uno dei modi più rilevanti per giungere a una quantificazione imparziale e concreta delle forme d'insediamento è la densità. Tale misurazione può essere molto importante se associata ad altri fattori come la distanza da particolari tipi d'insediamento. In questo caso, però, grazie al modello prodotto, la densità castrense non sarà intersecata con i valori relativi alle distanze euclidee ma con i buffer di costo attorno alle città.

Il modello è stato scomposto in fasce progressive di 5000 unità di costo. Per ogni fascia di costo è stata calcolata la densità castrense in base alla quantità di castelli divisa per l'area occupata dalla somma totale di ettari delle fasce appartenenti alla stessa categoria. Tale riscontro è stato realizzato per la maglia d'incastellamento appartenente al 1300. I risultati di tale confronto sono illustrati nella Fig. 6 che mostra sull'asse orizzontale la sequenza progressiva dei buffer in unità di costo, su quello verticale sinistro la densità castrense e su quello verticale destro la quantità di ettari relativi a ogni fascia. La curva grigia e spessa mostra i valori di densità castrense relativi a ogni singolo buffer (da leggere con la scala sinistra) e, infine, quella nera tratteggiata mostra la quantità di chilometri quadri per buffer (da leggere con la scala destra).

Il grafico risulta di grande interesse perché mostra un chiaro e netto confine nelle forme d'occupazione dello spazio da parte del fenomeno castrense. Tra 0 e 20.000 sembra esserci una densità scarsa ma in salita costante. Poco prima delle 20.000 unità la curva raggiunge una quota stabile: regolarità che entra in una sequenza caotica solo per il calo brusco della quantità di ettari per buffer. Il grafico consente, in primo luogo, di evidenziare, con un elevato grado di precisione geografica e rigore critico, il passaggio netto da un particolare tipo di assestamento insediativo riferito alle realtà urbane a quello di un mondo rurale più remoto.

Lo stesso modello permette ulteriori valutazioni. I buffer progressivi equivalenti al modello di costo dalle città vescovili rappresentano anche, in qualche misura, una sorta di distorsione dello spazio ecologico. Ho usato il termine "ecologico" perché nel modello, così come presentato in questa sede, hanno trovato luogo esclusivamente variabili di tipo ecologico; per un futuro molto vicino, non escludo la manipolazione evoluta, all'interno di modelli simili, di variabili di tipo sociale.

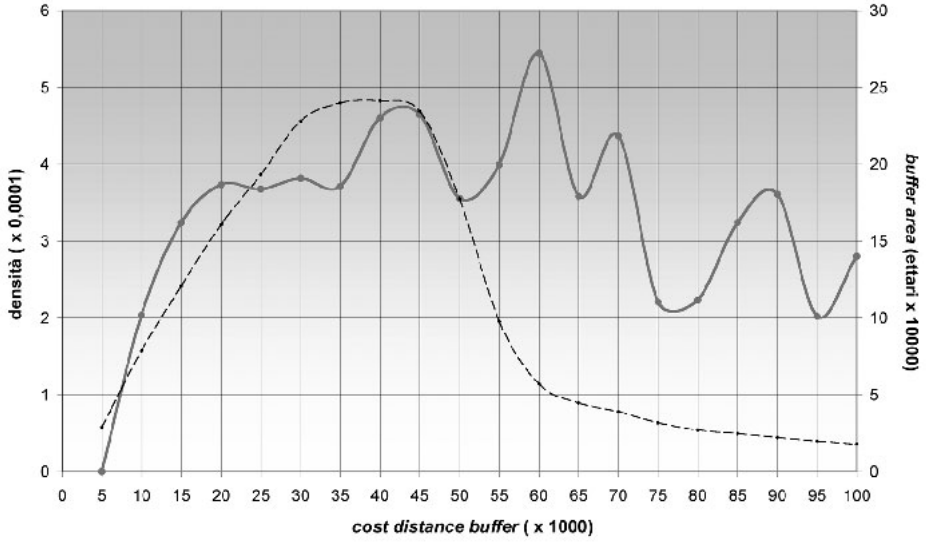


Fig. 6 – Istogramma della densità castrense misurato sulle fasce del modello di distorsione.

