

## Il geociberspazio: una nuova frontiera di ricerca per il geografo

### 0. Esplorando il geociberspazio: una nuova frontiera di ricerca per il geografo

Nel 1993 Johnston si chiedeva “se il mondo che i geografi studiano cambia così velocemente, e forse più velocemente che mai, come potranno farvi fronte?” (p. viii). Ma non sono né la velocità con cui il mondo sta cambiando né la rapidità dei processi sociali ed economici a costituire un oggetto di interesse per la geografia; occorre piuttosto osservare che gli strumenti con cui si fa geografia cambiano ancora più velocemente. Questo aspetto ha un profondo significato in quanto costituisce un’opportunità che si presenta per risolvere almeno alcuni dei problemi metodologici rimasti irrisolti nel passato. Il punto di vista qui adottato è quello tecnocratico anche se la tecnologia non è considerata come fine a sé stessa. Il tentativo è quello di suggerire un’evoluzione della disciplina, non modificandone la sostanza ma suggerendo alcuni fondamentali cambiamenti nel modo di praticarla.

La lunga lista dei principali problemi che la geografia umana contemporanea deve affrontare certamente includerebbe: un’enfasi eccessiva sulle complesse e, sempre più, contraddittorie prospettive filosofiche; un crescente numero di *deconstructionists* che assumono atteggiamenti negativi e pessimisti su qualsiasi cosa incontrino; una negligenza arrogante e superficiale dei principi di base della scienza; una forte trascuratezza della sempre maggiore informazione ottenibile con strumenti informatici; la preoccupazione verso le ormai superate tecnologie informatiche che non riescono ad elaborare e affrontare nuovi concetti

e infine un’apparente ignoranza dei nuovi strumenti informatici che possono essere facilmente applicati nel settore. Sembra che quei geografi che meglio riescono a coniare nuove teorie siano intrappolati in paradigmi qualitativi basati su approcci letterari ed artistici piuttosto che su strumenti tradizionali; e i geografi che usano tecniche quantitative pesanti, difficilmente vanno oltre l’analisi della cartografia numerica. L’intenzione è di costruire nuovi collegamenti e sviluppare approcci diversi per fare geografia nei quali sia l’aspetto *soft* sia quello *hard* possano essere riuniti in un comune contesto che sia esplicitamente geografico. Il ciberspazio è il catalizzatore di questi cambiamenti. Le discipline che non sapranno cogliere l’attimo fuggente probabilmente spariranno.

Le emergenti tecnologie dell’informazione (*information technologies*, IT) vengono utilizzate in molti paesi per la raccolta di dati relativi ai principali aspetti della vita moderna. Si assiste ad una continua computerizzazione della quasi totalità dei sistemi di gestione e di controllo dai quali dipendono gruppi sociali e organizzazioni economiche ed una maggiore fiducia nell’uso del computer a tutti i livelli e a tutte le scale per garantire la vita sulla Terra. Il processo è ormai incontrollabile a causa della sua natura diffusiva e pervasiva. Il fatto di non poter controllare l’insieme (piuttosto che alcune parti) è l’unica salvaguardia al momento contro il crearsi di figure come il “Big Brother” o la “Big Sister” (Openshaw, 1992a). Anche i geografi pertanto devono tener conto del significato che questi cambiamenti hanno oppure considerare il probabile impatto sulla loro disci-



plina. Qui non vogliamo insinuare che i geografi non debbano usare i servizi Internet o il *World Wide Web* ma affermare che questo comunque non è il punto principale del mio contributo. È ovvio che certi servizi stanno creando nuove importanti fonti di informazione ma se consideriamo il ciber-spazio, non è sufficiente avere i collegamenti *online* all'informazione o ai servizi bibliotecari. D'un tratto incontriamo una grande abbondanza di informazione che concerne la vita e il comportamento delle persone e i fenomeni di interazione nello spazio e questo offre un mezzo completamente nuovo per studiare la geografia umana.

## 1. I mondi della geografia cambiano

Il mondo della geografia è stato fino a questo secolo il mondo della carta. La geografia iniziò come una "scienza" relativa alla descrizione dei "fatti" sulla terra. Cunnigham (1559) ricorre ad una citazione di Tolomeo (1477) secondo la quale "la geografia è l'imitazione e la descrizione della faccia e dell'immagine della terra... per offrire informazioni topografiche ad uomini di governo e scienziati". Le carte erano considerate una fonte di piacere per gli occhi ed un oggetto per appagare i sensi (Skelton, 1952; 1958). Le carte che i geografi producevano descrivevano l'espansione della conoscenza del mondo fisico tridimensionale nel quale viviamo. Molti non-geografi credono che la geografia sia tuttora ancorata a questo mondo fatto di carte, un'opinione che si era sviluppata in seguito all'esperienza della geografia negli anni scolastici. La rivoluzione dei sistemi di informazione geografica della fine degli anni Ottanta, naturalmente, rinforza il collegamento tra la geografia e le carte! Un collegamento che molti geografi umani non sanno oggi bene come affrontare, in parte a causa della percepita aridità concettuale delle carte digitali del mondo che sono state create, in parte perché molti utenti considerano le carte come una rappresentazione oggettiva e neutra (dal punto di vista dei valori) del mondo ignorando l'organizzazione sociale che le supporta (Pickels, 1995); e infine a causa delle limitazioni che un approccio cartografico impone a molte altre geografie, non basate sulle carte, che oggi esistono ed influenzano la vita quotidiana.

Durante il Ventesimo Secolo il dominio della geografia ha progressivamente modificato il proprio focus muovendosi da una descrizione e spiegazione degli aspetti visibili della tridimensionale superficie terrestre a spazi cartografici sempre più

astratti. In tempi recenti, l'idea della geografia umana come scienza sociale ha enfatizzato la presenza di altri tipi astratti di geografia: sociale, culturale, politica, di genere e delle istituzioni. Questo fenomeno ha spostato il focus della disciplina molto oltre il dominio della semplice e visibile carta geografica spingendolo ai margini della geografia stessa; allo stesso tempo si cerca di analizzare distribuzioni geografiche e processi in un contesto sociale, sviluppando una comprensione del comportamento e dei contenuti di micro sistemi sociali. Questo è un compito veramente stimolante. La tradizionale scienza *hard* basata su modelli matematici è troppo parziale ed incompleta nella rappresentazione di spazi di comportamento così complessi perché la si possa utilizzare, mentre gli approcci della scienza sociale *soft* sono spesso poco più che plausibili sofisticate "storie" descrittive orientate a individuare e a trarre il proprio valore dall'analisi dei casi particolari. La vera opportunità per il futuro non è continuare su questa strada ma capire come unire i diversi paradigmi della geografia umana allo scopo di ricondurvi adeguati contenuti scientifici.

È interessante osservare che un aspetto fondamentale per la creazione di un concetto comune a carattere integrativo consiste nel fatto che molti di questi "Nuovi Mondi" della geografia del XX secolo, che vanno dalla matematica alle scienze sociali, possono essere considerati come tipi diversi di una geografia virtuale o artificiale. Tuttavia resta difficile vedere o cogliere questi mondi concettuali direttamente ed è anche difficile comunicare le geografie virtuali da una persona ad un'altra. Occorre immaginare che essi esistono ed esistono principalmente come modelli concettuali nella nostra mente; sono estremamente complessi e rendono la comprensione scientifica difficile. Essi sono comunque un tipo primordiale di ciò che qui definiamo geociberspazio.

