

# Geographic Information System (GIS): *machine à gouverner?*<sup>1</sup>

*Quello che io propongo, perciò, è molto semplice:  
niente di più che pensare a ciò che facciamo.*

H. ARENDT, *Vita attiva. La condizione umana*

Il collegamento tra un sistema per l'approntamento di cartografia automatica ed un data base relazionale (*Entity-Relationship Model*)<sup>2</sup> o *object-oriented*<sup>3</sup> è la condizione necessaria ed indispensabile per l'esistenza di un software GIS. La commercializzazione di questi sistemi — il cui afflato innovativo scaturì dal connubio tra particole dell'esistente — data ai primi anni Ottanta. Recentemente l'annunciato passaggio dai GIS alla *Geographic Information Science*, lascia presagire la scomparsa del dimesso archivio elettronico di dati geografici per far posto al sogno cibernetico della *machine à gouverner*<sup>4</sup>.

Definizioni, lemmi ed acrostici si susseguono, tentano ogni possibile nesso tra un corredo di tecniche informatiche e la nuova «scienza». Gli aspetti geografici delle azioni e decisioni umane appaiono nell'atto di raggiungere un approdo sicuro: «ora possiamo fare molte di queste cose quantitativamente piuttosto che con le capacità istintive, mediante l'impiego di un singolo insieme di strumenti conosciuto come Geographical Information Systems»<sup>5</sup>. I sistemi aggiungono *meaning value* ai dati riducendo l'ambiguità degli scenari<sup>6</sup>.

I GIS rappresentano la «coloritura» geografica della Teoria della Comunicazione e dell'Informazione<sup>7</sup>. A partire dalla seconda metà degli anni Sessanta l'approccio cibernetico trovò applicazione concreta nel tentativo di automazione dell'elaborazione dati collegato alle attività di *decision making*. Proprio in quel periodo si riconosceva che tra i *Management Information System* (MIS) finalizzati alla verifica delle procedure decisionali ed i sistemi informativi dedicati alla attività di pianifica-

zione (*planning systems*) esistevano importanti differenze, i secondi appartenevano solo in parte alla schiera dei MIS<sup>8</sup>. Per il futuro ci si augurava un avanzamento delle conoscenze relative alla natura del processo decisionale, il semplice incremento delle prestazioni dei sistemi non era sufficiente. Con gli anni '80 i MIS entrano nel campo d'interesse della teoria dell'organizzazione. La gestione delle informazioni è finalizzata al conseguimento della stabilità e del controllo delle strutture<sup>9</sup>. I MIS, utensili routinieri, conobbero una evoluzione significativa verso il *Decision Support System* (DSS), un sistema informativo le cui prestazioni analitiche potevano rendere più agevoli alcuni passaggi del processo decisionale<sup>10</sup>. Negli ultimi anni '60 fu coniato il termine *Geographic Information Systems* (GIS) che in seguito identificò soprattutto quei programmi applicativi capaci di «georeferenziare» le informazioni e perciò di fornire «risposte a problemi di natura spaziale non chiaramente definiti (*ill-structured*)»<sup>11</sup>. L'assemblaggio tra DSS e GIS ha generato un nuovo fenotipo, lo *Spatial Decision Support System* (SDSS).

## 1. Pilastri portanti

Tra i fondamenti del *software* GIS vanno annoverati i metodi di analisi spaziale. Quest'ultima dovrebbe adeguarsi alla *geographical information revolution*, adottando metodi alternativi a quelli attuali in larga parte lascio della geografia quantitativa degli anni '60<sup>12</sup>. I principi basilari della nuova analisi spaziale, dovrebbero essere formulati a partire

dall'identificazione della «natura della tecnologia necessaria a fornire la funzionalità analitico-spaziale di base pertinente ai GIS»<sup>13</sup>. Il progetto, la realizzazione e le prestazioni dei sistemi hardware/software paiono determinare la scelta. Si punta al superamento di una mentalità deduttiva ormai inadeguata perché orientata su problematiche dominate dall'approccio teorico piuttosto che su questioni, oggi prevalenti, governate dalla grande disponibilità di dati<sup>14</sup>.

Il primato degli strumenti tecnici non è unanimemente riconosciuto: essi risultano inadeguati rispetto al concetto di *Unified Landscape*. «Ora, per certi aspetti, siamo ritornati dove eravamo nel 1930. Abbiamo una teoria (*concept*) sofisticata, ma l'odierna tecnologia dell'informazione ancora non riesce a sostenerne la piena messa in applicazione (*full implementation*)»<sup>15</sup>. Alcuni sostengono l'eguale influenza sul percorso evolutivo dei GIS sia degli sviluppi tecnologici che della conseguita «sistematizzazione di livello elevato» del pensiero geografico<sup>16</sup>. Altri ritengono il modello gravitazionale incapace di garantire attitudini analitiche ai GIS<sup>17</sup>. Si stimano necessari nuovi metodi di analisi spaziale, alla ricerca di risposte che potrebbero non esistere, oppure essere momentaneamente raggiungibili grazie ad approcci diversi ed antitetici rispetto alla concezioni meccanicistiche e autoduplicanti. Il declino del modello gravitazionale potrebbe avere altre origini, diverse dalla attuale prevalenza dei dati sulla teoria: «La matematica impiegata nelle scienze sociali e in special modo in geografia, contiene in sé stessa la vera negazione di qualsiasi processo dialettico... Gli spazi sono sempre assunti come 'metrici', pieni e continui. Essi non includono discontinuità o brecce»<sup>18</sup>. Inoltre cosa resta dell'inferenza geografica quando «i disegnatori non possono dire alcunché di attendibile sulle conseguenze dei loro disegni?»<sup>19</sup>. La circolarità del percorso si compie con la constatazione dell'esistenza — geneticamente fondante per un GIS — di una *family resemblance* tra la conoscenza, le mappe ed i segni, cementata da un anacismo mimetico irrealizzabile: «copie perfette, due in uno»<sup>20</sup>. In tal modo si può cogliere, nei GIS, la presenza della «carta» e di elementi afferenti al mutevole e complesso spazio «moderno», interpretato da Anthony Giddens come «nascita dello 'spazio vuoto' [...] soprattutto connessa a due serie di fattori: quelli che ammettono la rappresentazione dello spazio senza riferimento a un luogo privilegiato e avvantaggiato, e quelli che permettono l'intercambiabilità di diverse unità spaziali»<sup>21</sup>.

