

## I GIS e la ricerca geografica

Molte discipline hanno contribuito allo sviluppo dei sistemi di informazione geografica (GIS) e, a loro volta, i GIS sono stati utilizzati in svariati settori come strumento di ricerca; ciononostante, non vi è dubbio, che i GIS hanno un rapporto privilegiato con la geografia. Questo contributo affronta alcuni aspetti di questo rapporto e in particolare per quanto concerne la ricerca geografica.

Un dibattito vivace è sicuramente stimolante. Molti si aspettano da me, credo, una forte difesa a favore dei GIS e forse anche una risposta alle recenti critiche. Affermazioni come "GIS über alles" (Smith, 1992) sono comparse nelle riviste geografiche più autorevoli; inoltre un collega ha scritto che "gli scopi principali dei GIS sono quelli di favorire la tecnica e l'ideologia della normalizzazione" (Pickles, 1991, p. 83). Altri autori, come Openshaw (1991), si sono invece pronunciati decisamente a favore dei GIS anche in un aperto dibattito disciplinare in cui altri colleghi esprimevano invece un parere opposto (Openshaw, 1992; Taylor, 1991; Overton, 1991).

Tuttavia Smith (1992) coglie nel segno quando afferma che la letteratura sui GIS ne enfatizza l'applicazione in campo civile ma tende ad ignorare quella in campo militare; ed anche Pickles ha ragione quando afferma che i GIS possono essere molto utili per la protezione civile. In quanto membri del mondo accademico, è nostra responsabilità riflettere su tutti gli aspetti dei GIS, dalla struttura alla funzionalità, e su aspetti più profondi relativi al loro significato per la società. Se non è facile scorgere il potere in una carta geologica, oppure leggere la politica nella misura della tem-

peratura, aspetti etici profondi sorgono in relazione ad altre applicazioni GIS: una tecnologia che può essere usata per promuovere la democrazia, può al tempo stesso negarla. La carta dei distretti elettorali della Carolina del Nord del 1992 (fig. 1) è stata realizzata con un GIS per favorire le minoranze, ma le generazioni precedenti avrebbero considerato la creazione di un distretto così artificiale come un forte abuso del processo elettorale. Un'altra rappresentazione ottenuta sempre con tecniche GIS confronta la localizzazione delle industrie emittenti gas chimici tossici a Los Angeles con la localizzazione di aree censuarie occupate principalmente da minoranze etniche. Nonostan-

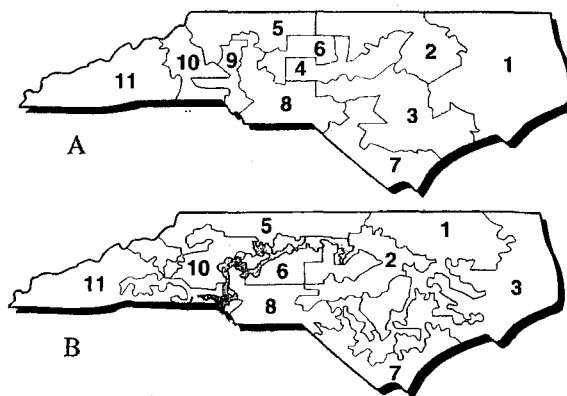


Fig. 1. I distretti elettorali della Carolina del Nord al 1990 (A) e al 1992 (B), formati con i nuovi criteri di ripartizione. La parte in grigio rappresenta il dodicesimo distretto creato. (Fonte: Goodchild, 1993, p. 32; nostra elaborazione).



te la rappresentazione offra una descrizione importante delle associazioni spaziali, ha avuto un ruolo insignificante nelle elezioni del 1992.

Il ruolo che i GIS hanno assunto nella società è sicuramente un aspetto importante della relazione che essi hanno con la ricerca geografica, e forse si tratta del più importante rispetto ad altri, ma comunque vi sono altri aspetti che non possiamo dimenticare. Chi studia i GIS dovrebbe essere conscio dei possibili usi di tali tecnologia, sia nel bene che nel male, e delle difficoltà che si incontrano nell'operare tale distinzione, anche col senno di poi. Generalmente gli autori assumono posizioni estreme nel corso del dibattito per rendersi più interessanti o perché si sentono obbligati a presentare la loro posizione in modo forzato per controbattere qualcosa che considerano una tradizione non corretta. Mi sembra assurdo suggerire che tutti gli utenti e coloro che sviluppano i GIS debbano considerare la loro relazione con la Guerra del Golfo (Smith, 1992) in modo analogo al problema morale che Robert Oppenheimer si pose in relazione alla bomba atomica oppure sostenere che i GIS siano una tecnologia per la protezione civile (Pickles, 1991) o ancora che i GIS, nelle vesti di cavaliere bianco, ricostituiranno l'ordine nella geografia (Openshaw, 1991). Anche se questo dibattito può risultare divertente per un po', restano alcuni punti importanti e interessanti da risolvere, questioni scientifiche da ricercare nei GIS e sarebbe un peccato se andassero perse nella disputa sulle posizioni da assumere. Spero che il lettore sia convinto, alla fine di questo contributo, che i GIS e la geografia costituiscono degli ambiti piuttosto limitati di specializzazione, e l'uno deve all'aiuto dell'altro la propria sopravvivenza.

Nei paragrafi successivi cercherò di affrontare la relazione tra GIS e ricerca geografica in tutte le sue dimensioni. Così il primo paragrafo inizia con una introduzione sulla tecnologia GIS e poi prosegue con una panoramica sulla ricerca in materia di GIS e sulla natura della comunità di ricerca sui GIS. La parte successiva descrive la ricerca attraverso i GIS e il ruolo che i geografi possono assumere in un contesto di ricerca multidisciplinare. La sezione finale affronta brevemente il problema dell'etica dei GIS e il loro significato nella società e si conclude con un appello rivolto ai geografi che svolgano ancora ricerche su questo argomento.