## 2. Il ciber-spazio e il cugino geografico

Il concetto di ciber-spazio si è affermato nella letteratura fantascientifica. Gibson (1984, p. 51) l'ha visualizzato come una rappresentazione grafica di dati estratti dalle fonti di ciascun computer del sistema umano. Una complessità impensabile. "Fasci di luce nel non-spazio della mente, coaguli e costellazioni di dati. Come luci della città che si spengono". Una matrice decisamente non materiale con geometrie astratte che rappresentano la relazione tra i sistemi di dati e i dati stessi (Henderson, 1991, p. 90). Anche se queste definizioni

non sono di grande aiuto, esse comunque servono ad inquadrare un concetto che deve essere ancora meglio spiegato. Una definizione più utile in questo senso spiega che il ciberspazio "fa parte di un regno indipendente, un ambiente virtuale condiviso i cui oggetti e i cui spazi sono i dati visualizzati (ed ascoltati)... realtà visive alternative e tridimensionali" (Henderson, 1991, p. 67). Walser (1990) suggerisce che il ciberspazio è un mezzo che permette di sentirsi materialmente trasportati nei molti mondi della pura immaginazione nei quali è possibile osservare ed avere esperienza della realtà. Questo aspetto è assai rilevante in quanto sta diventando sempre più chiaro che il nascente Mondo delle Information Technologies (IT) crea un immenso ciberspazio che può essere visualizzato come un mondo spaziale elettronico di reti di computer che uniscono computer, banche dati e persone, caratterizzato da un'enorme complessità, diversità e extraterritorialità. Coloro che scopriranno per primi o al più presto come meglio colonizzare ed insediarsi in questo nuovo mondo, godranno dei benefici maggiori (Scientific American, 1991; Benedikt, 1992). I termini "realtà virtuale" e "ciberspazio" descrivono nuovi generici ed ampi sviluppi del concetto di multimedialità interattiva e stanno alla base di un nuovo paradigma nel quale l'utente del computer diventa un essere virtuale a contatto con realtà virtuali che vive in un mondo virtuale di simulazione tridimensionale di qualsiasi parte del mondo reale desideri. Questo processo è espressione della tendenza a passare dall'interazione alla partecipazione attiva agli eventi informatici (Krueger, 1990).

L'idea che il ciberspazio sia un mondo assai attraente nasce dal fatto che esso suggerisce immagini mentali del nuovo mondo invisibile dell'informazione che sta emergendo e che scorre lungo reti complesse e multidimensionali che uniscono rapidamente porzioni sempre più grandi del pianeta. Questo include la trasmissione di tutti i tipi di informazione (non solo numerica) nel senso più ampio possibile. Il concetto di ciberspazio apre una finestra sul magico mondo delle IT che sono teoricamente capaci di abbracciare l'intero universo dell'informazione e della conoscenza, una rappresentazione sempre più vera di una visione estrema dell'informazione iperdimensionale (Sutherland, 1965). In pratica "navigare" o "viaggiare" attraverso il ciberspazio non significa altro che raggiungere enormi quantità di informazione *on-line* e poi imparare a convivervi. Un obiettivo importante per il futuro sarà quello di capire quando iniziare ad usarlo ed esplorarlo come strumento geografico e non come alternati-

va alle biblioteche, alle conferenze e alla diffusione della ricerca cartacea. Il ciberspazio è più di un oggetto degno di studio e va oltre ciò che attualmente costituisce il World Wide Web o il mondo di Internet. Esso costituisce un'icona di tutti gli sviluppi delle IT che hanno portato alla creazione di sistemi capaci di catturare informazioni relative a porzioni sempre più grandi della vita delle persone, creando la prospettiva di uno sviluppo futuro della conoscenza migliore del comportamento sociale nello spazio.

L'icona del ciberspazio è il ciberspazio del geografo. Immaginiamo di cadere in una grande banca-dati contenente numeri, concetti, teorie, immagini, relativi a qualsiasi aspetto del mondo che ci circonda e poi guardarci attorno. Cosa vedremo e sentiremo? Dove andremo? Cosa faremo? Ora siamo completamente immersi nella irrealtà artificiale creata dal computer di infinite realtà artificiali multimediali. Ci guardiamo attorno e vediamo proiezioni tridimensionali di iperspazi ancora più complessi. Siamo nel ciberspazio, un mondo creato artificialmente che si basa sull'informazione. Adesso siamo degli esseri virtuali, sia osservatori sia partecipanti attivi, in spazi astratti che sono generati dal computer, che interagiscono con flussi di dati e riflettono un'unità con la nostra mente. Ma siamo geografi e non maniaci del ciberspazio per cui recuperiamo la geografia. I flussi, le luci, le distribuzioni acquistano una struttura geografica. Sono ordinate. Ci informano sulla vita quotidiana delle persone e come esse si aggregano in paesi e stati. Un giorno saremo in grado di guardarle mentre si occupano dei loro affari e forse modellare e cogliere più aspetti di ciò che fanno. Potremmo perfino valutare le nostre idee, concetti e modelli semplicemente pensandoli e poi osservando se le geografie artificiali si adattano al geociberspazio.

Il geociberspazio è perciò quella versione del ciberspazio che appare rilevante per la geografia ed è la struttura spaziale all'interno di esso che lo rende distintivo. Si tratta di geografia artificiale. In teoria esiste poca differenza tra le immagini concettuali che crea la nostra mente per aiutarci a capire il mondo intorno a noi mentre "sogniamo" teorie per questo o quel fenomeno e il tipo di teorizzazione che potremmo ottenere col geociberspazio se avessimo a disposizione strumenti adeguati per affrontarne la complessità. Helsel e Roth (1991) osservano che il ciberspazio e le tecnologie ad esso associate hanno la capacità di abbattere le barriere tra le classi, la razza, le religioni e il genere. Tuttavia potrà essere usato per abbattere barriere o semplicemente come mezzo



per la fuga verso un cibernazio personale, concepito come l'ultimo rifugio dalla realtà? Nella realtà virtuale possiamo essere il capitano della nostra nave su ciascun mare di nostra creazione (Laurel, 1991). Fin qui siamo d'accordo, ma come geografi vorremmo spingerci oltre un semplice viaggio attraverso il geocibernazio creato dalla fusione della nostra immaginazione, da teorie in parte prese a prestito e da banche-dati di altri. Occorre osservare a questo punto che il geocibernazio ha più dimensioni di quelle tridimensionali della realtà virtuale o di quelle bidimensionali del mondo dei GIS. Inoltre non vogliamo soltanto "vederlo" o "girarci intorno", azioni che comunque sono inadeguate data la sua complessità iperdimensionale; vogliamo invece disperatamente cercare una tecnologia per descrivere, modellare, prevedere e analizzare le distribuzioni spaziali, i processi e le relazioni che indubbiamente esistono in questi iper-mondi artificiali. Se i geografi esploratori del XIX e del XX secolo studiavano le realtà tridimensionali della superficie terrestre, nel XXI secolo saranno i mondi artificiali del geocibernazio creati dalla IT e dai supporti informatici a costituire i nostri campi di battaglia. Adesso occorre scoprire come sopravvivere in un mondo così diverso e considerare quali paradigmi geografici meglio vi si adattino.