## 2. Legittimazione

Il destino dei GIS negli anni '90 è legato allo sviluppo delle loro potenzialità di modellazione e previsione. Negli scenari del mercato globale si aggira il geografo: «Un geografo dell'incombente nuovo ordine potrà essere in grado di analizzare il sistema fluviale di Marte il lunedì, studiare la diffusione del cancro a Bristol il martedì, cartografare il sottoproletariato londinese il mercoledì, analizzare il flusso delle acque sotterranee nel bacino delle Amazzoni il giovedì, e finire la settimana modellando gli acquisti al dettaglio a Los Angeles il venerdì. E con ciò? Infatti, questo è solo l'inizio»<sup>22</sup>. Non si tratta di un inizio bensì di una evoluzione da altri tratteggiata nella sostanza: «Oggi più che mai siamo tentati di svalutare la ponderatezza del pensiero rispetto al ritmo del calcolare e del pianificare, che giustificano immediatamente agli occhi di chiunque le loro invenzioni tecniche attraverso i successi economici»<sup>23</sup>. Pare di cogliere il manifestarsi di una estraniamento, di un essere «appendice» di sistemi di simulazione o, secondo le promesse del *cyberspace*, emulanti la realtà. Si percepisce un triste senso di inadeguatezza delle facoltà umane, costrette da un andirivieni forsennato e debilitante, senza filo conduttore apparente, pericolosamente esposto alle insidie di un darwinismo sociale elettronico. Il bagaglio di conoscenze del geografo si trasforma in un corredo di competenze tecnico-procedurali, nei cui meandri è difficile per chiunque vigilare sui limiti del modello. Una volta consumatasi la separazione tra *know-how* ed *episteme* «diventeremmo esseri senza speranza, schiavi non tanto delle nostre macchine quanto della nostra competenza»<sup>24</sup>. Attorno al «nuovo» geografo potrebbe consolidarsi una sorta di cordone sanitario spazio-temporale, esso lo riparerà dalle conseguenze pratiche del suo agire: i modelli, come i numeri, non sono garanzia di verità soprattutto quando contribuiscono alla mimetizzazione del potere decisionale e di conseguenza risvegliano «una sempre maggiore tendenza all'abus»<sup>25</sup>.

## 3. Nuovi paradigmi?

Al nuovo paradigma, concretatosi nella *Geographic Information Science*, si opporrebbe una *counterrevolutionary strategy* articolata su un assortimento di argomentazioni teoretiche formulate «in linguaggi pseudofilosofici atti a procurare una patina di rispettabilità accademica, con l'aggiunta di poche citazioni erronee da personaggi famosi del passato



che vivevano in un mondo totalmente differente»<sup>36</sup>. Chi pone in discussione o semplicemente nutre dubbi sulla reale portata rivoluzionaria dei GIS vaneggia, come dimostrerebbe con tutta evidenza la storia recente della ricerca geografica: «forse come [è avvenuto] in precedenza con la rivoluzione quantitativa, può darsi che essi pretendano la conversione dei principali profeti dei GIS ad argomenti più umanistici ed in apparenza concettualmente più soddisfacenti. Poveri folli, non hanno capito che il GIS è qui per rimanere!»<sup>27</sup>. Cionondimeno l'agnizione non è ancora andata in scena, giacché è difficile stabilire se un GIS è un «sistema» o una «tecnologia»<sup>28</sup>, nemmeno il GIS come *medium* convince, e alcuni ritengono che nell'affrontare questioni scientifiche non ci si può affidare ai programmi attuali<sup>29</sup>. L'adesione fideistica, avulsa dalla logica della conferma, perderebbe gran parte della sua minacciosa perentorietà se assumesse in sé l'husserliana «risalita» verso il «senso originario» dei metodi, delle tecniche e delle stesse impalcature algoritmiche che reggono i software. Viceversa si percepisce la presenza di una «ragione pigra» agglutinata con poche traballanti certezze, una delle quali — l'espunzione dei problemi filosofici — finisce per trasformarsi nel suo esatto contrario: una filosofia. Questo «abito ideale fa sì che noi prendiamo per il vero essere quello che invece è soltanto un metodo, un metodo che deve servire a migliorare mediante *previsioni scientifiche* in un 'progressus in infinitum' le *previsioni grezze*, le uniche possibili nell'ambito di ciò che è realmente esperito ed esperibile nel mondo-della-vita»<sup>30</sup>. Percorrendo il cammino opposto, spinti dall'angosciosa ricerca di certezze assolute, si può giungere al ripiegamento su di una illusoria antisepsi tecnologica della complessità, capace di mettere «ogni cosa al suo posto»<sup>31</sup>. Tuttavia il prepotente affacciarsi di una prassi strumentale assoggettata al mito del controllo — della società, della natura, dell'uomo — non può essere ascritto unicamente alle volontà dei singoli. In tal senso cause scatenanti si possono intravedere nell'ambito di una ontologia nelle cui tesi la storia del sapere geografico dimostrerebbe come «la principale preoccupazione dei geografi è stata quella di collocare le cose al loro posto, sia sulla superficie della terra che sulle mappe dei fenomeni terrestri che essi hanno disegnato»<sup>32</sup>. Se questa è la principale preoccupazione allora si può ragionevolmente ipotizzare un futuro di grande impegno giacché «è scritto nelle cose stesse che non possa mai esserci una soluzione definitiva»<sup>33</sup>. A maggior ragione quindi i geografi rischierebbero di cadere vittime di una sorta di complesso di

incompetenza, conseguente allo «sviluppo delle specializzazioni»<sup>34</sup>, se lasciassero ad altri la riflessione sulla natura dei GIS. Il tentativo di definire la *Geographer's knowledge base*<sup>35</sup> potrebbe attenuare gli effetti negativi «dell'arte di inventare sempre nuovi procedimenti simbolici, la cui razionalità è appunto di ordine meramente simbolico, e presuppone il lavoro conoscitivo del simbolo, senza alcun tentativo di comprensione evidente»<sup>36</sup>.

La fatica di resistere alla «compressione spaziotemporale» che esercita il mondo dell'informatica nella ricerca continua di nuovi segmenti di mercato è tutta qui: domandare immergendosi nella «radicale incertezza»<sup>37</sup>. Non si tratta di sabotaggio o misonismo, al contrario è un tentativo, forse disperato, di tutela delle capacità cognitive dell'uomo, giacché il nuovo bisogno di software normativo si trasformerebbe ben presto in una necessità naturale, attivando il ciclo, ben noto agli specialisti di marketing, della dipendenza. Esso si alimenta tramite la «progressiva distruzione delle capacità sociali, cioè la capacità e la volontà di uomini e donne di stabilire rapporti sociali, mantenerli e ricostruirli in caso di conflitti»<sup>38</sup>. La riflessione assume anche un valore terapeutico, è un antidoto contro l'angoscioso smarrimento intrinseco alla frustrazione, «poiché i beni promettono più di quanto non siano in grado di dare, e i consumatori sono destinati a scoprire prima o poi la mancanza di corrispondenza tra il valore d'uso apparente e quello effettivo di ogni singolo prodotto»<sup>39</sup>. La disillusione fa già parte della vicenda geoinformatica, infatti sin dalla loro comparsa sul mercato i GIS incontrarono difficoltà nella gestione dei problemi poco strutturati e definiti dell'amministrazione pubblica<sup>40</sup>. Di conseguenza il *Knowledge Engineering* si limitò ad applicazioni circoscritte nel tempo e nello spazio. Il progetto, non lo strumento in sé, si mostra, oggi come allora, ciberneticamente limitato: «Gli scienziati sociali sono preoccupati dalla validità/legittimità, i *knowledge engineers* lo sono a proposito della realizzazione e della prestazione [...] l'intuizione e l'apprendimento sono due fondamentali capacità umane che continuano a complicare la vita dei progettisti di sistemi esperti»<sup>41</sup>.