Prima di iniziare, mi sembra opportuno presentare il contesto in cui questo contributo si è sviluppato. Se i GIS devono essere considerati in un contesto anche lo scrivere sui GIS necessita altrettan-

to. Mi sono laureato in fisica e ho seguito un dottorato in geografia fisica e per questo mi scopro ancora capace di scrivere parole come *scientifico*, *oggettivo*, e *verità* senza porle tra virgolette e di associare il nome "Foucault" con un pendolo. Anche se sarei d'accordo che le scienze sociali spesso dicono tanto a proposito dell'osservatore quanto a proposito dell'osservato, ho potuto riscontrare poche alternative al positivismo tra le scienze fisiche fondamentali. Anche se la maggior parte della letteratura sui GIS può essere criticata in quanto ignora le applicazioni militari che vengono effettuate, mi sembra che molta letteratura in geografia sul declino del positivismo ignori la parte fisica della disciplina. Naturalmente una buona parte dell'attrazione che esercitano i GIS è dovuta alla possibilità, che offrono, di superare la dicotomia umano/fisico. Così se alcuni autori (Heywood, 1990; Taylor, 1990) vedono nei GIS la rinascita del positivismo, io vedo in molta letteratura sui GIS l'intero spettro delle possibilità, dal positivismo al vertice opposto. I cartografi che scrivono sui GIS spesso hanno serie obiezioni da sollevare sull'uso di parole come *verità* mentre gli esperti della *computer science* sembrano altrettanto a disagio con la parola dibattito.

Ma per quanto possa essere forte la posizione contro il positivismo nelle scienze sociali, credo che quantificazione, analisi, modelli matematici e concetti simili costituiscano comunque punti di riferimento più che validi. L'oggettività è sempre compresa nella soggettività dell'esperienza umana e il successo di discipline come la fisica sta nella loro capacità di attribuire oggettività ad un grande insieme di fenomeni. Nelle scienze sociali, il livello di oggettività è molto più limitato e il contesto soggettivo emerge immediatamente. Anche se piccole, le parentesi di oggettività – fra cui i modelli di interazione spaziale, la teoria delle località centrali, la microeconomia – offrono dei punti di riferimento che rendono possibile il dibattito e il progresso intellettuale.

### La natura dei GIS

I GIS vengono definiti in molti modi ma la maggior parte delle definizioni li identifica con un *database*, in cui ciascun oggetto ha una posizione geografica, associato ad un *software* in grado di svolgere funzioni di immissione, gestione, analisi e produzione di un *output*. Oltre alla posizione geografica, il database contiene anche molti attributi che servono a distinguere un oggetto da un altro e altre informazioni sulle relazioni tra gli



oggetti. Vi sono alcune opere di riferimento particolarmente valide per avvicinarsi ai GIS tra cui: le opere di Burrough (1986), Star e Estes (1990), Thompson e Laurini (1992), Maguire, Goodchild e Rhind (1991) che offrono panoramiche esaustive sull'argomento.

Nei paragrafi successivi svilupperemo tre diverse prospettive sul significato che attualmente si attribuisce ai GIS: una tecnologia, un campo di ricerca e una comunità. Tali significati costituiscono delle legittime interpretazioni di ciò che indica l'acronimo e nel complesso comprendono una enorme varietà di attività, professionalità e conoscenze. In un certo senso la fortuna dei GIS è dovuta al potere delle definizioni – come acronimo, risulta in un primo momento libero da associazioni e può funzionare da punto di coesione in un modo che altri termini tradizionali, appesantiti da significati diversi, come *geografia*, non potrebbero permettersi più.

### I GIS, una tecnologia

Sebbene un'attrezzatura hardware e un'infrastruttura periferica specializzata siano elementi essenziali per i GIS, la componente fondamentale di questa tecnologia è il software. Nell'ultimo decennio, la fortuna dei GIS ha costituito un forte incentivo per il settore e l'offerta di prodotti definiti GIS è cresciuta enormemente. Un elenco del

1991 (GIS World, Inc., 1991) indicava 371 prodotti software, con specifiche, caratteristiche e funzioni assai diverse. I confini dei GIS sono molto indefiniti e si confondono col *remote sensing*, il *computer aided design* e la cartografia computerizzata, ciascuno dei quali, nella loro specificità, sembra rispecchiare la definizione GIS prima menzionata. Nel tentativo di affinare la definizione si è tentato di verificare le seguenti proprietà:

- 1) abilità di rilevare e analizzare relazioni spaziali tra gli oggetti come incroci, intersezioni, vicinanza, connessione oppure di valutarle in base all'obiettivo (ciò viene definito topologia nel gergo comune della comunità GIS)
- 2) capacità di rilevare e analizzare un numero illimitato di attributi per ciascun oggetto;
- 3) attitudine all'analisi piuttosto che alla semplice gestione e uso dei dati;
- 4) capacità di integrare dati di diverso tipo, e anche a diverse scale, usando più di un modo di rappresentazione.

Il criterio più adeguato per classificare i *software GIS* è quello di partire dal modello di dati (il *data model*) di ciascun prodotto. Per la *computer science* un modello di dati è costituito dall'insieme di regole usate per creare una rappresentazione dell'informazione, nella forma di entità discrete e delle loro relazioni. Quindi un *data model geografico* (Goodchild, 1992a; Peuquet, 1984) è costituito dall'insieme di regole utilizzate per creare la rap-

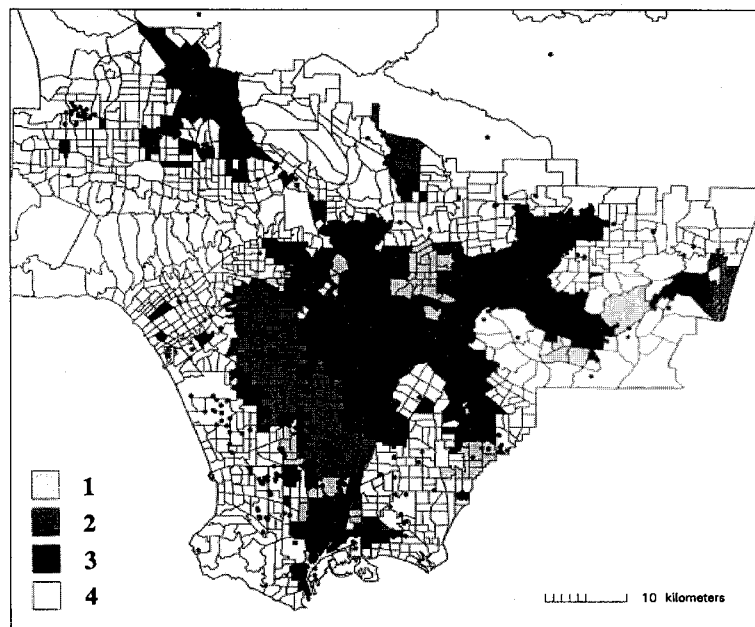


Fig. 2. La localizzazione delle industrie emittenti gas tossici (Fonte: dati del 1989, tratti da U.S. Environmental Protection Agency, Toxic Release Inventory Database) e gruppi etnici dominanti per area censuaria relativi alla contea di Los Angeles (Fonte: U.S. Bureau of the Census, Censimento 1990) (da Burke, 1993). Legenda: I diversi retini rappresentano il gruppo etnico dominante: 1 asiatici, 2 negri, 3 ispanici, 4 bianchi non ispanici. I puntini neri la localizzazione dei punti di rilevamento del Toxic Release Inventory (Inventario dei Punti di emissione di Sostanze Tossiche). (Fonte: Goodchild, 1993, p.33; nostra elaborazione).