Sembra che adesso esistano una serie di strumenti di rappresentazione di tipo multimediale basati sull'uso del computer che possono essere usati per creare un ambiente dove fare geografia in modi radicalmente nuovi ed emozionanti. Anche in passato sono sorte nuove geografie, in quanto la disciplina si è evoluta in base a nuove e diverse opportunità. L'opportunità che le si offre ora è ancora più importante per il suo futuro rispetto a quelle passate o a molte delle precedenti. Per sopravvivere, una geografia diversa necessita probabilmente di evolvere dall'esistente mescolanza di nuove e vecchie, di buone e cattive geografie che si sono affermate negli ultimi cento anni. Nell'affrontare il geocibernazio, la geografia trova efficaci supporti in tre importanti strumenti tecnologici e fortemente geografici, ma nessuna di queste tecniche è sufficiente di per se stessa.

### 3. Tre strumenti tecnologici chiave

#### 3.1. La rivoluzione dei sistemi di informazione geografica (GIS)

La rivoluzione dei GIS è un fenomeno che si è

affermato in molti paesi alla fine degli anni Ottanta. Nel regno Unito nascono in seguito al rapporto Chorley del 1987 (Chorley, 1987) anche se le idee guida sono precedenti. Il principale effetto, che i GIS hanno prodotto, è stata la conversione di carte su supporto cartaceo in forma digitale e il graduale assorbimento della geografia in molte banche dati mondiali che riguardano la popolazione. Questo ha portato ad una sempre più intensa georeferenziazione di dati disponibili relativi alla popolazione e ai luoghi del nostro pianeta, inclusi molti aspetti dei sistemi umani e fisici. Le IT creano per mezzo dei GIS un mondo sempre più ricco di dati spaziali. Un'opportunità immediata per i geografi è scoprire i modi per fare qualcosa di utile con queste tecnologie piuttosto che far finta che non esistano o che siano inutili per qualche ragione teorica. I GIS sono una tecnologia chiave per inserire la geografia nel cibernazio. I GIS enfatizzano ancora una volta l'importanza della dimensione della carta in geografia ed aumentano fortemente la necessità di sviluppare l'analisi geografica e adeguati strumenti di modellizzazione. I GIS sono una tecnologia globale e diventerà assai difficile pensare di fare geografia ad una qualsiasi scala senza di essi visto che costituiscono la piattaforma dalla quale partire o alla quale riferirsi. Tuttavia, nonostante la loro importanza, i GIS in sé hanno scarso valore per la geografia. La disponibilità sempre maggiore di dati e la disponibilità universale di realizzare cartografia automatica non conduce necessariamente ad un incremento significativo della conoscenza geografica distinta dai fatti geografici. È pertanto importante sviluppare nuovi strumenti capaci di estrarre e creare nuova conoscenza geografica nella forma di teorie e concetti dai dati geografici o dai ricchi ambienti che i GIS creano per noi.

I geografi devono ancora scoprire come trattare il mondo dei GIS ricco di dati ma povero di teorie. Taylor (1990) a ragione afferma che esiste un'urgente necessità di costruire Sistemi che creano Conoscenza Geografica (SCG) da sovrapporre ai database spaziali creati con i GIS o ad altri documenti creati con il remote sensing e le IT. È anche importante cercare di incorporare piuttosto che ignorare le teorie e i concetti che già esistono durante l'analisi e la modellizzazione spaziale. Infatti, è possibile sviluppare applicazioni più belle, per così dire, semplicemente usando in modo più intelligente la conoscenza che già esiste piuttosto che impegnarsi in esercizi sofisticati che la ignorano. Per esempio, gli avanzamenti nella creazione di classificazioni spaziali sono stati otte-

nuti, negli ultimi venti anni, grazie allo sviluppo di algoritmi matematici; però anche il metodo di classificazione più aggiornato che usa tecniche di neurocomputerizzazione ignora almeno 50 anni di conoscenza delle strutture socio-spaziali (Openshaw, 1994a). Sarebbe ancora più interessante cercare di incorporare, piuttosto che ignorare, questa conoscenza creando dei classificatori spaziali intelligenti che usino la meta-conoscenza come controllo o filtro dei risultati ottenuti con gli algoritmi. Se i geografi devono sviluppare degli SCG allora occorre trovare forme di analisi ricche e non povere – o assolutamente prive – di concettualizzazione. Ed è anche importante cercare esplicitamente di costruire dei collegamenti con ed all'interno delle aree *soft* e delle tematiche della geografia poiché qui c'è una risorsa estremamente ricca che può essere usata per dotare strumenti computeristici piatti con un certo livello di capacità di analisi.

### 3.2. La rivoluzione dell'Intelligenza Artificiale (IA)

Se deve essere fatto un buon uso del geociberspazio allora è importante che nuove tecnologie di analisi e di modellizzazione siano create per esplorare il magico mondo del geociberspazio, ricco di informazione, al fine di cogliere *pattern* e nuova conoscenza. Non è più adeguato o sufficiente affidarsi soltanto agli uomini per lo svolgimento di questa funzione in quanto circola molta informazione inaffidabile, troppe variabili, troppe variazioni non lineari e troppa complessità. In situazioni ricche di informazioni ma povere di conoscenza l'unica vera speranza per sviluppare processi significativi è quella di rivolgersi a metodi basati sull'intelligenza artificiale. Forse è possibile trovare con metodi informatici una via che conduca a livelli maggiori di conoscenza.

Dopo una lunga e tormentata storia che dura da oltre 50 anni, oggi esiste un certo numero di utili e pratici strumenti dell'IA applicabili in geografia. C'è anche chi afferma che l'IA possa diventare la grande moda degli anni Novanta (Openshaw, 1992a). Questa opinione si basa sul fatto che molta geografia contiene applicazioni che ben si adattano all'IA e che molti problemi "*hard*" in geografia possono essere risolti con questi metodi e che la comunità IA può considerare la geografia una ricca fonte di opportunità per valutare le proprie tecnologie attraverso utili applicazioni. Tuttavia dovrebbe essere chiaro che il potenziale dell'IA in geografia non si limita al tradizionale settore della geografia quantitativa ma compren-

de molte aree precedentemente escluse. E infatti è probabilmente nelle aree *soft* della geografia che queste tecnologie possono avere il più forte impatto in quanto l'intelligenza artificiale espande l'applicabilità dei metodi computazionali (Openshaw, 1995a).

Con l'IA si tenta di costruire delle "macchine pensanti" per mezzo di prodotti software capaci di svolgere funzioni che potrebbero essere considerate intelligenti se fossero effettuate da persone. Nel cercare come applicare l'IA in geografia, lo scopo non è semplicemente quello di replicare il comportamento degli esperti umani, bensì di creare dei livelli di intelligenza sovraumani in aree di indagine assai specializzate. Tenendo presente questo, vi sono quattro principali aree dell'IA che risultano particolarmente rilevanti in geografia: la neurocomputerizzazione (*neurocomputing*); gli algoritmi genetici che includono la programmazione evolutiva e la vita artificiale; la visione computerizzata degli oggetti spaziali e la computerizzazione *soft*, in particolare la logica *fuzzy* e i sistemi neuronali genetici a logica *fuzzy* ibrida.