La scelta di affidare agli SDSS ed ai GIS una parte nel processo decisionale da un lato identifica la rappresentazione con la comprensione<sup>42</sup>, dall'altro si disinteressa ad entrambe e persegue l'efficienza delle procedure<sup>43</sup>.

Così, nonostante le accresciute capacità tecniche, restano aperti problemi di notevole portata: la difficile gestione di applicazioni a scale diverse, la verifica della qualità dei dati e dei costi<sup>44</sup>, la

frammistione tra diverse tipologie di informazioni. Permane inoltre devastante la lotta per sottrarsi al giudizio delle macchine, per non farsi sostituire da esse dimostrando la propria superiorità ed inamovibilità. Operazioni nelle quali la prova decisiva per il verdetto finale finisce per essere la supposta inadeguatezza dell'«altro» uomo, fatto salvo il proprio valore collimante con quello delle macchine, ritenuto oggettivo ed intangibile<sup>45</sup>. Si fa strada così una nuova illusione: qualcuno, forse i più creativi o coloro i quali penseranno al governo di questi processi, è insostituibile. Come può conciliarsi tale speranza con la natura adiabatica ed autoreferenziale del determinismo tecnologico?

Tuttavia le contraddizioni, del tutto umane ed insite nel progetto, sorgono in continuazione. Per una maligna congiunzione proprio le aspettative degli acquirenti di GIS pare impediscano alla ricerca e sviluppo, negli Stati Uniti, l'accesso alla dignità ed ai finanziamenti pubblici della *Big Science*<sup>46</sup>.

#### 4. Un mondo unito dall'informazione?

Gli articoli di fede talvolta richiesti nell'ambito della geoinformatica contrastano con una delle caratteristiche peculiari della modernità: la riflessività (*reflexivity*). «Si dice che la modernità è contrassegnata dalla fame di novità, ma forse questo non è del tutto esatto. Ciò che caratterizza la modernità non è il fatto di abbracciare la novità per se stessa ma l'assunto di una riflessività globale, che ovviamente include la riflessione sulla natura della riflessione stessa»<sup>47</sup>.

Il ricorso a tecnologie costruite su di una «forma di imperialismo culturale di grande successo imposta mediante gli *Anglo-American concepts* integrati nei programmi in commercio»<sup>48</sup> non elimina la necessità della riflessione, anzi la rende improcrastinabile. La tecnologia dell'informazione geografica si sviluppa secondo un preciso concetto di valore basato sulla crescita geometrica delle relazioni intercorrenti tra una molteplicità di ragguagli informativi e le coordinate della cartografia automatica. Tuttavia la grande quantità di informazioni, la loro intrinseca vaghezza (*fuzziness*), la consapevolezza della soggettività propria di metodi e modelli d'analisi, unite all'imperativo dei costi rendono «la pratica dei GIS molto più problematica dei principi»<sup>49</sup>. Queste difficoltà dovrebbero suggerire una verifica critica delle applicazioni concrete, quindi una costante confutazione proprio della filosofia ispiratrice dei GIS. Un approccio simile difficilmente può convivere con

quel «mondo immensamente ricco di dati ma povero di teoria»<sup>50</sup>, dove il dato è teoria, che sancirebbe la fine delle turbolenze nell'ambito delle discipline geografiche. Del resto una pretesa del genere appare frutto di un atteggiamento sostanzialmente irrazionale, volgarmente ingegneristico. In un mondo povero di teoria ma ricco di uomini le cui facoltà percettive, mnemoniche, di ragionamento ed il cui linguaggio non sono riducibili ad un semplice flusso quantitativo di informazioni, l'ingombrante problema del significato dei dati assume dimensioni gigantesche, lontane dalla portata delle attuali tecniche di controllo statistico<sup>51</sup>. D'altra parte il passaggio dalla definizione probabilistica a quella algoritmica dell'informazione — tappa fondamentale per lo sviluppo dei sistemi informatici<sup>52</sup> — e la messa a punto di modelli cibernetico-cognitivisti della mente umana ha consentito la realizzazione di sistemi dotati di una capacità informativa di tipo quantitativo enormemente superiore a quella dell'uomo. Tali macchine, tuttavia, sono totalmente sprovviste di quelle doti — tipicamente umane — necessarie per operare con efficacia in situazioni complesse caratterizzate dall'assenza o incompletezza di informazioni. Si assiste inoltre, in concomitanza con la crescita esponenziale dei flussi di dati, ad una sorta di inversione della relazione di Shannon che lega la diminuzione dell'entropia ad un aumento dell'informazione<sup>53</sup>. Questa classica definizione consente una stima della quantità di informazione trasmessa come rapporto tra l'entropia — o grado di incertezza — di un evento prima e dopo la trasmissione. L'approccio è essenzialmente sintattico e non affronta il problema del significato — la semantica — del flusso informativo. Se i dati affluiscono alla *machine à gouverner* con un ritmo di crescita esponenziale si porrà con le stesse dimensioni la questione della scelta, quindi del significato, soprattutto se il sistema «esperto» si troverà a dover interagire con informazioni di tipo cognitivo, con i concetti e con tutte le loro ambiguità<sup>54</sup>. Nelle scienze naturali sono state formulate teorie sull'entropia ben più articolate ed attente alla realtà effettuale dei fenomeni, quindi aliene dal riconoscere una sola natura ed una sola forma dell'ordine<sup>55</sup>. Ciononostante la trasposizione dal loro ambito concettuale e sperimentale scientifico a quello delle discipline umane e sociali ha comportato semplificazioni ed incerte traduzioni dovute alla profonda dissimiglianza tra i linguaggi e gli ambiti<sup>56</sup>. L'atteggiamento autenticamente scientifico non può ignorare i rischi connessi con la fascinazione che ogni nuovo modello genera: «È, certamente, allettante applicare queste considerazioni



e specificamente la teoria della stabilità strutturale a problemi di evoluzione socio-culturale. La principale difficoltà è quella di determinare le variabili rilevanti [...] è necessario introdurre variabili ambigue come 'la qualità della vita' che sono molto più difficili da trattare in modo quantitativo»<sup>57</sup>. La pratica acritica della mimesi modellistica, per certi versi resa ancor più nociva dalla fiducia irreflessiva negli automatismi dei software, aumenterà, paradossalmente, la fobia tipica del mondo moderno per l'imprevedibilità dell'agire<sup>58</sup>. Allora neppure il geografo «interprete», addetto al buon funzionamento delle comunicazioni tra le postmoderne e caotiche fabbriche di significati e le molteplici tradizioni, non acquieterebbe l'angoscia, non riuscirebbe a rimuovere le perplessità di sempre. Esse, nonostante le macchine e gli uomini, permangono.