presentazione di una distribuzione geografica all'interno del mondo discreto e digitale di un *database* informatico. La mente umana usa una miriade di metodi non facilmente spiegabile per strutturare la conoscenza geografica; è il concetto principale dei GIS quello di poter strutturare una rappresentazione utile di informazioni geografiche nel campo assurdamente primitivo del computer digitale, proprio come per la cartografia si può ottenere lo stesso risultato con carta e penna. Tuttavia esistono dei settori dell'attività umana – trovare condutture sotterranee, tracciare i confini delle proprietà fondiarie, viaggiare attraverso città sconosciute, gestire le foreste – in cui la rappresentazione delle informazioni è motivo di gran soddisfazione. Taylor (1990) osserva che tale azione è più facilmente ottenibile quando l'informazione, che deve essere inclusa nel modello, consiste di singoli fatti geografici (ponti, strade, edifici) piuttosto che di interpretazioni di fenomeni complessi, come il suolo e i paesaggi urbani, o di fatti geografici generali. Tuttavia nasce il rischio che una geografia che accetta i GIS troppo passivamente diventi una disciplina dominata dai fatti piuttosto che dall'interpretazione e dallo studio di essi.

Due tipi di modelli di dati hanno dominato il settore GIS negli ultimi dieci anni sebbene uno sia apparso molto più tardi dell'altro. L'origine dei GIS risale agli anni Sessanta e generalmente si individua la prima applicazione col *Canada Geographic Information System* (Tomlinson, 1988) sviluppato da e per conto del governo canadese ai fini della cartografazione e la valutazione dell'uso del suolo del Paese. Il suolo fu classificato in base ad alcune variabili – grado di coltivazione agricola, grado di attrazione ricreativa, uso del suolo e così via – poi riunite in carte inizialmente alla scala di 1:50.000. Ogni variabile era calcolata per ciascun punto e quindi le carte potevano essere concettualizzate come una serie di strati (*layers*), o campi (*fields*) in termini matematici, e il database come una torta a più strati. Quindi la caratteristica specifica della classe dei campi nel modello di dati è rappresentata dal database che contiene un numero finito di variabili, ciascuna cartografabile relativamente all'area coperta dal database e ciascuna avente un unico valore in ciascun punto dell'area.

Un altro avvenimento storico per i GIS è costituito dall'esperienza del Bureau of the Census degli Stati Uniti nell'organizzazione del censimento nel 1970. Anche in questo caso i campi costituirono un criterio concettuale valido per la creazione del modello di dati poiché ciascun pun-

to costituiva esattamente uno stato, una contea, una sezione di censimento e così via. Quando queste due esperienze furono riunite dal Laboratorio per la Grafica Computerizzata dell'università di Harvard negli anni Settanta (Chrisman, 1988), la visione a strati del mondo dominò i GIS. Il software ARC/INFO fu creato e distribuito dalla Environmental Systems Research Institute (ESRI) ed è ancora oggi uno dei più diffusi GIS che nasce proprio dall'esperienza dell'università di Harvard.

Esistono molti modi per rappresentare un campo come un insieme di oggetti discreti e i GIS ne usano correntemente almeno sei. Il primo si riferisce alla campionatura casuale del campo (per esempio le stazioni meteorologiche) o ad una campionatura a celle regolari (o a griglia). Un altro modo è quello di dividere lo spazio in celle rettangolari e rilevare il dato medio, totale o mediano della cella (come avviene per esempio nel *remote sensing*). Oppure si può dividere lo spazio in aree che siano più o meno omogenee e rilevare il dato medio, totale o mediano di ciascuna area (come nel caso dei censimenti, o nelle carte litologiche). E ancora si può far uso di linee che uniscono i punti in cui i campi hanno un certo valore (si tratta di isolinee come le isoplete, per esempio). E infine lo spazio può essere diviso in triangoli irregolari e assumere che il campo varii linearmente all'interno di ciascuna area (si tratta del modello TIN, *triangulated irregular network model* usato per modelli di superficie, in particolare in topografia).

Questi possibili modelli dei campi sono comunque delle approssimazioni, sviluppate allo scopo di ottenere la rappresentazione più accurata possibile di fenomeni complessi. La qualità dell'approssimazione è un aspetto assai rilevante e le scelte da fare al fine di assicurare una rappresentazione accurata e utile sono spesso difficili. Tali scelte risultano più facili per coloro che conoscono il fenomeno e i processi che stanno alla base di una certa distribuzione. Nel migliore dei casi la rappresentazione digitale di un campo geografico complesso dovrebbe essere in grado di cogliere gli elementi della nostra conoscenza e interpretazione del fenomeno, attraverso la scelta delle variabili da misurare, il punto in cui misurare e come rappresentare i risultati in forma digitale. Proprio come una carta litologica è il frutto della esperienza, conoscenza e abilità dell'esperto litologo che l'ha creata, analogamente si comporta una rappresentazione GIS, liberandoci tuttavia di alcune limitazioni della tecnologia cartografica (Goodchild, 1988). Troppo spesso tuttavia le stes-



se scelte sono ostacolate dalle potenzialità del software oppure da una carente conoscenza di tali potenzialità da parte dell'utente.

Nessun GIS permette, al momento attuale, di applicare tutti e sei i modelli. I cosiddetti GIS raster permettono di applicare modelli a griglia di punti con una distribuzione regolare e una ripartizione di celle rettangolari ed effettuano una distinzione tra le due possibilità. Ciascun livello nel database di questi sistemi deve avere la medesima dimensione, la stessa distanza tra i punti e lo stesso orientamento cosicché ogni cella di un livello combacia perfettamente con le celle degli altri livelli. I GIS raster più conosciuti sono IDRISI della Clark University utilizzabile con un *personal computer*; GRASS (*Geographic Resource Analysis Support System*), un sistema per *workstation* Unix sviluppato dalla divisione della U.S. Army Corps of Engineers e diffusamente adottato dai governi federali per la gestione ambientale e delle risorse e MAP-II per la Macintosh II a cura di Micha Pazner, ora presso l'università del Western Ontario e distribuito dalla Wiley.