La *neurocomputing* è diventata una delle principali aree di ricerca scientifica dal 1986 con applicazioni in diversi settori disciplinari. Per il momento le applicazioni in geografia sono poche ma non sarà così ancora per molto in quanto esistono già dei prodotti *software* specifici (Hewiston e Crane, 1994). Le reti neuronali artificiali offrono un punto di partenza per la modellizzazione dei processi spaziali eliminando la complessità del problema (Openshaw, 1993). Infatti è ora possibile costruire dei modelli al computer praticamente di qualsiasi fenomeno per il quale esistano dati rilevanti. La tecnologia è capace di utilizzare dati come pure spazi funzionali non lineari ad alta dimensione e discontinui. Forse gli strumenti della *neurocomputing* dovrebbero essere utilizzati per quei problemi per i quali non c'è alternativa o per i quali sono necessari livelli di performance più alti. Le reti neuronali controllate (*supervised neural network*) possono ravvivare l'uso di tecniche di modellizzazione tradizionali e, ancora più significativamente, estendere gli strumenti computazionali e di modellizzazione alle aree *soft*. Purtroppo questo potenziale resta incompreso ed esistono numerosi pregiudizi contro questa tecnologia.

Gli algoritmi genetici e la computerizzazione evolutiva forniscono le basi per sviluppare nuove soluzioni ai complessi problemi di ottimizzazione allocativa e costituiscono anche i punti di partenza per sviluppare nuovi tipi di analisi spaziale e di strumenti di modellizzazione (Openshaw, 1988, 1994b).



Il terzo ambito dell'IA particolarmente rilevante per la geografia è quello della visualizzazione al computer. Molti problemi relativi alla scoperta di conoscenza, di modellizzazione e di analisi possono essere considerati come un compito adatto per la visualizzazione al computer e per le tecnologie che individuano *pattern*. Un concetto geografico o una teoria possono essere considerati una distribuzione astratta o un processo che ricorre in un modo generalizzato senza troppa attenzione ai dettagli precisi. Tradizionalmente i geografi hanno tradotto teorie generali e concetti in ipotesi fortemente specifiche e aspatiali ma valutabili che hanno perso nel processo quasi tutte le principali dimensioni geografiche. La visualizzazione al computer offre un mezzo per identificare due o tre *pattern* dimensionali senza essere confusi dalla scala, la rotazione e l'unicità del luogo. Adesso è possibile pensare di utilizzare teorie esistenti come distribuzioni astratte e poi cercarle in una forma altamente astratta nel geociberspazio (Openshaw, 1994c).

La logica *fuzzy* crea una nuova generazione di macchine intelligenti. Molte di queste tecniche possono essere ben applicate in geografia e possono essere usate per costruire e analizzare dati spaziali utilizzando il pensiero *fuzzy* (Openshaw, 1996). Per esempio il modello trazionale di interazione spaziale e massimizzazione di entropia può essere sostituito da un modello *fuzzy* basato su affermazioni linguistiche del tipo: la maggior parte degli spostamenti sono brevi, pochi di lunga distanza ammesso che non vi siano alternative. Chiaramente questa è una tecnologia molto più flessibile di quella precedentemente usata nei modelli di interazione spaziale. Adesso è possibile iniziare a pensare come analizzare in un modo *fuzzy* molti altri aspetti del mondo dei dati non-numeric, le banche dati dei testi e presto quelle multimediali che le reti e i sistemi video stanno portando nel mondo del lavoro. Indossiamo i nostri occhiali dell'IA e probabilmente molte aree della geografia non sembreranno più le stesse (Openshaw e Openshaw, 1997). I metodi dell'IA, che offrono un nuovo insieme di strumenti, sono adesso disponibili sia per fare che per rifare la geografia degli anni Novanta usando quelle che un giorno saranno definite la versione primitiva delle tecnologie del XXI secolo. Ancora una volta un'importante spinta alla loro applicazione è la necessità di affrontare il geociberspazio.

### 3.3. La rivoluzione dei Computer ad Alte Prestazioni (CAP)

Il terzo strumento chiave per trattare il geociberspazio è costituito dai nuovi supercomputer ad alte prestazioni. Essi servono per semplificare le fasi di assunzione e gestione dei dati, per conferire potenza agli strumenti basati sull'IA e generalmente per fornire l'infrastruttura adatta per sfruttare la ricchezza di informazione. È importante osservare che il mondo dei computer è entrato in una fase di profondo cambiamento caratterizzata dalla computerizzazione in parallelo e dalla possibilità di gestire informazioni anche non numeriche. Mentre i supercomputer diventano più veloci, nuovi approcci intensivi di elaborazione automatica rivoluzionano aree prima dominate da metodi analitici creati quando i computer erano lenti e l'uso molto dispendioso. A questo proposito Hillis (1992, p. 1) scrive:

“Si sta verificando una significativa transizione tecnologica nel mondo dei computer e poiché stanno radicalmente cambiando i costi e le capacità di elaborazione delle informazioni, è molto probabile che questo avrà un impatto sulla nostra vita. La nuova tecnologia alla quale mi riferisco è la computerizzazione parallela”.

Da allora molte discipline stanno facendo un sempre maggior uso del computer e gli approcci informatici intensivi forniscono le basi per una “nuova grande opportunità” di ricerca in fisica, biologia, ingegneria, geologia e nella modellizzazione ambientale con particolare riguardo alle variazioni climatiche e alla modellizzazione globale, nella dinamica dei fluidi, nella modellizzazione delle macromolecole, nella simulazione dei materiali, nella cromodinamica quantistica e nella gestione dei dati genetici. La *supercomputing* è ormai una tecnica affermata che sta accanto all'osservazione, la sperimentazione e la teoria di molte scienze. La nascita di sistemi paralleli commerciabili fa intravedere una tripla velocizzazione delle operazioni rispetto a quello che era stato raggiunto con i supercomputer vettoriali degli anni Ottanta e quindi richiede massicci approcci informatici nel fare scienza. Openshaw (1995b) osserva che la geografia non è estranea a questo processo ed è giunto il momento di pensare ad una grande opportunità anche per questa disciplina.

La *supercomputing* in parallelo richiede un *hardware* multi-CPU collegato con reti ad alta velocità e con memoria globale condivisa. L'idea non è nuova e la tecnologia si è sviluppata da oltre 20 anni ma soltanto recentemente i più attuali sistemi hanno iniziato a fornire ambienti di *supercom-*

*puting* estremamente potenti che raggiungeranno la velocità di teraflop per la fine degli anni Novanta. Se negli ultimi dieci anni la velocità di elaborazione era aumentata per i supercomputer britannici del 100%, si prevede un aumento di tre o quattro volte superiore nei prossimi cinque anni. Come risultato entro il 1999 sarà possibile che le velocità di elaborazione aumentino di  $10^9$  volte dalla rivoluzione quantitativa degli anni Sessanta e di circa  $10^8$  volte dalla rivoluzione matematica della modellizzazione degli anni Settanta e di circa  $10^6$  volte dai tempi della rivoluzione GIS alla metà degli anni Ottanta.