## 5. «Overlay»

La visualizzazione di un modello matematico del terreno, operazione indispensabile per un GIS, può generare una forma di smarrimento descritta come «ciò che avviene quando si entra in una foresta e si vedono molti alberi ma non si può osservare l'intera foresta»<sup>59</sup>. La semplificazione, gestita mediante algoritmi, comporta il rischio di far scomparire importanti dati topografici rendendo inattendibile lo stesso modello digitale del terreno. Le difficoltà dei sistemi esistenti risiedono nella incapacità di operare perfettamente quando i dati non sono uniformemente distribuiti. Nuovi algoritmi capaci di conciliare semplificazione e completezza sono accettabili solo se sostengono un gran numero di esami comparativi con gli infiniti terreni ed i numerosi metodi analitici esistenti<sup>60</sup>. La gestione algoritmica delle deformazioni associate al *map overlay* non è un semplice problema tecnico, infatti le carte in generale «tendono a creare l'impressione che le entità geografiche più grandi sono intrinsecamente più significative, quantunque aree più piccole possano avere casi o eventi più rilevanti»<sup>61</sup>.

La gestione delle complesse relazioni tra testo e *Geographical Features* nei GIS è il risultato dell'integrazione di componenti umane ed artificiali, l'obiettivo di questa eterogenea coalizione è la costruzione di un modello del mondo rivelato attraverso *features*. Il passaggio dall'immagine staticamente mimetica, all'immagine dotata di «vita animata» è già apparso e scomparso più volte nel corso delle dispute iconoclastiche<sup>62</sup>. Con i GIS pare essere giunta l'ora per una definitiva trasfor-

mazione della carta geografica da entità statica in immagine dotata di vita propria che legittima il suo culto mediante un contatto senza soluzione di continuità spazio-temporale con i dati del territorio.

Ciononostante ogni carta è e rimane il prodotto di sovrapposizioni, senza *overlay* essa non può esistere. I GIS consentono di anteporre altri *layers* ed ogni operazione in tale direzione «occulta» le disomogeneità e le esclusioni mostrando il «mai visto»: la nuova carta. Allo stesso modo pare procedere anche la percezione dei paesaggi umani che, come *layers* di carte, prima mostrano l'affluenza al consumo «poi sotto quella carta, la gente più povera, foglio dopo foglio, *layer* dopo *layer*, fino a rintracciare l'implacabile odio contro le vittime dei genocidi. L'ultimo paesaggio, la carta di base, furono gli Indiani sopravvissuti (*the remnant Indians*). Nessuno conosceva il loro nome»<sup>63</sup>. Coloro che non accetteranno il culto dell'immagine cartografica forse giungeranno a rimpiangere la vecchia mappa cartacea, così rigida ma altrettanto ingenua con quella sua ridotta potenza stratigrafica, sfogliabile senza l'intermediazione di un linguaggio estraneo ed autoreferenziale.

Teoricamente la diffusione dei GIS potrebbe smantellare il monopolio degli enti statali sulla rappresentazione del territorio. Ognuno avrà la sua carta nella babele delle immagini. Allora l'*overlay* tra mappe diverse diverrà impresa temeraria: la carta precederà il territorio, non ci saranno cartografi dell'Impero perché non ci sarà un Impero<sup>64</sup>. Toccherà ai GIS sostituire la carta del vecchio ordine con la clonazione dei modelli utilizzati nella *spatial analysis*? Tutto questo «modellare» passerà al servizio di un «pensiero politico rozzo in grado di produrre risultati catastrofici»?<sup>65</sup>. Overo i GIS diverranno utensili atti a migliorare la trasparenza del processo decisionale? Il *backtracking*, come possibilità di ripercorrere passo dopo passo le procedure che portano alla scelta<sup>66</sup>, o è integrale — verifica delle procedure più verifica semantico-operazionale sui dati e sugli algoritmi che li gestiscono — o si trasforma nel suo opposto.

## 6. Il linguaggio: origine e meta

Il linguaggio della geoinformatica è lo stesso che ha permesso una significativa evoluzione della «nostra immagine della macchina da quella di un conduttore e trasmettitore di potenza a quella di un trasformatore di informazione»<sup>67</sup>. L'interscambio di dati pone la questione degli *standard* accurati ed universalmente riconosciuti<sup>68</sup>, mentre la

parte qualitativa dei trasferimenti soggiace all'interpretazione umana ed alle sue incoerenze. Su questo sentiero tormentato il rigore della costruzione logico-matematica booleana è d'intralcio<sup>69</sup>, eppure essa guida le macchine che producono *features*.

La «matematica dell'intelletto umano»<sup>70</sup> esemplifica «quella specie di eccellenza che consiste nell'assenza di eccezioni»<sup>71</sup>. Mentre la ricerca leibniziana «di un alfabeto del pensiero»<sup>72</sup> si arricchirà di nuove problematiche sino a giungere ad una filosofia fondata «sull'affermazione d'un solo e stesso mondo e di una differenza o varietà infinite in questo mondo»<sup>73</sup>, per George Boole il riconoscimento della eccezione rendeva problematica la costruzione dell'utensile logico capace di formulare premesse e conclusioni corrette. L'espressione, sotto forma di equazioni, delle quattro proposizioni categoriche della sillogistica aristotelica<sup>74</sup> indusse Boole ad un primo confronto con le trappole del linguaggio. La necessità di formalizzare la proposizione «Alcuni X sono Y» portò all'adozione di «una classe separata V, alla quale corrisponda un simbolo elettivo separato  $v$ »<sup>75</sup>. L'esperimento, come sottolineò Charles Sanders Pierce, fallì<sup>76</sup>. Nessuna logica modale può eliminare o gestire «gli aspetti 'eventuali' del mondo [...] quelli che non si possono riconoscere o generare con una sequenza di passi logici: essi testimoniano della necessità di inventiva e di novità, perché non possono essere circoscritti da alcun insieme finito di regole o di leggi»<sup>77</sup>. La metafora del logatomo trova accoglienza nell'esperienza di tutti i giorni. Riflettere sul «perché niente funziona» nei nostri modelli è davvero un atteggiamento misoneistico?

## 7. «Fuzziness»

Nel formulare la funzione di credenza per decidere i requisiti di razionalità da impiegare nell'ambito della teoria normativa della decisione<sup>78</sup>, Rudolf Carnap definiva la conoscenza osservativa globale  $K_n$  di un soggetto X in un determinato istante  $T_n$  come l'intersezione della  $i$ -esima serie di dati ottenuti da X sino all'istante  $T_n$ <sup>79</sup>. Si suppone che X sia «perfettamente razionale» e dotato di «memoria infallibile», infatti lo scopo del lavoro di formalizzazione logica «non è la psicologia del comportamento umano reale nel campo del ragionamento induttivo, ma piuttosto la logica induttiva come sistema di regole, noi non miriamo al realismo»<sup>80</sup>. Cosa sostituisce la presenza reale dell'uomo? Scrive Carnap: «Le nostre assunzioni si allontanano molto dalla realtà se l'osservatore X è

un normale essere umano, ma non tanto se pensiamo che X sia un automa dotato di organi di percezione, memoria, elaborazione dei dati, capacità di decisione e di azione». All'uomo «antiquato»<sup>81</sup> rispetto all'ipotetico automa, non resta che prendere atto della propria inadeguatezza e sperare nell'insegnamento che scaturirà dal progetto della macchina perfetta. «Pensare al progetto di un automa potrebbe aiutarci a trovare regole di razionalità. Una volta trovate, queste regole si possono applicare non solo alla costruzione di un automa, ma anche per guidare gli esseri umani nel loro sforzo di prendere delle decisioni razionali nella misura permessa dalle loro limitate capacità»<sup>82</sup>. Sulla strada ancora incerta che conduce all'automa si incontrano diramazioni ed ostacoli che rimandano alle sfumature del linguaggio quindi all'indagine sul significato, in assenza della quale non si può realizzare una descrizione sufficientemente esaustiva delle forme di comunicazione: «Il rifiuto di appellarsi al significato nella descrizione grammaticale non richiede né dovrebbe giustificare un corrispondente rifiuto di studiare il significato»<sup>83</sup>.