I cosiddetti GIS vettoriali, d'altra parte, permettono di rappresentare i campi attraverso una distribuzione irregolare di punti o superfici irregolari o poligoni o isolinee. Ciascun campo è un insieme di oggetti – punti, linee, superfici – con attributi associati. La forma geometrica delle aree e delle linee viene normalmente rappresentata con punti (coppie di coordinate) collegati da linee. Quindi le aree sono spesso definite poligoni nella terminologia GIS e le linee vengono dette polilinee.

Il secondo tipo di modello dei dati segue un approccio molto differente. Dal 1980 i GIS si sono diffusi soprattutto nell'ambito della pubblica amministrazione e in attività di servizio. Ben lontane dal considerare il mondo come una torta a più strati, le applicazioni dominanti considerano il mondo come uno spazio vuoto popolato da diversi tipi di oggetti discreti. Una società di comunicazioni telefoniche deve gestire una rete ampia e un complesso di strutture che comprendono pali, cabine di connessione, cavi e così via, ciascuno dei quali può essere considerato un oggetto discreto e ben definito. Lo spazio compreso tra gli oggetti è vuoto e non serve consumare memoria del computer per rappresentare delle celle vuote. Per questo motivo ed anche perché tali sistemi necessitano di un'alta risoluzione delle immagini si usano generalmente GIS vettoriali. La parola strato (*layer*) ha un significato meno rigido del modello del campo dei dati e generalmente viene usato per riunire un insieme di oggetti al fine di gestirli più

facilmente. In un modello di oggetti, ciascuno spazio può essere occupato da uno o più oggetti, in uno o più strati, mentre in un modello a campi ciascuno spazio ha un valore su ciascuno strato o livello. Definizioni come copertura (*coverage*) e tematismo (*theme*) sono spesso usati come sinonimi di layer.

Gli oggetti usati per rappresentare un campo – punti, linee o superfici – sono sottoposti ad alcune limitazioni: le isolinee non possono incrociarsi e le superfici sovrapporsi. Quindi sebbene i modelli a campo e i modelli ad oggetto rappresentino entrambi un insieme di punti, linee ed aree, il loro comportamento e il loro significato è molto diverso. In un GIS vettoriale a strati, come ARC/INFO, i poligoni di una copertura devono seguire le regole di un campo, ovvero devono coprire lo spazio per intero e non sovrapporsi. In un GIS vettoriale ad oggetti, come il System/9 (della Computervision), d'altra parte, gli oggetti seguono le regole di un modello ad oggetto: lo spazio tra gli oggetti è vuoto ed essi possono sovrapporsi. Recentemente, sistemi come il GDS (*Geographic Data System*, distribuito dalla EDS Inc. negli Stati Uniti) hanno iniziato ad applicare la distinzione campo/oggetto tra i livelli del database in modo puntuale e selettivo. Per esempio, all'interno di un database di un governo locale le parcelle catastali riempiono i confini di un edificio e non si sovrappongono, ma sono contornati da spazi vuoti e possono essere attraversati da altri oggetti di classi diverse come i corsi d'acqua.

Queste opportunità, che derivano dai diversi modi di intendere l'occupazione dello spazio geografico, presentano una scelta troppo grande e confusa di possibilità per l'utente GIS. La mancanza di forti principi di organizzazione e di una terminologia rigorosa hanno fatto rilevare che sia più facile imparare ad usare il sistema piuttosto che essere educati ai concetti generali del mondo dei GIS: lo dimostra il fatto che un database costruito nell'ambito di ARC/INFO non potrà essere utilizzato con altri sistemi come System/9 o Tigris di Intergraph a causa di differenze fondamentali nei modelli di dati. Col passare del tempo questi problemi dovrebbero essere risolti, come pure si dovrebbe giungere a precisazioni concettuali e ad una terminologia più consistente; per il momento comunque il processo è lento.

I modelli a campi sono difficili da aggiornare in quanto è necessario effettuare modifiche a tutti i livelli del database. È assai complesso per esempio aggiornare o modificare un modello a isolinee in quanto occorre mantenere le relazioni spaziali tra le isolinee adiacenti. I modelli GIS a



strati presentano anch'essi delle difficoltà di aggiornamento, di modifica e compilazione degli strati e conseguentemente non gestiscono molto bene dati che devono essere frequentemente aggiornati. In un sistema di *remote sensing*, ogni vecchia immagine viene sostituita da una nuova e comporta una ridondanza nel caso in cui l'immagine non sia cambiata. I GIS vettoriali si adattano meglio all'aggiornamento ma oggi i GIS restano per il momento ancora una tecnologia che usa dati statici, il che comporta problemi per l'utilizzo di modellizzazione dei sistemi sociali ed economici.

Un altro ostacolo, e forse ancora più grave, per l'applicazione dei GIS nell'analisi sociale, consiste nella attuale enfasi conferita, nei modelli dei dati, alla posizione assoluta degli oggetti, e alla incapacità di rappresentare informazioni sull'interazione, questo ha impedito una maggiore applicazione dei GIS nell'ambito della pianificazione (Couclelis, 1991) ed ha implicato invece una maggiore utilizzazione nell'analisi di aspetti fisici piuttosto che economici e sociali dell'attività umana. I GIS dispongono di grandi capacità per la computerizzazione, l'assunzione e l'analisi delle relazioni spaziali tra gli oggetti ma non hanno ancora risolto il problema di qualificare queste relazioni con attributi come flussi, distanza, volume degli scambi né di offrire funzioni per la visualizzazione e l'analisi dell'informazione, anche se alcuni miglioramenti si sono avuti nella recente versione di ARC/INFO.