In un momento in cui stiamo aspettando che le macchine posseggano *terabyte* di memoria, la maggior parte dei geografi si sente ancora stupita dall'avvento dei PC con prestazioni simili ai *mainframe* degli anni Ottanta. L'apprezzamento dunque di macchine che sono un milione di volte più veloci e più potenti negli anni Novanta è legato ai concetti che si sono formati delle proprietà delle macchine del passato e quindi non deve stupire una certa incredulità. Tuttavia esistono adesso opportunità per creare, sviluppare e applicare nuove tecnologie e possiamo cominciare a camminare velocemente verso una mentalità più informatica per affrontare problemi che necessitano e possono sfruttare la potenza dei computer in parallelo. È interessante osservare perciò che molte modellizzazioni basate su carte e analisi geografiche sono implicitamente parallele e potrebbero trarre grandi vantaggi da questi sviluppi. Inoltre esistono molti problemi di hardware che prima non potevano essere risolti e questo in parte spiega il rifugiarsi di molti geografi (e di altri scienziati sociali) in approcci di tipo descrittivo e qualitativo. Un nuovo momento della geografia attraverso il paradigma computazionale sembra essere realizzabile ora che i computer sono più potenti e veloci. Un'opportunità esiste ora sia per le aree *soft* che per quelle *hard* della geografia calandole nell'era del computer. Questo non è un tentativo di portare a nuova vita la geografia quantitativa o la modellizzazione statistica e matematica; e neppure un ritorno al positivismo o al puro amore per la tecnologia: è soltanto uno spunto su come sfruttare nuovi modi disponibili per fare geografia (Openshaw, 1994d e 1994e).

#### 4. La geografia computerizzata e i modelli dei sistemi umani

I tre strumenti prima considerati (GIS, IA e computer ad alte prestazioni) possono avere anche un

impatto irrilevante in geografia. Tuttavia se considerati nel loro insieme e situati nel contesto del ciberspazio, l'emergente società dell'informazione e i sistemi di reperimento dati via satellite, si hanno effetti sinergistici maggiori. Essi permettono di supportare un nuovo stile computerizzato di geografia per il XXI secolo. La geografia computerizzata è il frutto di un approccio chiaramente computeristico di fare geografia che cerca di utilizzare le fonti di informazioni, gli strumenti dell'IA, la computerizzazione in parallelo e tutti gli altri strumenti conosciuti. Essa è sufficientemente definita, generica nella sua tecnologia e flessibile da un punto di vista teorico tanto da poter comprendere la maggior parte, anche se non tutte, delle recenti aree di ricerca della geografia fisica e umana. Possiamo adesso affrontare molti problemi della geografia (formulazione di teorie, analisi, modellizzazione, simulazione e previsioni) entro la prospettiva del ciberspazio per mezzo di questi nuovi strumenti. In tal modo cerchiamo di far evolvere il pensiero geografico facendolo interagire con diverse discipline più o meno simultaneamente.

La grande opportunità per i geografi umani è di puntare, capire e modellizzare il mondo delle persone e i loro sistemi spaziali (Openshaw, 1995). Attualmente poco si sa della natura scientifica, del comportamento e dei processi di cambiamento di quasi tutti i sistemi che si riferiscono alla componente umana. I modelli matematici a disposizione permettono soltanto di risolvere i problemi più semplici e non sono ancora basati su alcuna vera comprensione delle dinamiche dei sistemi umani che cercano di rappresentare. Tuttavia la difficoltà non è una scusa sufficiente data l'importanza della Modellizzazione dei Sistemi Umani (Human System Modelling, HSM). In un momento in cui oltre l'80% della popolazione del Regno Unito e della Comunità Europea vive nelle città e probabilmente il 50% della popolazione diventerà urbana al più presto, è preoccupante verificare che i nostri modelli computerizzati relativi alle città sono stati creati 25 anni fa. Probabilmente si conoscono molte più cose sui pericoli del mondo degli animali selvaggi che sul problema dei disoccupati del Merseyside, oppure sulla dinamica atmosferica di Marte che sul comportamento dei pendolari nelle grandi città; e ancora sono più studiati i processi tridimensionali della circolazione oceanica mondiale che gli effetti delle traiettorie spazio-temporali dell'economia dello spazio locale in un piccolo centro, o il comportamento degli atomi che l'ottimizzazione dei processi di localizzazione e di distribuzione dei servizi dai



quali tutti dipendiamo per le più svariate attività. Ad ogni modo la maggior parte dei problemi della vita moderna sfuggono all'indagine scientifica poiché si situano a cavaliere tra le scienze fisiche *hard* e le scienze sociali *soft*. È necessario dunque sviluppare un concetto di scienza geografica spaziale per comprendere e costruire modelli di sistemi a scala mondiale, per analizzare le interazioni e le dinamiche. Per la sopravvivenza della nostra specie dobbiamo sviluppare un approccio più spaziolistico e dobbiamo farlo al più presto.

Una delle maggiori difficoltà dell'HMS è data dal fatto che la scienza normale non può trattare col cibernazio. È importante considerare che tipo di "scienza" sia oggi necessaria. La scienza convenzionale utilizzata da scienze come la fisica o la chimica non è appropriata: l'applicazione in geografia si è dimostrata inadeguata. Openshaw (1996) osserva a favore della logica *fuzzy* che essa può trattare informazione imprecisa e qualitativa, e può offrire una visione *fuzzy* piuttosto che una intricata visione logico-positivista del mondo. Un paradigma *fuzzy* (Kosko, 1993) potrebbe offrire un contesto logico per affrontare molti dei problemi di analisi e di modellizzazione che sorgono dal cibernazio; o almeno permetterebbe alla geografia quantitativa di uscire dalle limitazioni del positivismo logico e da meccanismi troppo poveri per essere applicati alla conoscenza. Prima o poi il livello di insoddisfazione sarà tale da distruggere l'attraente aspetto della non-scienza artistica o letteraria: la società ha bisogno di più scienza e non di non-scienza. Vi è inoltre necessità di una "buona" gestione, di controlli, di sistemi di previsione che possano essere applicati ai sistemi spaziali che i geografi vogliono studiare. La logica *fuzzy* si configura come il tramite tra scienza e non-scienza in geografia umana.

## 5. Un manifesto di ricerca

Da un punto di vista geografico, la geografia computerizzata offre un nuovo paradigma per fare geografia, un paradigma che evolverà lentamente e non rivoluzionerà con cambiamenti radicali in tempi brevi il mondo della geografia. Essa offre le basi per migliorare ciò che stiamo facendo già; può essere utilizzata per aggiungere rigore scientifico a quelle aree che ne sono sprovviste; ciò significa trattare problemi prima impossibili e un meccanismo per estrarre valori, concetti nuovi, nuove teorie e nuove scoperte dal ricco ambiente di informazione che ci circonda. Esistono chiaramente molte aree diverse e svariati argomenti di

grande interesse in un ambito disciplinare così ampiamente definito: qualsiasi priorità sarà soggettiva e personale. Forse una necessità immediata è quella di raccogliersi in momenti di riflessione tra geografi dall'atteggiamento flessibile durante i quali definire le aree di interesse e constatare quello che potrebbe emergere. Le tre ipotesi successive sono, a mio parere, tra le più rilevanti.