La teoria degli insiemi sfumati (*Fuzzy Set Theory*), formulata alla metà degli anni Sessanta, muove dalla necessità di indagare sulla differenza che passa tra *randomness* (casualità) e *fuzziness*, quest'ultima intesa come caratteristica degli insiemi sfumati (*fuzzy sets*) «classi nelle quali non c'è un passaggio netto fra appartenenza e non appartenenza»<sup>84</sup>. Le difficoltà incontrate dalle teorie dell'informazione, della decisione e del controllo nell'affrontare processi normativi relativi a sistemi complessi quali quelli sociali — in gran parte conoscibili solo attraverso il linguaggio non formalizzato —, hanno suggerito l'applicazione della *Fuzzy Set Theory*, nata dalle esperienze sulla trasmissione degli impulsi elettrici nei circuiti, alla conoscenza formulata in termini linguistici. Si intende affiancare ai tradizionali *statements* matematici una rappresentazione che consenta l'impiego di operatori precisi ed algoritmi. «In altre parole dovremmo essere in grado di ottenere rappresentazioni (*representations*) soddisfacenti per problemi di gestione complessi e soggettivamente percepiti»<sup>85</sup>. Espressioni linguistiche quali «ampio», «piccolo», «sostanziale», «significativo», «importante», «serio», «semplice», «accurato», «approssimato» etc., individuano insiemi di «oggetti» molto comuni nel mondo reale<sup>86</sup>, che non trovano una collocazione all'interno delle classi dai limiti ben definiti (*crisp sets*). La *Fuzzy Theory* tenta di offrire una formalizzazione intellettualmente e scientificamente accettabile della vaghezza, definendo lo stato intermedio nel passaggio binario tra 0 ed 1. Tuttavia la



stessa resa semantica del termine *fuzziness* presenta difficoltà ed incertezze. Il termine *Fuzziness* non identifica la generalizzazione, l'incertezza, l'imprecisione né l'ambiguità «la quale si riferisce all'impiego di descrizioni diverse — in competizione tra di loro — di insiemi di attività o di osservazioni». «*Fuzziness*» è vaghezza/indeterminazione (*vagueness*), cioè un elemento centrale nei pensieri e nelle percezioni così come nel linguaggio umano<sup>87</sup>. Adesioni entusiastiche e sovente avventate alla teoria hanno consigliato alcune precisazioni: essa rappresenta un *better tool* e non un invito ad adottare su vasta scala un pensiero *fuzzy*<sup>88</sup>. Secondo alcuni critici difficilmente si raggiungeranno gli obiettivi della *Fuzzy Theory*, ed in ogni caso essi sono scarsamente significativi ai fini dell'evoluzione positiva dei processi decisionali. Nella condizione limite di un linguaggio completamente formalizzato ci si troverebbe al cospetto di «una sintassi di natura matematica, operante su alcune entità standard [...] Ma un tale caso limite è in pratica inaccessibile e quindi il linguaggio teorico utilizzato comporterà sempre una parte di semantica non ridotta ad operazioni combinatorie, cioè sintattiche»<sup>89</sup>.

La *Fuzzy Theory* muove dalla necessità di annullare la distanza esistente tra formalizzazione matematica, nuove logiche applicate alla tecnologia e linguaggio umano. Tuttavia nell'imboccare questa strada essa incontra difficoltà nel combinare elementi vaghi con le possibilità operative proposte per gli insiemi sfumati<sup>90</sup>. Inoltre: «come, e secondo quali principi» tracciare le linee di demarcazione e quindi le superfici attraverso cui avvengono, si manifestano, i processi sotto forma di relazioni tra gli insiemi?<sup>91</sup>. Tale quesito difficilmente può essere soddisfatto col proporre una serie di semplificate relazioni simmetriche<sup>92</sup> tali da generare una teoria delle decisioni accettabile solo in uno spazio uniforme, dal quale sono stati rimossi<sup>93</sup> i diversi livelli di importanza degli obiettivi e dei vincoli. Questi ultimi mantengono la loro natura *fuzzy* pur essendo correlati con sistemi che possono non manifestare tale caratteristica. Le contraddizioni, tuttora irrisolte, conducono al nocciolo del problema: la teoria gestionale della «vaghezza» è costretta a definire l'appartenenza o meno di un oggetto ad un insieme tramite due valori fissi 0 e 1. Tale procedura implica il riconoscimento di un limite netto, un'*absolute measurement*, ciò equivale a ritenere che «per una curva l'unica modalità di congiunzione tra due punti fissi è lineare»<sup>94</sup>. Queste difficoltà si manifestano nelle applicazioni ai GIS, la *fuzzy logic* può consentire la misurazione del grado di *fuzziness* dei dati geografici ma non per-

mette di aggiungere granché alla comprensione degli aspetti «eventuali» della decisione<sup>95</sup>.

Queste vicende rimandano al ruolo che ha assunto la matematica nella geografia e nella pianificazione territoriale: «molto più e molto meglio della carta, la matematica è in grado di introdurre, nella geografia umana, quell'ordine prima dell'ordine, quell'ordine della regola che solo permette, alla geografia moderna, di arrivare alla definizione dell'ordine della 'legge', alla spiegazione cioè dell'ordine spaziale»<sup>96</sup>.

Non si tratta di demonizzare l'approccio matematico all'analisi geografica, al contrario: si tenta di rintracciare i disconoscimenti che generano la «matematizzazione ornamentale»<sup>97</sup>. Forse essi trovano origine in quella patologia del calcolo descritta da Wittgenstein: «Il Calcolo soffre di una malattia segreta, vuol dire: ciò che abbiamo davanti a noi, così com'è, non è un Calcolo, e noi non riusciamo a raccapezzarci. — Cioè: non riusciamo a indicare nessun Calcolo che corrisponda 'nell'essenziale', a questa parvenza di Calcolo, e tuttavia escluda solo ciò che in esso vi è di corrotto»<sup>98</sup>. Tra le acuzie di questa patologia si dipana il percorso della modellazione alla ricerca disperata di un orizzonte *meta*; se il punto di partenza è il linguaggio in tutte le sue espressioni perché non considerarlo «*integral to the geographer's understanding of place*»<sup>99</sup>. In ogni caso nessun GIS, potrà esimersi «*dall'immaginare anche l'inimmaginabile*»<sup>100</sup>.