Un ultimo aspetto da affrontare in relazione ai modelli di dati riguarda l'esistenza del concetto di gerarchia nei dati geografici. Una carta mostra dell'informazione in base ad una scala uniforme mentre un GIS può includere informazioni provenienti da scale diverse ed anche da diverse rappresentazioni della stessa informazione. Con un cambiamento di scala si possono mostrare più oggetti o più dettagli negli oggetti esistenti, oppure operare un cambiamento nella natura dell'oggetto stesso come nel caso in cui un fiume, rappresentato da linea singola, viene poi rappresentato da una linea doppia. Dal punto di vista del *software*, si verifica spesso un conflitto durante la creazione del database tra la necessità di dover includere le relazioni gerarchiche tra gli oggetti e le relazioni spaziali che esistono ad una singola scala. Alcuni prodotti, come ARC/INFO, hanno risolto il problema privilegiando le relazioni spaziali invece di quelle gerarchiche, e in generale la tecnologia GIS attuale non permette all'utente di rappresentare strutture interscalari presenti nei dati geografici. Soltanto alcuni sistemi vettoriali, come Sy-

stem/9 e GDS, hanno sviluppato dei concetti gerarchici nei loro modelli di dati. Nel campo dell'informazione raster i collegamenti gerarchici sono assai limitati.

Volendo brevemente elencare i recenti successi e fallimenti dei GIS, dobbiamo ricordare i seguenti punti:

- prevalenza di analisi bi-dimensionali e solo rare applicazioni tri-dimensionali;
- prevalenza di analisi statistiche e solo alcune applicazioni dinamiche nel campo del *remote sensing*;
- capacità di cogliere la posizione degli oggetti, i loro attributi e le relazioni spaziali ma limitate capacità nel rappresentare altre forme di interazione tra gli oggetti;
- insiemi diversi e confusi di modelli di dati e regole troppo generali per la rappresentazione spaziale;
- predominanza della metafora cartografica, o del concetto di un database spaziale come un insieme di carte digitali con particolare riferimento ai primi tre aspetti menzionati.

Sembra dunque sorprendente che i GIS, nonostante tali limitazioni, abbiano avuto tanta fortuna e si siano diffusi in ambiti istituzionali, di ricerca e dei servizi che ne traggono dei benefici per le loro attività nonostante la relativa rigidità. Considerando i GIS come attività economica, si valuta che sia stato prodotto il valore di 1 miliardo di US dollari all'anno e la ESRI stima che, negli Stati Uniti, si spendono 4,5 milioni di dollari all'anno per l'immissione di dati. In questo campo c'è molto spazio per ulteriori ricerche soprattutto da parte di quei geografi che si interessano della concettualizzazione, della costruzione e dell'analisi degli spazi geografici.

### I GIS: un settore di ricerca

Nel paragrafo precedente si è cercato di esporre alcune tra le difficoltà che sorgono dall'uso dell'attuale tecnologia GIS e di suggerire alcuni aspetti, stimolanti e fondamentali, di ricerca sull'argomento. Alcuni sono ormai una vecchia storia; ed è vero che gran parte del fascino dei GIS sta nel fatto di aver rinnovato l'interesse per la rappresentazione spaziale e la cartografia, che esistono ormai da secoli. I cartografi hanno lottato a lungo nel tentativo di rappresentare l'interazione e il cambiamento attraverso le carte e, con i GIS, hanno l'opportunità di utilizzare una ricca tecnologia che include anche l'animazione. Monmonier (1992) ha iniziato ad esplorare le capacità



cartografiche di ciò che egli definisce "elaborazioni cartografiche" usando sequenze di carte e altre informazioni per trasmettere all'utente tipi di messaggi che altrimenti non sarebbe stato possibile ottenere con la cartografia tradizionale. Alle carte possono essere abbinati suoni e immagini; è possibile cambiare la scala; creare carte da database di grandi dimensioni e generare visualizzazioni ortografiche di superfici tridimensionali. Tutte queste possibilità, e molte altre, hanno portato la cartografia a nuova vita e le hanno conferito un nuovo significato.

I GIS presentano aspetti di grande utilità per molte discipline, ed hanno contribuito a rompere l'isolamento tra fotogrammetria, *remote sensing*, geodesia, cartografia, e geografia (si potrebbero aggiungere alla lista informatica, ricerca operativa, statistica spaziale, scienze della percezione, psicologia comportamentale e in genere tutte quelle discipline che hanno interesse per i dati spaziali). In un contributo precedente (Goodchild, 1992b) spiegavo che queste erano le discipline che costituivano la *scienza* dell'informazione geografica e che fosse più rilevante, per gli ambienti di ricerca, decodificare l'acronimo in questo senso, enfatizzando il ruolo fondamentale dei dati spaziali, piuttosto che contentarsi delle limitate soluzioni offerte dai produttori di *sistemi*.

In diverse indagini si è tentato di identificare i punti essenziali per la ricerca emersi dai GIS e di proporli come itinerari di ricerca. Generalmente si tratta di itinerari per la ricerca *sui* GIS e non per la ricerca *con* i GIS anche se il primo fine è più importante del secondo. Si sono sviluppati dibattiti per valutare se tali itinerari fossero possibili, nel senso di presupporre una serie di regole generiche quando in realtà ogni problema legato ai dati spaziali può essere specifico. Per esempio può essere vero che non esistono principi generali nel ragionare attraverso dati spaziali e che il ragionamento dipende sempre dal contesto; e ancora che incertezze riflesse dai dati spaziali dipendono specificatamente dal contesto. Ma i GIS in sé stessi si basano sull'assunzione che diversi tipi di dati spaziali hanno strutture comuni e vengono elaborati in modi simili e quindi risulta fondamentale creare sistemi comuni per la gestione e l'elaborazione dei dati spaziali. In ultima istanza questo è un argomento a favore della geografia come disciplina unitaria.