### 5.1. Un'elegante analisi geografica esplorativa e la modellizzazione

Nella società sono ora disponibili molte informazioni referenziate geograficamente. Il geocibernazio si è ampliato creando sempre maggiori opportunità per l'analisi geografica e i geografi si aspettano di coglierle. Inoltre si sono rese disponibili informazioni relative a diversi aspetti prima sconosciuti (mortalità, morbilità, criminalità, ecc.). Il problema al momento è che la maggior parte delle banche dati non è adatta per essere adeguatamente analizzata (Openshaw, 1994f). Esistono molti ostacoli: per esempio, un'eccessiva ed errata considerazione per le proiezioni dei dati; una carente tradizione di analisi e l'assenza di adeguati metodi di indagine. Un altro problema è costituito dal fatto che il convenzionale metodo di analisi si basa sulle ipotesi, mentre i nuovi domini dell'informazione non presentano ipotesi. Anche gli strumenti analitici a disposizione sono dimensionalmente limitati nel senso che lavorano meglio in presenza di poche variabili e di relazioni semplici. L'elemento chiave del geocibernazio è che può essere multidimensionale e dinamico e questo aspetto si adatta alla necessità di affrontare la complessità, non di ridurla artificialmente come spesso avviene con i vecchi metodi.

La computerizzazione in parallelo costituisce un motore per azionare molti tipi e stili di analisi geografica. Il problema di non sapere dove cercare *pattern* localizzati e relazioni può essere risolto con una ricerca a tappeto per mezzo di tecnologie di indagine avanzate. Molte analisi geografiche sono un processo di ricerca esplicitamente parallelo e quindi particolarmente adatto per l'elaborazione in parallelo. Lo stile della *Geographical Analysis Machine* (GAM) di Openshaw (1987) e di Openshaw e Craft (1991), la *Geographical Correlates Exploration Machine* (GCEM) di Openshaw (1990) sono ora applicabili a larga scala. Tuttavia i sistemi di indagine possono essere ancora migliorati incorporando la tecnologia dell'IA. Gli strumenti di analisi spaziale avanzati necessitano di essere crea-

ti in modo da poter scovare con successo *pattern* e relazioni (ovvero regolarità empiriche) nella giungla del ciberspazio senza bisogno di essere preventivamente informati di dove, quando e cosa cercare (Openshaw, 1994b; Openshaw, 1995c). Tradizionalmente abbiamo affrontato la complessità cercando di eliminarla. I progetti di ricerca e i metodi di indagine hanno utilizzato i processi di analisi dei dati con un effetto sempre maggiore. Tuttavia, in seguito alla sempre maggiore disponibilità di dati il numero delle variabili e dei diversi livelli di risoluzione, l'impatto, anche non intenzionale, diventa eccessivo. Sempre più frequentemente si pensa che i dati parlino da soli dopo essere stati intrappolati e i risultati ottenuti riflettono le limitazioni dei protocolli di ricerca piuttosto che veri *pattern* espressi dai dati.

Un database GIS completo consiste di tre tipi di informazione: geografica, temporale e di attributi. Gli strumenti di analisi e di modellizzazione dovrebbero operare in tutti e tre gli spazi e sulle sette possibili combinazioni. Ciascuno di questi spazi viene misurato in unità diverse e non commensurabili e alcuni possono avere livelli multipli di misurazione oppure essere una multivariata. Il mondo dei GIS enfatizza soprattutto gli spazi geografici e gli attributi, ma ancor di più i primi. Perché non possiamo esplorare l'universo dei dati senza essere così tanto specifici? Perché non cerchiamo di identificare regolarità empiriche principali e *pattern* senza essere eccessivamente descrittivi? Perché non cerchiamo di sviluppare una tecnologia di indagine spaziale capace di catturare i principali *pattern* nei nostri database quando e come essi siano? La caccia ai dati è sempre stata denigrata da coloro che avevano ipotesi da testare essendo privi di una tecnologia che permettesse loro di andare oltre nell'esplorazione. Cerchiamo di essere chiari: adesso abbiamo bisogno di strumenti che guardino a 360°, senza di essi non possiamo vedere il geociberspazio e non potremmo cogliere niente di nuovo ed anche se ci fossimo vicini, non potremmo rendercene conto.

Non vedere il geociberspazio non è una malattia recente. Abbott (1884) nel suo *Flatland* descrive un mondo bidimensionale che è visitato da una sfera proveniente dallo spazio (un mondo tridimensionale). Molta della visualizzazione ottenuta con i GIS enfatizza immagini bi- o tridimensionali del mondo dei dati che si estende verso livelli di iperdimensionalità assai maggiori. Il problema è quello di affrontare dimensioni oltre la tridimensionalità o la quarta dimensione. Gli artisti del computer credono di poter "vedere" la quarta dimensione. Robbin (1992, p. 73) scrive che "quan-

do la quarta dimensione entra a far parte della nostra intuizione, la nostra comprensione esploderà". Tuttavia per affrontare adeguatamente il geociberspazio occorre scoprire il modo per vedere i *pattern* e le relazioni in spazi multidimensionali: una strategia che riduce gli spazi a due o tre dimensioni non potrà funzionare.

Una soluzione possibile è quella di usare le nostre idee tratte dalla vita artificiale e da agenti intelligenti per creare creature capaci di fiutare *pattern* e che possano muoversi in geociberspazi iperdimensionali e multimetrici. Openshaw (1995c) osserva che, in principio, molti problemi dell'analisi geografica esplorativa possono essere affrontati per mezzo di queste creature autonome e intelligenti che vivono in funzione dei database. Seguendo i loro movimenti e i loro comportamenti per mezzo di finestre bi- o tridimensionali che si aprono sul loro mondo dei dati, multiplo e ad alta dimensione, sarà possibile visualizzare, analizzare, modellare e decodificare molti *pattern* e relazioni piuttosto che soddisfare il mondo intorno a noi del quale poco vediamo e siamo ancora ingnoranti (Openshaw e Perree, 1996).

## 5.2. I modelli spaziali dei sistemi umani

Anche l'elaborazione di modelli dei sistemi umani costituisce un'altra necessità della geografia. Si è osservato che tra gli anni Sessanta e Settanta i maggiori avanzamenti furono fatti nel campo della modellistica matematica di sistemi urbani e regionali (Wilson, 1970, 1981; Batty, 1976). Tuttavia anche allora si presentò un ostacolo: i modelli matematici funzionavano bene con sistemi Weaver del I e II tipo ma non potevano affrontare sistemi Weaver complessi del III tipo che caratterizzano la maggior parte dei sistemi umani (Wilson e Bennett, 1985). Ovviamente non siamo ignoranti della società ma la nostra conoscenza scientifica di come essa funzioni è molto lontana da un approccio descrittivo e soft del suo modo di funzionare e di organizzarsi. L'opportunità oggi è quella di sviluppare nuove tecnologie in grado di creare modelli che possono trasferire una comprensione geografica descrittiva in qualcosa di più scientificamente rigoroso e utile attraverso il geociberspazio come fonte di dati.