## Note

<sup>1</sup> Ricerca svolta con contributi 60% MURST, responsabile Stefano Torresani.

<sup>2</sup> I concetti fondamentali dell'*Entity-Relationship Model* furono messi a punto da P. Chen nel 1976 in un saggio dal titolo «The Entity-Relationship Model - Towards a Unified View of Data» apparso nel primo volume dell'*Association of Computing Machinery, Transactions on Database Systems*. Il modello si articola attorno a cinque cardini: gli insiemi di entità, cioè gli oggetti (*objects*) rilevanti, i loro attributi caratterizzati da un *domain* o insieme di valori possibili, le relazioni (*relationship sets*) tra gli insiemi di entità. Tali relazioni costituiscono dei sotto insiemi denominati *mappings*.

<sup>3</sup> Per una presentazione del nuovo paradigma *object-oriented* applicato ai sistemi di gestione delle informazioni si veda: J.R. Burns, J. Darrell Morgeson, «An object-oriented world-view for intelligent, discrete, next-event simulation», *Management Science* 34 (1988), 12, pp. 1425-40.

<sup>4</sup> A. Håkansson, «Methods and tools for developing geo informatic systems», in J.J. Harts, H.F.L. Ottens, H.J. Scholten, a cura di, *EGIS '93. Conference Proceedings. Fifth European Conference and Exhibition on Geographical Information Systems*, Genova 29 marzo - 1 aprile 1993 (Utrecht-Amsterdam, EGIS Foundation, 1993), I, pp. 166-74.

<sup>5</sup> D. Rhind, «Geographical Information Systems and environ-

mental problems», *International Social Science Journal* (1991), 130, pp. 649-68, p. 655.

<sup>6</sup> I. Bracken, C. Webster, *Information Technology in Geography and Planning. Including Principles of GIS* (London-New York, Routledge, 1990), p. 26.

<sup>7</sup> È il caso di ricordare come le ricerche di Norbert Wiener e Claude Shannon, che associate ai lavori di von Neumann e Morgenstern sulla teoria dei giochi costituiscono ancora oggi la base concettuale della cibernetica, trassero la loro origine dall'applicazione dell'analisi matematica a problemi militari quali il controllo delle centrali automatiche di tiro antiaereo o la decodificazione dei messaggi cifrati nel corso della Seconda Guerra Mondiale. Si veda al riguardo: N. Wiener, *Introduzione alla cibernetica. L'uso umano degli esseri umani* (Torino, Boringhieri, 1982).

<sup>8</sup> H. Stern, «Management information system - What it is and why», *Management Science* 17 (1970), 2, pp. 119-23.

<sup>9</sup> M.J. Culnan, «The intellectual development of Management Information Systems, 1972-1982: a co-citation analysis», *Management Science* 32 (1986) 2, pp. 156-73.

<sup>10</sup> I. Bracken, C. Webster, *Information Technology*, pp. 25-26.

<sup>11</sup> Ivi, p. 31.

<sup>12</sup> S. Openshaw, «Developing appropriate spatial analysis methods for GIS», in D.J. Maguire, M.F. Goodchild e D.W. Rhind, a cura di, *Geographical Information Systems, Principles and Applications* (Harlow, Longman, 1991), Vol. 1, p. 389-402.

<sup>13</sup> Ivi, p. 393.

<sup>14</sup> Ivi, p. 389; S. Openshaw, H. Scholten, «Spatial Analysis and Geographical Information Systems: An Introduction to an Exciting Subject», *Second European Conference on Geographical Information Systems*, Brussels 2 aprile - 5 aprile 1991, Workshop Spatial Analysis (Utrecht-Amsterdam, EGIS Foundation, 1991), p. 1.

<sup>15</sup> J.E. Dobson, «Commentary: A Conceptual Framework for Integrating Remote Sensing, GIS, and Geography», *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 59 (1993), 10, pp. 1491-96, p. 1494. Ancora più esplicito al riguardo è Domenico Patassini quando afferma che le nuove tecnologie, geneticamente incapaci di «misurarsi con il senso comune delle pratiche pianificatorie», offrono risposte «parziali e a razionalità limitata», D. Patassini, «Il narcisismo degli 'optionals': spunti sugli 'ingorghi' tecnologici nei sistemi di supporto alla pianificazione», *Archivio di Studi Urbani e Regionali* 22 (1992), 42, pp. 139-81, p. 139.

<sup>16</sup> I. Bracken, C. Webster, *Information Technology*, p. 31.

<sup>17</sup> S. Openshaw, «Developing appropriate», cit., p. 393.

<sup>18</sup> B. Marchand, «Dialectics and Geography», in S. Gale, G. Ols-son, a cura di, *Philosophy and Geography* (London, Reidel, 1979), pp. 137-67, pp. 260-61.

<sup>19</sup> G. Olsson, «Heretic cartography», *Ecumene* 1 (1994), 3, p. 217.

<sup>20</sup> Ibid.

<sup>21</sup> A. Giddens, *Le conseguenze della modernità. Fiducia e rischio, sicurezza e pericolo* (Bologna, il Mulino, 1994), p. 30.

<sup>22</sup> S. Openshaw, «A view on the GIS crisis in geography, or, using GIS to put Humpty-Dumpty back together again», *Environment and Planning A* 23 (1991), p. 622.

<sup>23</sup> M. Heidegger, «La questione dell'essere», in E. Jünger e M. Heidegger, *Oltre la linea* (Milano, Adelphi, 1989), p. 139.

<sup>24</sup> H. Arendt, *Vita activa. La condizione umana* (Milano, Bompiani, 1994), p. 3.

<sup>25</sup> H.G. Gadamer, *La ragione nell'età della scienza* (Genova, il Melangolo, 1982), p. 31.

<sup>26</sup> S. Openshaw, «A view on the GIS crisis», cit., p. cit.

<sup>27</sup> Ibid.

<sup>28</sup> J. Aybet, «The object-oriented approach: What does it mean to GIS users?», *GIS Europe* 3 (1994), 3, pp. 38-41, p. 38; J. L. McAbee III, «GIS-based end-user point solutions and digital data networks: the evolution of business tools», in J. J. Harts, H.

F. L. Ottens, H. J. Scholten, a cura di, *EGIS/MARI '94, Conference Proceedings. Fifth European Conference and Exhibition on Geographical Information Systems*, Parigi 29 marzo - 1 aprile 1994 (Utrecht-Amsterdam, EGIS Foundation, 1994), II, pp. 1790-96.

<sup>29</sup> B.W. Fogarty, «Grand Challenges for GIS and What's really Relevant to Social Science», *Social Science Computer Review* 12 (1994), 2, pp. 193-201, p. 194.

<sup>30</sup> E. Husserl, *La crisi delle scienze europee e la fenomenologia trascendentale* (Milano, Il Saggiatore, 1968), p. 80.

<sup>31</sup> R.F. Abler, «Everything in Its Place: GPS, GIS, and Geography in the 1990s», *Professional Geographer* 2 (1993), pp. 131-39.

<sup>32</sup> Ivi, p. 133.