Maguire (1990) individuò un itinerario di ricerca per il 1990 imperniato sullo sviluppo della tecnologia e sullo studio del suo impatto sulle istituzioni che l'avevano introdotta. Tuttavia sono necessari metodi migliori per valutare i costi e i bene-

fici dei GIS come pure il loro ruolo nelle istituzioni e i fattori che ne influenzano l'adozione. Lo stesso argomento viene ripreso da Craig (1989) che scrive per conto dell'URISA (Urban and Regional Information Systems Association) un'associazione a cui appartengono i principali esponenti e studiosi in materia di GIS. Forse il più completo itinerario di ricerca è stato sviluppato tra 1987 e 1988 da un consorzio composto dall'Università della California, Santa Barbara, dalla State University of New York di Buffalo e dall'università del Maine facente parte di un progetto della U.S. National Science Foundation (NSF) per la National Centre for Geographic Information and Analysis (NCGIA). L'itinerario prevedeva che la ricerca fosse rivolta soprattutto all'individuazione di ostacoli alla diffusione, miglior uso e allo sviluppo dei GIS in particolare nel campo della ricerca scientifica. Quando la proposta fu accettata, nel 1988, la ricerca della NCGIA si sviluppò intorno a cinque aree individuate dalla NSF:

1. analisi spaziale e statistica spaziale
2. relazioni spaziali e strutture di database
3. intelligenza artificiale e sistemi esperti
4. visualizzazione
5. impatto sociale, economico e istituzionale dei GIS

All'interno di queste vaste aree, la ricerca è stata organizzata in una serie di iniziative della durata approssimativa di due anni, ciascuna finalizzata ad un argomento di interesse scientifico generale:

1. Accuratezza dei database spaziali (dicembre 1988-novembre 1990)
2. I linguaggi delle relazioni spaziali
3. Le rappresentazioni multiple
4. Uso e significato dell'informazione geografica
5. Progetto e implementazione di grandi database spaziali
6. Sistemi per la gestione territoriale
7. La visualizzazione della qualità dell'informazione spaziale
8. Formalizzazione della conoscenza cartografica
9. Istituzioni che condividono informazione geografica
10. La dimensione temporale e spaziale nei GIS
11. Il *remote sensing* e il GIS
12. Disegno interfaccia utenti
13. GIS e analisi spaziale
14. I molteplici ruoli dei GIS nella ricerca sul Global Change
15. Aspetti giuridici.



La ricerca sui GIS si è sviluppata anche in Europa (Paesi Bassi, Francia, Austria, Regno Unito) attraverso specifiche istituzioni che si sono dedicate a sviluppare strategie di ricerca mirate.

Non vorrei dare l'impressione di voler monopolizzare il campo degli studi insistendo sulle attività della NCGIA, ma piuttosto ricordare che tale progetto include gli aspetti principali dell'indagine sui GIS. Altri resoconti dettagliati sulle ricerche nel settore sono stati offerti da Maguire (1991) e dalle principali riviste specializzate.

Le questioni sollevate in seguito all'avvento dei GIS hanno attratto ricercatori appartenenti a molte discipline, sebbene i geografi continuano ad avere il ruolo principale, tanto che i confini tra le discipline si sono smorzati e il dibattito ha assunto un sempre più marcato tono interdisciplinare. In conclusione, i GIS intesi come settore di ricerca offrono una prospettiva meno angusta di quella dei GIS come tecnologia. Si tratta però di un campo non ben definito né isolato in quanto i vantaggi che si ottengono da un prospettiva più aperta non interessano soltanto i GIS ma anche altre settori come l'elaborazione delle immagini, il *remote sensing*, la produzione cartografica e le scienze della percezione. D'altro lato, il GIS come tecnologia offre in sé lo spunto essenziale per un'ampia gamma di interessanti e fondamentali argomenti di ricerca.

## La comunità GIS

Molti aspetti che caratterizzano una disciplina possono esser meglio indagati adottando una prospettiva sociologica. In un certo senso, le discipline sono come le tribù, con le loro tradizioni, legami, feticci, icone, simboli di appartenenza. Ai fini del dibattito, i GIS come area astratta di interesse, possono assumere sembianze umane nella figura dell'esperto in GIS, un personaggio ossessionato dalla tecnologia, legato alla *Big Science*, alle istituzioni militari e alle agenzie segrete, privo di etica, con tendenze imprenditoriali e politicamente conservatore. Taylor (1990) definisce questo personaggio il "GISer", un termine che comunque non ho mai sentito usare tra i membri della comunità GIS, e infatti mi chiedo se davvero un termine simile esista e se la mancanza non denoti una certa debolezza di coesione del settore. Una comunità accademica, al proprio interno, fornisce incentivi e supporto ma, dall'esterno, è facile considerare un gruppo come "altro" specialmente quando nascono certi sospetti per l'incapacità di capire la lingua di tale gruppo. A sua volta

la comunità GIS riesce facilmente a definire i settori più tradizionali come irrilevanti e apatici in quanto privi dei vivaci legami col mondo esterno all'accademia.

In realtà la comunità GIS oggi è costituita da un insieme di interessi debolmente legato e coeso da un notevole entusiasmo per una tecnologia mal definita. Esso comprende accademici con un solido passato di ricerca ed altri membri che non sopravviverebbero senza l'aiuto del gruppo; vi fanno parte inoltre esperti della tecnologia ed altri che la conoscono solo come scatola nera: come ogni altro gruppo umano comprende la grande diversità della condizione umana.

All'interno della geografia statunitense, è possibile identificare la comunità attraverso l'appartenenza al gruppo GIS Specialty Group della AAG (Association of American Geographers) oggi il più numeroso all'interno dell'Associazione. Come ogni altro gruppo specializzato include molti studenti e nonostante le dimensioni, non riesce a sviluppare un forte senso di appartenenza e neppure un rigoroso programma delle attività. Questo forse riflette la natura multidisciplinare dei GIS: la fedeltà ai GIS e alla geografia è più forte della fedeltà ad un gruppo di geografi specialisti in GIS. Un comportamento simile si denota anche in altri settori, in cui si rileva un grande interesse per l'apprendimento e l'utilizzazione dei GIS ma una certa riluttanza a creare gruppi specializzati nel timore che questo possa essere inteso come la nascita di una sotto-disciplina.

## I GIS come strumento per la ricerca

Avendo offerto tre diverse interpretazioni dei GIS – come tecnologia, come settore di ricerca, come figura stereotipa del *GISer* – affrontiamo ora il ruolo dei GIS come strumento di ricerca. L'affermazione di poter rendere automatica la gestione e l'analisi dell'informazione spaziale – la "geografia automatizzata" di Dobson (1983) – ha attratto geografi e altri studiosi per diversi anni. I fisici usano costantemente tecniche per la identificazione dei *pattern* al fine di elaborare il gran numero di foto prodotte dagli esperimenti sulle reazioni nucleari e gli esperti di *remote sensing* automatizzano l'interpretazione delle immagini: quindi perché non estendere questi concetti alle analisi ed alle interpretazioni più complesse e sofisticate della geografia e delle scienze affini?