Tra i veri metodi, quelli della *neurocomputing* sono in grado di incorporare relazioni *soft*, *fuzzy* e qualitative. I computer sono ormai potenti e veloci abbastanza da permettere un livello di modellizzazione a scala micro del comportamento umano e nuovi metodi di costruzione di modelli permet-



teranno presto la modellizzazione di sistemi caotici non lineari (Batty e Longley, 1994). Forse il punto chiave per progredire in questo campo è di sviluppare - anche in seguito ad una certa urgenza - strumenti pratici che incorporino concetti soft e che producano quasi all'istante una tecnologia più intelligente. L'elaborazione in parallelo costituisce un punto di partenza per ricreare e ripensare utili modelli scientifici dei sistemi umani. Il compito non è facile ma forse, anche in collaborazione con altre discipline, sarà possibile trovare la soluzione. Per esempio il recente sistema *hardware* MPP ha la capacità e la potenza di effettuare modellizzazioni spaziali a grande scala. Turton e Openshaw (1996) offrono un esempio di modelli di interazione elaborati in parallelo che funzionano a velocità milioni di volte maggiori. Tuttavia anche i vecchi modelli di interazione spaziale degli anni Sessanta devono essere cambiati affinché possano rappresentare in modo avanzato i sistemi del comportamento umano. Non è sufficiente porre in parallelo i nostri modelli; le maggiori velocità di elaborazione elettronica devono essere utilizzate per sviluppare nuovi e migliori modelli. Un esempio è dato dal sistema di modellizzazione automatica (*Automated Modelling System*) di Openshaw (1988) che usa metodi di programmazione genetica e costituisce un'interessante contributo alla nuova generazione di MPP (Turton et Al., 1997).

### 5.3. Lo sviluppo dei sistemi di conoscenza geografica

Un'altra necessità fondamentale è quella di formulare nuovi concetti e di scoprire o ri-scoprire nuova conoscenza esplorando il geociberspazio. È noto che la geografia quantitativa degli anni Sessanta fallì nel tentativo di sviluppare nuove conoscenze o teorie geografiche. Anche la rivoluzione della modellizzazione matematica degli anni Settanta non riuscì ad allargare le conoscenze disciplinari sebbene avesse fornito delle basi scientifiche più rigorose alle teorie esistenti. La rivoluzione dei GIS degli anni Ottanta fallirà anch'essa nel tentativo di ampliare la conoscenza in quanto è troppo orientata ai dati su fatti geografici e non dispone di strumenti necessari per creare nuova conoscenza.

Un problema è costituito dal fatto che i geografi, fino ad oggi, non sono riusciti a formulare esplicitamente una geografia dell'analisi spaziale. I metodi statistici sono stati principalmente usati in un contesto geografico per valutare ipotesi che sono implicitamente, o solo vagamente, geografi-

che. Nel processo la maggior parte dell'innata geograficità è andata perduta; per esempio un'analisi di autocorrelazione è più precisa e limitata nello scopo di un concetto geografico di autocorrelazione; allo stesso modo la valutazione degli effetti di *distance decay* sono una valutazione di una specifica funzione di *distance decay* piuttosto che un concetto invariante rispetto alla funzione. Le statistiche metodologiche che sono state applicate fino ad oggi in geografia sono in qualche senso troppo precise per trattare adeguatamente molte teorie e concetti astratti della geografia. Una più utile tecnologia deve essere sviluppata in vista di un progresso futuro.

Un modo per progredire è quello di applicare approcci volti alla identificazione di *pattern* spaziali. Openshaw (1994c) suggerisce l'uso di metodi di visualizzazione della robotica e dell'IA per individuare *pattern* geografici astratti che rappresentino concetti. I *pattern* spaziali che si presentano come ricorrenti e importanti possono essere considerati un'istanza particolare di teorie e concetti più astratti. Il segreto sta nel cercare *pattern* geografici astratti e generali come entità compiute senza bisogno di dover essere troppo specifici o precisi a riguardo della loro forma e struttura. Per esempio la trama spaziale della struttura residenziale e sociale di Sheffield è simile a quella di Leeds? Si osservi qui che il *pattern* che interessa è la struttura socio-spaziale generale ottenuta ignorando la scala, la rotazione e gli effetti di restituzione. Esistono questioni generali e geograficamente rilevanti alle quali è possibile dare risposta con metodi quantitativi tradizionali. I metodi di indagine delle strutture spaziali basati sull'IA possono essere adattati per dare una risposta a questi problemi come pure strumenti di visualizzazione computerizzati.

Quando questo tipo di problema sarà risolto, molte altre applicazioni si presenteranno. Per esempio quanti tipi di *pattern* socio-spaziali urbani esistono in Gran Bretagna? È interessante osservare che negli anni Cinquanta questo tipo di indagine era assai diffuso. Perché allora non creare degli archivi di *pattern* geografici bi- o tridimensionali indipendenti dalla scala come oggetti che definiscono, contengono e rappresentano la conoscenza geografica di un problema ricorrente. La rilevazione di *pattern* geografici con mezzi di IA offre la possibilità di elaborare informazione geografica per creare nuova conoscenza geografica. È probabile tuttavia che questo metodo richieda un alto utilizzo del computer anche in un ambito di alte prestazioni in quanto occorre investigare l'intero spazio della carta a diversi livelli di risoluzione.

## Conclusioni

Gli anni Novanta sono stati un momento emozionante per i geografi specialmente se questi sono stati in grado di sfruttare le nuove opportunità create dallo sviluppo del geociberspazio. Vi sono nuovi modi per fare geografia e il contesto in cui si fa geografia cambia rapidamente. Si propone una nuova prospettiva per far evolvere la materia in senso integrale adottando un paradigma computazionale che cerchi di sfruttare le opportunità offerte dai computer in parallelo e così facendo preparare la strada per un grande salto nella prima decade del nuovo secolo. Lo stimolo viene anche dal continuo progresso delle IT e dalla grande quantità di informazione disponibile.

Il geociberspazio viene considerato come un'icona per questi sviluppi in un momento in cui un significativo numero di geografi sembra credere che i computer rappresentino il demone, i GIS una tecnologia poliziesca o pensano che vi sia l'esigenza di demolire tutto e che le frontiere della disciplina sbarrino la porta alle nuove geografie virtuali della mente. Questa non è una risposta adatta a tale progresso dell'IT. La geografia è una disciplina ben sviluppata e matura; ora necessita di diventare più audace nel cercare di sviluppare e affermare la propria opportunità nel campo della scienza informatica ed anche nello scegliere quale forma di scienza sia più appropriata. Un primo passo è stato fatto ma molto resta da fare. Esiste un futuro emozionante e drammatico che attende la geografia umana mentre si sviluppano le nuove cybertecnologie per affrontare il ciberspazio.

(traduzione di Cristina Capineri)

## Glossario

**multi CPU** (*central processing unit*) = calcolatore in cui l'unità di calcolo è costituita da più processori; oppure indica il caso in cui più calcolatori lavorano in rete ovvero la fase di calcolo è suddivisa tra più calcolatori anche di tipo PC collegati in rete.

**terabyte** = 1000 gigabyte ( o 1000 miliardi di caratteri).

**mainframe** = computer centrale

**supervised neural networks** = reti neurali la cui fase di apprendimento viene controllata da un algoritmo il quale controlla il livello di apprendimento in base ad un database di informazioni.