<sup>33</sup> C. Taylor, *Il disagio della modernità* (Bari, Laterza, 1994) p. 129.

<sup>34</sup> P. Delattre, *Teoria dei sistemi ed epistemologia. Metodi e concetti utilizzati nelle diverse discipline scientifiche* (Torino, Einaudi, 1984), p. 14.

<sup>35</sup> T.K. Linsey, «A Geographer's knowledge base», in J. J. Harts, H.F.L. Ottens, H.J. Scholten, a cura di, *EGIS/MARI '94, Conference Proceedings. Fifth European Conference and Exhibition on Geographical Information Systems*, Parigi 29 marzo - 1 aprile 1994 (Utrecht-Amsterdam, EGIS Foundation, 1994), I, pp. 626-31.

<sup>36</sup> E. Husserl, *Idee per una fenomenologia pura* (Torino, Einaudi, 1965), p. 871.

<sup>37</sup> I. Prigogine, I. Stengers, *La nuova alleanza. Metamorfosi della scienza* (Torino, Einaudi, 1981), p. 287.

<sup>38</sup> Z. Bauman, *La decadenza degli intellettuali. Da legislatori a interpreti* (Torino, Bollati Boringhieri, 1992), p. 187.

<sup>39</sup> Ivi, p. 188.

<sup>40</sup> D.A. Griffith, «Supercomputing and spatial statistics: a reconnaissance», *Professional Geographer* 42 (1990), 4, pp. 481-92; T.M. Harris, G.A. Elmes, «The application of GIS in urban and regional planning: a review of the North American experience», *Applied Geography* 13 (1993), 2, pp. 9-27.

<sup>41</sup> R.F. Shangraw Jr., «Knowledge Acquisition, Expert Systems, and Public Management Decisions», *Social Science Microcomputer Review* 5 (1987), 2, pp. 163-73, pp. 169-70.

<sup>42</sup> R. Honey, G. Rushton, P. Lononis, B.T. Dalziel et al., «Stages in the adoption of a spatial decision support system for reorganizing service delivery regions», *Environment and Planning C: Government and Policy* 9 (1991), pp. 51-63, p. 62.

<sup>43</sup> R. Sliuzas, Y. Sun, «Spatial decision support systems for urban planning and management», in J.J. Harts, H.F.L. Ottens, H.J. Scholten, a cura di, *EGIS '93. Conference Proceedings. Fifth European Conference and Exhibition on Geographical Information Systems*, Genova 29 marzo - 1 aprile 1993 (Utrecht-Amsterdam, EGIS Foundation, 1993), I, pp. 116-124; H.W. Calkins e N.J. Obermeyer, «Taxonomy for surveying the use and value of geographical information», *International Journal of Geographical Information Systems* 5 (1991), 3, pp. 341-351.

<sup>44</sup> M. Kent, A. Jones, R. Weaver, «Geographical information systems and remote sensing in land use planning: an introduction», *Applied Geography* 13 (1993), 2, pp. 5-8, p. 6.

<sup>45</sup> J.A. Perrolle, «The Social Impact of computing: Ideological Themes and Research Issues», *Social Science Computer Review* 6 (1988), 4, pp. 469-80, p. 476.

<sup>46</sup> B.W. Fogarty, «Grand Challenges for GIS», cit., pp. 193-201.

<sup>47</sup> A. Giddens, *Le conseguenze della modernità*, cit., pp. 46-47. Alcuni autori inseriscono la «riflessività» tra le caratteristiche della condizione postmoderna. Interessante al riguardo è la rassegna critica svolta da J. Hassard, «Postmodern organizational analysis: toward a conceptual framework», *Journal of Management Studies* 31 (1994), 3, pp. 303-24. Giddens considera l'attuale situazione socio-culturale come una evoluzione verso l'essenza della modernità e non già quale un momento di superamento di quest'ultima.

<sup>48</sup> D.W. Rhind, «Geographical Information Systems», cit., p.



664. Sulla permanenza della logica gravitazionale centro/periferia, definita come «fordista», si veda: M. Dunford e D. Perons. «Strategies of modernisation: the market and the state». *Environment and Planning C: Government and Policy* 10 (1992), pp. 387-405.

<sup>49</sup> D.W. Rhind, «Geographical Information Systems», cit., p. 637.

<sup>50</sup> S. Openshaw, «A view on the GIS crisis», cit., p. 625.

<sup>51</sup> D. Martin, I. Bracken, «The integration of socioeconomic and physical resource data for applied land management information systems», *Applied Geography* 13 (1993), 2, pp. 45-53, p. 51.

<sup>52</sup> Questa evoluzione si deve in gran parte al lavoro di ricerca di A.N. Kolmogorov e del gruppo di matematici che svilupparono, negli anni Sessanta, le idee di Shannon e Wiener.

<sup>53</sup> C.E. Shannon, «The mathematical theory of communication», *Bell System Technical Journal* 27 (1948), pp. 379-423, 623-56.

<sup>54</sup> A.O. Arrigoni, C. Furlanello, V. Maniezzo, «L'informazione cognitiva nei processi di apprendimento automatico», *Bollettino AI\*IA* (1990), Aprile, pp. 1-13. Lo stesso Shannon scriveva: «Questi aspetti semantici della comunicazione sono irrilevanti ai fini del problema ingegneristico, non va dimenticato che ci si riferiva alla trasmissione di impulsi elettromagnetici o elettrici: C.E. Shannon, «The mathematical Theory», cit., p. 379.

<sup>55</sup> Si veda: I. Prigogine, G. Nicols, *Le strutture dissipative, auto-organizzazione dei sistemi termodinamici in non-equilibrio* (Firenze, Sansoni, 1982).

<sup>56</sup> L'applicazione della teoria della stabilità e dell'auto-organizzazione dei sistemi aperti è articolata sui concetti di produzione di entropia in un processo suddivisa in: produzione necessaria per assicurare la stabilità della struttura e produzione in eccedenza generatrice di nuove strutture. La trasposizione del modello nell'ambito dell'impresa può avvenire solo se si assumono come validi alcuni assiomi del comportamentismo e se si ammette l'assimilazione completa, seppure per estensione, dell'essere umano ad un sistema di strutture dissipative. Si veda: J. Solvay, «Auto-organisation de structures dissipatives douées de 'projets'», *Académie Royale de Belge, Bulletin de la Classe des Sciences* 64 (1978), 5, pp. 282-92.

<sup>57</sup> I. Prigogine, G. Nicols, *Le strutture dissipative, auto-organizzazione dei sistemi termodinamici in non-equilibrio*, p. 462.

<sup>58</sup> H. Arendt, *Vita activa*, cit., pp. 179-82.

<sup>59</sup> Tung Viet Lam, «A new algorithm for DTM generalization», in J.J. Harts, H.F.L. Ottens, H.J. Scholten, a cura di, *EGIS/MARI '94, Conference Proceedings. Fifth European Conference and Exhibition on Geographical Information Systems*, Parigi 29 marzo - 1 aprile 1994 (Utrecht-Amsterdam, EGIS Foundation, 1994), I, pp. 313-17, p. 313.