I GIS sono adesso usati normalmente da ricercatori di molte discipline. Sebbene alcune come l'archeologia, la geologia, lo studio dei trasporti





abbiano da sempre impiegato una prospettiva spaziale, in altre discipline i GIS hanno rinnovato l'interesse per tale prospettiva. Le applicazioni più interessanti nelle scienze sociali si sono sviluppate nel campo della storia, della sociologia, della criminologia e dell'economia tutte discipline nelle quali la prospettiva spaziale aveva avuto un ruolo secondario in passato.

In pratica il significato assunto dai GIS in queste attività varia sensibilmente e solo il *software* costituisce una costante. Ad un livello elementare, lo spazio è poco più di un indice facile da usare, un modo per sistemare l'informazione in una forma gestibile. Quindi l'archeologo può cartografare i reperti in sito semplicemente perché quello è un modo adeguato per farlo. In questo ruolo i GIS diventano poco più di un sistema di cartografia, permettendo all'utente di gestire i dati in modo organizzato e di presentarli in forme adeguate e già riconosciute.

Ad un livello più sofisticato, i GIS sono usati come strumento per preparare i dati prima della modellizzazione o dell'analisi. Un modello ambientale sarà scritto in un linguaggio, generalmente FORTRAN o C, ma può avere anche un GIS abbinato, collegato al sistema di modellizzazione, per preparare i dati e analizzare e presentare i risultati del modello. Questo tipo di utilizzazione dei GIS è probabilmente quello più diffuso nella simulazione ambientale in discipline come le scienze forestali, gli studi dell'atmosfera o l'ecologia.

L'applicazione dei GIS nella nuova disciplina dell'ecologia del paesaggio assume modalità diverse. La recente ricerca sulla biodiversità, sull'analisi del cambiamento e su problemi affini ha richiesto di affrontare le semplici proprietà geometriche del paesaggio ecologico, come la forma, e il loro ruolo nel determinare la qualità dell'habitat. Il GIS con la sua enfasi su semplici analisi geometriche e sulle relazioni spaziali è un utile strumento per sviluppare la ricerca in tal senso.

Nell'architettura del paesaggio e in discipline che trattano della gestione delle risorse, le funzioni analitiche dei GIS hanno un ruolo fondamentale in studi di *problem-solving*, di modellizzazione e nei processi decisionali. In questo contesto il GIS diventa un linguaggio di programmazione e i comandi GIS corrispondono semplicemente alle primitive operazioni di uno scienziato o di un manager. Il GIS ha forse raggiunto il più alto livello di sofisticazione in quelle discipline in cui molti tentativi sono stati fatti per codificare l'insieme di comandi in semplici linguaggi spaziali. Tomlin (1990) offre un'interessante panoramica su questo argomento.

Per molti altri studiosi i GIS sono uno strumento dotato di comandi utili anche se è necessario abbinare tali comandi ad altri software per creare un ambiente di ricerca completo. I GIS generalmente non dispongono di funzioni statistiche né di procedure di ottimizzazione, quindi generalmente si abbina il GIS ad altri pacchetti statistici (SPSS, SAS, S ecc.); altre ricerche specializzate invece possono richiedere l'uso di moduli speciali scritti in linguaggi simbolici come il C sempre abbinato ad un GIS. In questi casi i GIS svolgono il ruolo generale di gestione dei dati spaziali.

L'intensa diffusione dei GIS come strumento di ricerca è proceduta noncurante dei confini disciplinari e anche di certe limitazioni della tecnologia stessa. Non è un caso trovare software come ARC/INFO installato in università come Santa Barbara in California, dove, ad esempio, esistono oltre 100 licenze distribuite in dodici dipartimenti. La geografia è stata l'ambiente di partenza, poi i GIS si sono diffusi nel campo della biologia, della geologia, dell'antropologia e di ogni altra disciplina per la quale la prospettiva spaziale è utile e significativa. Tuttavia i GIS vengono generalmente insegnati nel contesto di discipline che hanno a che fare con l'informazione geografica come appunto la geografia ed anche l'ingegneria civile, la topografia, la geodesia.

Tra tutte queste discipline, la geografia è quella che meglio può colmare il vuoto che si crea nelle applicazioni GIS, l'abilità di combinare l'interpretazione di fenomeni geografici reali con il problema della loro rappresentazione in un database spaziale. La rappresentazione spaziale costituisce un argomento importante dell'educazione geografica come pure lo sviluppare una conoscenza dei processi che agiscono sul paesaggio geografico. Quindi se il punto chiave dei GIS è quello di rappresentare in forma digitale fenomeni spaziali, come ho affermato in precedenza, allora la geografia è la disciplina che meglio di ogni altra può affrontare questo aspetto. È il geomorfologo che può scegliere, meglio di ogni altro, il modello di dati da utilizzare per la rappresentazione del suolo in un GIS, non l'informatico né lo statistico; è il geografo urbano che può, meglio di ogni altro, scegliere come rappresentare le molte dimensioni dell'ambiente urbano in un GIS che verrà utilizzato per la pianificazione urbana. Fuori dalla geografia generalmente si condivide questa posizione e si coinvolgono i geografi al fine di sviluppare il contesto concettuale ed intellettuale dei GIS.



Molti aspetti del fenomeno dei GIS continuano ad incuriosirmi. Perché la comunità GIS – intesa come le circa 3000 persone che frequentano annualmente le conferenze GIS o LIS (*Land Information Systems*) – attrae una vasta gamma di personaggi dall'esperto di computer ai collezionisti di carte? Un elemento attraente delle carte è la qualità visiva, inoltre esse stimolano l'immaginazione e presentano il mondo come più semplice, più ordinato e meno dinamico di quanto lo sia in realtà. I computers sono anche attraenti in quanto conferiscono potere a chi li usa, offrono prestigio e status e si comportano in modi prevedibili. I GIS sono attraenti perché i due aspetti sopramenzionati sono complementari? Oppure perché permettono a coloro che non hanno una conoscenza specializzata della cartografia di costruire carte, e a coloro con scarse conoscenze geografiche di analizzare le distribuzioni geografiche e a persone prive di abilità matematiche di costruire modelli spaziali?