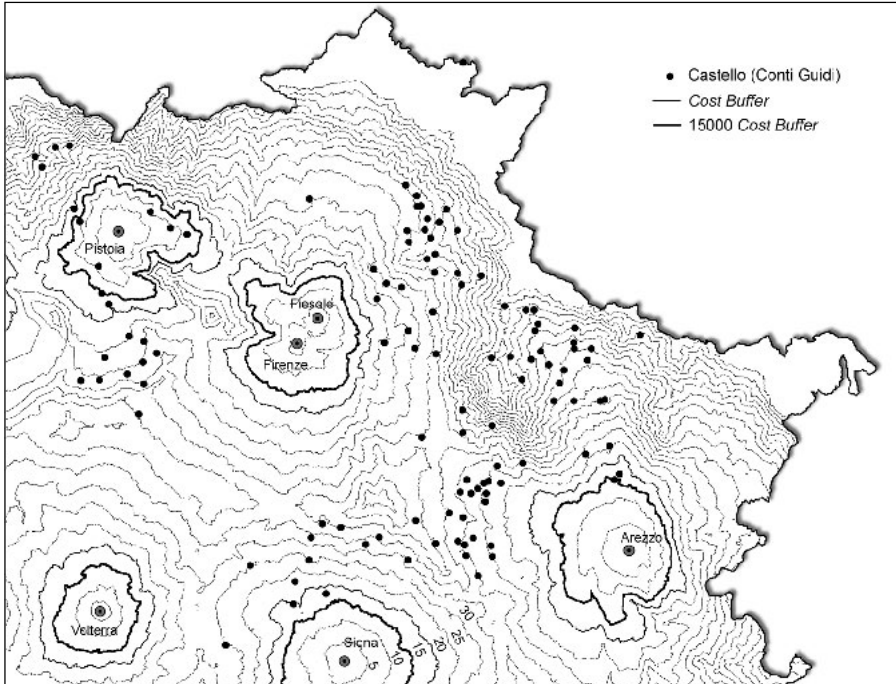


Fig. 7 – Distribuzione delle proprietà dei conti Guidi in relazione alle fasce del modello.

Tale distorsione si è dimostrata di grande valore nella rilevazione della “logica distributiva” dei castelli appartenenti alle grandi famiglie comitali. La Fig. 7 mostra la distribuzione dei castelli appartenenti ai conti Guidi. Addirittura il solo esame a occhio nudo permette di apprendere una notevole sistemazione o adattamento della distribuzione dei castelli alle pieghe e ondulazioni del modello. Questo è un fatto di grande rilievo perché, per la prima volta, nel quadro complessivo della storiografia medievale italiana, è stato prodotto un paradigma geografico non tautologico, a partire da variabili ecologiche, capace di “dare senso” e permettere una lettura coerente delle logiche distributive di un fenomeno d’insediamento specifico.

4. CONCLUSIONI

Lo studio dei paesaggi storici si è da sempre caratterizzato per una scarsità complessiva della documentazione a disposizione dei ricercatori. L’incremento dei canoni e del rigore critico, unito alla scarsità complessiva di “notizie” affidabili, ha spesso costretto gli studiosi alla costruzione di modelli storici incompiuti e altamente frazionati. La produzione e l’acquisizione di nuove *informazioni* appaiono, di conseguenza, come requisiti fondamentali per la corretta prosecuzione delle ricerche sulle forme d’insediamento antropico.

Contemporaneamente però, si assiste a un tacito pregiudizio accademico per il quale documenti considerati poco affidabili o di scarso spessore vengono sommariamente scartati; mi riferisco, in questo caso particolare, alle maglie d’insediamento umano. Tutti parlano e discutono di maglie d’insediamento; ma in che termini? Qual è, nelle scienze storiche, lo spessore scientifico del dibattito sulle maglie d’insediamento antropico? L’intera discussione si esaurisce, nella maggior parte dei casi, in un possibilismo di tipo generalizzante. Le carte di distribuzione sono presenti su ogni pubblicazione archeologica; ma queste solo poche volte giungono al livello d’*informazione*, alla conoscenza in uno stato dinamico.

Il problema non risiede certamente nel documento. Infatti nessuno sminuisce apertamente il potenziale o la natura di questo tipo di documento e nessuno lo farà perché ciò comporta la negazione stessa dell’oggetto di studio. Le maglie d’insediamento umano invece si configurano come una delle risorse documentarie di maggiore peso nell’intero sistema delle fonti sul Medioevo. Il problema ruota attorno al tipo d’approccio che deve essere adottato nella loro lettura.

Ma questo non è tutto: lo studio dei paesaggi storici ci ha abituato a trascurare gli aspetti ambientali. Il disinteresse verso l’ecologia non è diretto; anche se tutti dichiarano che il rapporto tra uomo e ambiente è di grande importanza, pochi percorrono tale via senza perplessità. Sicuramente l’ambiente ha poca importanza per noi occidentali. Ma si concorderà sul fatto che l’indifferenza e la negligenza nei confronti dell’ecologia, caratteristiche delle

nazioni più sviluppate, non possono essere certamente attribuite indistintamente all'uomo oggetto dei nostri interessi. Egli viveva certamente dentro l'ambiente e con quest'ultimo aveva dovuto stabilire un equilibrio. Lo dimostra la sopravvivenza di particolari "modi di vita" per lunghi intervalli di tempo. Prova concreta dell'esistenza di questo equilibrio sono le molte correlazioni positive che si mettono in evidenza quando nella ricerca storica si procede, con il supporto della geografia quantitativa, a intrecciare variabili socio-culturali ed ecologiche.

L'uomo non vive solo di idee; e certamente non lo potremo misurare solo con le idee. «L'uomo è il prodotto della superficie terrestre. Ciò non significa solo che è una creatura terrestre...; ma che la terra lo ha allevato, lo ha nutrito, ha stabilito i suoi compiti, lo ha posto di fronte alle difficoltà (...) e allo stesso tempo gli ha suggerito i mezzi per risolvere queste situazioni» scriveva Ellen Churchill Semple.