**fuzzy logic** = metodo per il controllo di un proces-

so in base ad un insieme di regole predefinite le quali definiscono il processo di decisione che serve a generare delle uscite del sistema di controllo in base agli ingressi forniti. L'insieme di regole viene definito su criteri di tipo non algoritmico.  
**hybrid fuzzy** = processo di controllo di misto composto in parte da fuzzy e algoritmico

## Bibliografia

- Abbott, E.A., *Flatland: a romance of many dimensions*. Blackwell, Oxford, 1884.
- Batty, M., *Urban Modelling*, Cambridge University Press, Cambridge, 1976.
- Batty, M., Longley, P., *Fractal Cities* Academic Press, London, 1994.
- Benedikt, M., *Cyberspace: first steps*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1992.
- Chorley, R., *Handling geographic Information: Report of the Committee of Enquiry*, HMSO, London, 1987.
- Cox, E., *The Fuzzy systems handbook*, A P Professional, Boston, 1994.
- Draper, G., *The geographical epidemiology of childhood leukaemia and non-Hodgkin lymphomas in Great Britain, 1966-83* OPCS Studies in Medical and Population subjects No 53, HMSO, London, 1991.
- Gibson, W., *Neuromancer*, Ace Books, New York, 1984.
- Helsel, S.K., Roth, J.P., *Virtual Reality: theory, practice and promise*, Meckler, London, 1991.
- Henderson, J., «Designing realities: interactive media, virtual realities, and cyberspace», in S.K. Helsel and J.P. Roth (eds.), *Virtual Reality*, Meckler, London, 1991.
- Hewitson, B.C., Crane, R.G., *Neural Nets: Applications in Geography*, Kluwer, Boston, 1994.
- Hillis, W.D., «What is massively parallel computing and why is it important?», *Daedalus Journal of the American Academy of Arts and Sciences*, 1992, p. 1-16.
- Johnston, R.J., *The challenge for geography: a changing world: a changing discipline*, Blackwell, Oxford, 1993.
- Kosko, B., *Fuzzy Thinking*, Harper-Collins, London, 1993.
- Krueger, M., *Artificial Reality*, Addison-Wesley, Reading Mass, 1990.
- Laurel, B., *Computers as theatre*, Addison-Wesley, Reading Mass, 1991.
- Openshaw, S., Charlton, M. Wymer, C. and Craft, A., A mark I geographical analysis machine for the automated analysis of point data sets, *Int. J. of GIS* 1: 1987, 335-358.
- Openshaw, S., Building an automated modelling system to explore a universe of spatial interaction models. *Geographical Analysis* 20, 1988, 31-46.
- Openshaw, S., Cross, A., Charlton, «Building a prototype geographical correlates exploration machine», *Int. J. of GIS* 3, 1990, 297-312.
- Openshaw, S., «A view of the GIS crisis in geography, or using GIS to put Humpty-Dumpty back together again», *Environment and Planning A* 23, 1991, 621-628.
- Openshaw, S., Craft, A., Using the geographical analysis machine to search for evidence of clusters and clustering in childhood leukaemia and non-hodgkin lymphomas in Britain, in G. Draper (ed.), *The geographical epidemiology of childhood leukaemia and non-Hodgkin lymphomas in Great Britain, 1966-83*, HMSO, London, 1991, pp. 109-122.
- Openshaw, S., «The emerging IT State. Proceedings of AURISA '92 Conference, Brisbane, 1992a.



- Openshaw, S., «Some suggestions concerning the development of AI tools for spatial modelling and analysis in GIS», *Annals of Regional Science* 26, 1992b, 35-51.
- Openshaw, S., «Modelling spatial interaction using neural net». (in M.M. Fischer and P. Nijkamp (eds.) *Geographic Information Systems. Spatial Modelling and Policy Evaluation* Springer-Verlag, Berlin, 1993, p. 147-164.
- Openshaw, S., Neuroclassification of spatial data, in B. Hewitson and R. Crane (eds.), *Neural Nets: applications in Geography*, Kluwer Academic, Dordrecht, 1994a, pp. 53-70.
- Openshaw, S., Two exploratory space-time attribute pattern analysers relevant to GIS, in S. Fotheringham and P. Rogerson (eds.), *Spatial analysis and GIS*, Taylor and Francis, London, 1994b, pp. 83-104.
- Openshaw, S., A concepts rich approach to spatial analysis, theory generation and scientific discovery in GIS using massively parallel computing, in M. Worboys (ed.), *Innovations in GIS*, Taylor and Francis, London, 1994c, pp. 123-138.
- Openshaw, S., «Computational human geography: towards a research agenda. *Environment and Planning A* 26, 1994d, pp. 499-505.
- Openshaw, S., «Computational human geography: exploring the geocyberspace», *Leeds Review* 37, 1994e, 201-220.
- Openshaw, S., «GIS crime and spatial analysis, in D. Bond, J. Reid, M. Stevens, L. Worrall (eds.), *GIS, Spatial Analysis and Public Policy* 94, Ulster Business School, 1994f, 22-35.
- Openshaw, S., «Social costs and benefits of the census». *Proceedings of the XVth International Conference of Data Protection and Privacy Commissioners*, Manchester, September 27-30, 1993, 1994g, p. 89-97.
- Openshaw, S., «Artificial Intelligence and Geography». *AISB Quarterly* 90, 1995a, 18-21.
- Openshaw, S., «Human systems modelling as a new grand challenge area in science». *Environment and Planning A*, 1995b, 159-164.
- Openshaw, S., «Developing automated and smart spatial pattern exploration tools for GIS applications», *The Statistician*, 44, 1995c, 3-16.
- Openshaw, S., Perree, T., «User-Centred intelligent spatial analysis of point data», in D. Parker (ed.), *Innovations in GIS 3* Taylor and Francis, London, 1996, p. 119-134.
- Openshaw, S., «Fuzzy Logic as a new scientific paradigm for doing geography», *Environment and Planning A*, 28, 1996, 761-768.
- Openshaw, S., Openshaw, C.A., *An introduction to Artificial Intelligence in Geography*, Wiley, New York, 1997.
- Pickles, J., *Ground Truth: the social implications of geographic information systems*, Guildford Press, New York, 1995.
- Robbin, T., *Fourfield: Computers Art and the Fourth Dimension*, Bulfinch, Boston, 1992.
- Scientific American, *How to work, play and thrive in cyberspace*, Special Issue Septeneber, 1991.
- Skelton, R.A., *Decorative printed maps of the 15th to 18th centuries*, Spring Books, London, 1952.
- Skelton, R.A., *Explorer's Maps*, Spring Books, London, 1958.
- Sutherland, I.E., «The ultimate display», *Proceedings of IFIP Congress 2*, 1965.
- Taylor, P.J., «Editorial comment: GKS», *Political Geography Quarterly* 9, 1990, 211-212.
- Turton, I., Openshaw, S., «Modelling and optimising flows using parallel spatial interaction models». *Proceedings of Euro-Par 96*, Lyon, France, 1996.
- Walser, R., «Elements of a cyberspace playhouse», *Proceedings of the National Computer Graphics Association*, Anaheim California, March 19-22, 1990.
- Wilson, A., *Entropy in Urban and Regional Modelling*, Pion, London, 1970.
- Wilson, A., *Geography and the Environment: System Analytical Methods*, Wiley, Chichester, 1981.
- Wilson, A.G., Bennett, R.T., *Mathematical methods in human geography and planning*, Wiley, Chichester, 1985.