Qualunque sia la ragione, la forza dei GIS resta indiscussa soprattutto nell'ambito delle istituzioni federali. Negli ultimi anni, molte istituzioni tra cui l'Agenzia per la Protezione Ambientale degli Stati Uniti (la U.S. Environmental Protection Agency), l'Ufficio per la Gestione del Territorio (Bureau of Land Management), il Servizio Forestale, l'Ufficio Geologico, il Dipartimento della Marina hanno fatto largo uso dei GIS. Nel settembre del 1992, il Dipartimento della Marina aveva affidato alla Intergraph Corporation la fornitura di molte *workstations* GIS, di servizi specializzati per un valore di oltre 400 milioni di dollari e similmente ha fatto poi l'Ufficio Forestale. Per quale motivo un servizio come quello forestale, impegnato nella gestione nazionale delle aree boschive e delle foreste, avrebbe dovuto dotarsi di tali costose attrezzature e allo stesso tempo ridurre il personale nelle stazioni di rilevamento più lontane, diminuire i costi dei servizi anti-incendi e di altri servizi tradizionali? La società vuole veramente un Servizio Forestale costituito da utenti GIS seduti davanti ad un computer invece di *ranger* a cavallo?

È facile fare delle speculazioni sulle spiegazioni ma sarebbe meglio fare così entro un contesto offerto dalla letteratura di settore e dalle teorie dei processi sociali. Ormai i GIS sono tanto diffusi da non poter essere ignorati: costituiscono forse l'avvenimento più significativo per l'utilizzazione dei dati spaziali da quando sono state inventate le carte. Occorre spiegare tale successo e le afferma-

zioni che ne scaturiscono sulla natura della società e le sue organizzazioni. L'esempio del Servizio Forestale può essere considerato parte di un processo inevitabile della nostra società che mira ad una gestione standardizzata e procedurale e quindi più aperta e meno attaccabile? Oppure riflette il desiderio degli organi di gestione di controllare le azioni e le decisioni delle organizzazioni e una certa sfiducia nell'azione dei singoli in merito a decisioni da prendere? All'utente GIS viene conferito del potere con la tecnologia o piuttosto egli ne è succube? In un certo senso la fortuna dei GIS rispecchia dei patterns già conosciuti di adozione di tecnologie da parte di grandi organizzazioni ma raramente tali fenomeni hanno avuto una così grande portata e sono stati effettuati a costi così alti. Anche se queste questioni non sono di grande utilità per gli utenti GIS, costituiscono punti fondamentali degli itinerari di ricerca di geografi meno inclini ad affrontare aspetti tecnici. Forse la recente letteratura sul rapporto tra etica e GIS, prima menzionata, costituisce il primo passo verso una più ricca produzione sui GIS ad opera della geografia sociale.

(traduzione di Cristina Capineri)

### Bibliografia

- Burke, L., *Environmental equity in Los Angeles* (Technical Rep. No. 93-6). Santa Barbara, CA: National Center for Geographic Information and Analysis, 1993.
- Burrough, P.A., *Geographical information systems for land resources assessment*. Oxford: Clarendon Press, 1986.
- Chrisman, N.R., The risks of software innovation: A case study of the Harvard Lab. *American Cartographer*, 15(3), 291-300, 1988.
- Couclelis, H., Requirements for planning-relevant GIS. *Papers in Regional Science*, 70(1), 9-20, 1991.
- Craig, W.J., URISA's research agenda and the NCGIA. *Journal of the Urban and Regional Information Systems Association*, 1(1), 7-16, 1989.
- Dobson, J.E., Automated geography. *Professional Geographer*, 2, 135-143, 1983.
- GIS World, Inc., *1991/92 International GIS Sourcebook*. Fort Collins, CO: Author, 1991.
- Goodchild, M.F., Stepping over the line: Technological constraints and the new cartography. *American Cartographer*, 15(3), 311-319, 1988.
- Goodchild, M.F., Geographic data modeling. *Computers and Geosciences*, 18(4), 401-408, 1992a.
- Goodchild, M.F., Geographical information science. *International Journal of Geographical Information Systems*, 6(1), 31-46, 1992b.
- Goodchild, M.F., Parks, B.O., & Steyaert, L.T. (Eds.), *Environmental modeling with GIS*. New York: Oxford University Press, 1993.
- Heywood, I., Geographic information systems in the social sciences-introduction. *Environment and Planning A*, 22(7), 849-852, 1990.



- Maguire, D.J., A research plan for GIS in the 1990s. In M.J. Foster & P.J. Shand (Eds.), *The Association for Geographic Information year-book 1990* (pp. 267-277). London: Taylor and Francis, 1990.
- Maguire, D.J., Goodchild, M.F., & Rhind, D.W. (Eds.), *Geographical information systems: Principles and applications*. London: Longman, 1991.
- Monmonier, M., Summary graphics for integrated visualization in dynamic cartography. *Cartography and GIS*, 19(1), 23-36, 1992.
- National Center for Geographic Information and Analysis, The research plan of the National Center for Geographic Information and Analysis. *International Journal of Geographical Information Systems*, 3(2), 117-136, 1989.
- Openshaw, S., A view on the GIS crisis in geography, or, using GIS to put Humpty-Dumpty back together again. *Environment and Planning A*, 23(5), 621-628, 1991.
- Openshaw, S., Further thoughts on geography and GIS - a reply. *Environment and Planning A*, 24(4), 463-466, 1992.
- Peuquet, D.J., A conceptual framework and comparison of spatial data models. *Cartographica*, 21(4), 66-113, 1984.
- Pickles, J., Geography, GIS, and the surveillant society. *Papers and Proceedings of Applied Geography Conferences*, 14, 80-91, 1991.
- Samet, H., *The design and analysis of spatial data structures*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1990.
- Smith, N., History and philosophy of geography - real wars, theory wars. *Progress in Human Geography*, 16(2), 257-271.
- Star, J.L., & Estes, J.E., *Geographic information systems: An introduction*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1990.
- Taylor, P.J., GKS - A comment. *Political Geography Quarterly*, 9(3), 211-212, 1990.
- Taylor, P.J., & Overton, M., Further thoughts on geography and GIS - A preemptive strike. *Environment and Planning A*, 23(8), 1087-1090, 1991.
- Thompson, D., & Laurini, R., *Fundamentals of spatial information systems*, London: Academic Press, 1992.
- Tomlin, C.D., *Geographic information systems and cartographic modeling*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1990.
- Tomlinson, R.F., The impact of the transition from analogue to digital cartographic representation. *American Cartographer*, 15(3), 249-262, 1988.
- Turner, M.L., & Gardner, R.H. (Eds.), *Quantitative methods in landscape ecology*. New York: Springer-Verlag, 1991.