GIANCARLO MACCHI JÁNICA
Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti
Università degli Studi di Siena

Appendice: sequenza di comandi per ArchInfo

N.	Comando
0	%>
1	%>arc
2	Arc: w myWorkspace
3	Arc: grid
4	Grid: mapextent myToscana
5	Grid: setmask myToscana
6	Grid: setcell 100
7	Grid: mySlope = slope(myDtm, PERCENTRISE)
8	Grid: mySlope2 = con(mySlope >200, 200, mySlope)
9	Grid: mySlope3 = (sqrt(mySlope2) div 3.55) + 1
10	Grid: myLevel = (myDtm * (myDtm div 1000) div 2000) + 1
11	Grid: myA_Model = mySlope3 * myLevel
12	Grid: myFlood = polygrid(toscanaFlood, myCosts, #, #, 100)
13	Grid: myB_Model = myA_Model + myFlood
14	Grid: myWater = linegrid(toscanaRivers, myCost, #, #, 100, NODATA)
15	Grid: finalModel = myWater + myB_Model
16	Grid: myCity = pointgrid(diocesanCities, #, #, #, 100, NODATA)
17	Grid: cityModel = costdistance(myCity, finalModel, myBLink, #, #, #)
18	Grid: myParrish = pointgrid(pieviTuscia, #, #, #, 100, NODATA)
19	Grid: myPath = costpath(myParrish, cityModel, myBLink, #)

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.R. 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 (trad. italiana, *Le località centrali della Germania meridionale*, Milano, Franco Angeli).
- 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, *Landscape Ecology and GIS*, London, Taylor & Francis.
- DE SILVA M., PIZZIOLLO G. 2001, *Setting up a "human calibrated" anisotropic cost surface for archaeological landscape investigation*, in Z. STANČIĆ, T. VELJANOVSKI (eds.), *Computing Archaeology for Understanding the Past CAA 2000*, BAR International Series S. 931, Oxford, 279-286.
- FEYERABEND P.K. 1996, *Ambiguità e armonia*, Bari, Laterza.
- FRANCOVICH R. 1990, *Dalla teoria alla ricerca sul campo: il contributo dell'informatica all'archeologia medievale*, «Archeologia e Calcolatori», 1, 15-26.
- FRANCOVICH R., GINATEMPO M. (eds.) 2000, *Castelli, storia e archeologia del potere nella Toscana medievale*, I, Firenze, All'Insegna del Giglio.
- GAMBI L. 1952, *Le Rationes Decimarum: volumi e carte, e il loro valore per la storia dell'insediamento umano in Italia*, Imola, Cooperativa Tipografica Editrice "P. Galeati".
- GINATEMPO M., GIORGI A. 1996, *Le fonti documentarie per la storia degli insediamenti medievali in Toscana*, «Archeologia Medievale», 23, 7-52.
- HARVEY D. 1978, *Il linguaggio della forma spaziale*, in V. VAGAGGINI (ed.), *Spazio geografico e spazio sociale*, Milano, Franco Angeli Editore.
- HODDER I. 1982, *Symbols in Action. Ethnoarchaeological Studies of Material Culture*, Cambridge, Cambridge University Press.
- HODDER I. 1984, *Disertación de Ian Hodder*, in *Archeología Espacial, Coloquio sobre distribución y relaciones entre los asentamientos (Teruel 1984)*, Teruel, Colegio Universitario de Teruel.
- HODDER I., ORTON C. 1976, *Spatial Analysis in Archaeology*, Cambridge, Cambridge University Press.
- MACCHI G. 1999, *Las bases de datos en la investigación arqueológica*, Barranquilla, Ediciones Uninorte.
- MACCHI JÁNICA G. 2000, *Il problema della misurazione delle distanze fra insediamenti umani nella ricerca archeologica*, «Archeologia Medievale», 27, 7-19.
- MITCHELL A. 1999, *The ESRI Guide to GIS Analysis*, Redlands, ESRI Press.
- OLSSON G. 1980, *Birds in Egg*, London, Pion Limited.
- PLESNER J. 1979, *Una rivoluzione stradale del Duecento*, Firenze, Parafava.
- POPPER K.R. 1957, *The Poverty of Historicism*, London, Routledge & Kegan.
- POPPER K.R. 1994, *Poscritto alla logica della scoperta scientifica. Il realismo e lo scopo della scienza*, Milano, Il Saggiatore.
- SHIFFER M. 1988, *The structure of archaeological theory*, «American Antiquity», 53, 3, 461-485.
- STOPANI R. 1995, *Guida ai percorsi della via Francigena*, Firenze, Le Lettere.
- 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 purpose of this article is to illustrate the enormous opportunities that the archaeologist is offered in the study of historical landscapes by the process of reconstructing spatial models. This formal process is characterised by the progressive incorporation of social and ecological variables in the form of numerical cartographic surfaces within a given model. In fact, the distortion of social space requires such a quantity, variety and complexity of operations that they could not be realised and synthesised without the help of a computer. Once this process has been completed, it can be exploited in various fields, like the history of roadways and transportation networks, or for a better comprehension of the effects of certain settlement layers on other levels of social occupation of space.