<sup>60</sup> P. van Oosterom, «An R-Tree based Map-Overlay algorithm», in J.J. Harts, H.F.L. Ottens, H.J. Scholten, a cura di, *EGIS/MARI '94, Conference Proceedings. Fifth European Conference and Exhibition on Geographical Information Systems*, Parigi '94 marzo - 1 aprile 1994 (Utrecht-Amsterdam, EGIS Foundation, 1994), I, pp. 318-27, p. 318; D. Patassini, «Il narcisismo degli 'optionals'», cit., p. 151.

<sup>61</sup> L.D. Kiel, «Thematic Mapping With Microcomputers: Graphic Display of Social Scientific Data», *Social Science Computer Review* 6 (1988), 1, pp. 197-209, p. 206.

<sup>62</sup> E. Kitzinger, *Il culto delle immagini. L'arte bizantina dal cristianesimo delle origini all'Iconoclastia* (Firenze, La Nuova Italia, 1992), p. 97.

<sup>63</sup> W. Bunge, «Perspective on Theoretical Geography», *Annals of Association of American Geographers* 69 (1979) 1, pp. 169-74, p. 173.

<sup>64</sup> J. Baudrillard, *Simulacri e impostura, bestie, Beaubourg, apparenze e altri oggetti* (Bologna, Cappelli, 1980).

<sup>65</sup> C. Taylor, *Il disagio della modernità*, cit., p. 119.

<sup>66</sup> G. Pozzana, I. Campari, D. Franchini, *Valutazione d'impatto ambientale e Geographic Information Systems* (Milano, Franco Angeli, 1994), p. 26.

<sup>67</sup> J. Weizenbaum, *Il potere del computer e la ragione umana. I limiti dell'intelligenza artificiale* (Torino, Edizioni Gruppo Abele, 1987), p. 55.

<sup>68</sup> J. Dangermond, «Geographic Information Systems: A New Technology for Digital Mapping Organization», in *UC 87, ESRI User Conference. Proceedings*, Kranzberg 28 - 30 settembre 1987 (Kranzberg, ESRI, 1987), p. 8.

<sup>69</sup> N. Suryana, «The application of fuzzy sub-set theory using certainty factor (CF) in handling imprecision data handled by geographical information systems (GIS)», in J. J. Harts, H. F. L. Ottens, H. J. Scholten, a cura di, *EGIS '93. Conference Proceedings. Fifth European Conference and Exhibition on Geographical Information Systems*, Genova 29 marzo - 1 aprile 1993 (Utrecht-Amsterdam, EGIS Foundation, 1993), II, pp. 1325-1337.

<sup>70</sup> *Ibid.*

<sup>71</sup> G. Boole, *L'analisi matematica della logica* (Torino, Bollati Boringhieri, 1993), p. 9.

<sup>72</sup> E. Cassirer, *Storia della filosofia moderna. Il problema della conoscenza nella filosofia e nella scienza. II. Da Bacone a Kant* (Torino, Einaudi, 1978), I, p. 169.

<sup>73</sup> G. Deleuze, *La piega. Leibniz e il Barocco* (Torino, Einaudi, 1990), p. 88.

<sup>74</sup> Le proposizioni categoriche furono formalizzate da Boole con equazioni nelle quali i «soggetti» sono posti uguali a 0 o a 1. Il segno «1» indica l'universo mentre lo «0» rappresenta l'assenza di «soggetti» (cfr. G. Boole, *L'analisi matematica della logica*, pp. 18, 24).

<sup>75</sup> G. Boole, *L'analisi matematica della logica*, p. 24.

<sup>76</sup> Citato in C. Mangione, «La svolta della logica nell'Ottocento», in L. Geymonat, a cura di, *Storia del pensiero filosofico e scientifico* (Milano, Garzanti, 1988), V, p. 246.

<sup>77</sup> *Ivi*, p. 376.

<sup>78</sup> R. Carnap, *Analiticità, significanza, induzione* (Bologna, il Mulino, 1971).

<sup>79</sup> *Ivi*, p. 508.

<sup>80</sup> *Ibid.*

<sup>81</sup> G. Anders, *L'uomo è antiquato. Sulla distruzione della vita nell'epoca della terza rivoluzione industriale* (Torino, Bollati Boringhieri, 1992).

<sup>82</sup> *Ibid.*

<sup>83</sup> N. Chomsky, *La grammatica trasformazionale. Scritti espositivi*, (Torino, Paolo Boringhieri, 1975), p. 17.

<sup>84</sup> R.E. Bellman, L.A. Zadeh, «Decision-making in a fuzzy environment», *Management Science* 17 (1970), 4, p. 141.

<sup>85</sup> C. Carlsson, «On the relevance of fuzzy sets in management science methodology», in H.J. Zimmermann, L.A. Zadeh, B.R. Gaines, a cura di, *Fuzzy sets and decision analysis* (Amsterdam, North Holland, 1984), pp. 11-28, p. 12.

<sup>86</sup> Significativamente R.E. Bellman e L.A. Zadeh notavano come la principale distinzione tra intelligenza umana e *machine intelligence* fino ad allora sviluppata, si poteva individuare nella capacità tipica degli uomini di gestire concetti e di rispondere ad istruzioni di natura *fuzzy*: R.E. Bellman, L.A. Zadeh, «Decision-making in a fuzzy environment», cit., p. 142.

<sup>87</sup> C. Carlsson, «On the relevance of fuzzy sets in management science methodology», cit., p. 18.

<sup>88</sup> H.J. Zimmermann, L.A. Zadeh e B.R. Gaines, «Fuzzy sets and decision analysis - A perspective», in H.J. Zimmermann, L.A. Zadeh, B.R. Gaines, a cura di, *Fuzzy sets and decision analysis* (Amsterdam, North Holland, 1984), pp. 3-8.

<sup>89</sup> P. Delattre, *Teoria dei sistemi*, cit., p. 17.

<sup>90</sup> H.J. Zimmermann, L.A. Zadeh, B.R. Gaines, «Fuzzy sets and decision analysis - A perspective», cit., p. 6.

- <sup>91</sup> P. Delattre, *Teoria dei sistemi*, cit., p. 39.
- <sup>92</sup> R.E. Bellman, L.A. Zadeh, «Decision-making», cit., p. 147.
- <sup>93</sup> Ivi, p. 163.
- <sup>94</sup> S. French, «Fuzzy decision analysis: some criticisms», in H.J. Zimmermann, L.A. Zadeh, B.R. Gaines, a cura di, *Fuzzy sets and decision analysis*, cit., pp. 29-44, p. 39.
- <sup>95</sup> P.M.S. van Gaans, P.A. Burrough, «The use of fuzzy logic and continuous classification in GIS applications: a review», in J.J. Harts, H.F.L. Ottens, H.J. Scholten, a cura di, *EGIS '93. Conference Proceedings. Fifth European Conference and Exhibition on Geographical Information Systems*, Genova 29 marzo - 1 aprile 1993 (Utrecht-Amsterdam, EGIS Foundation, 1993), II, pp. 1025-1034; R. Hootsman, F. van der Wel, «Detection and visualization of ambiguity and fuzziness in composite spatial datasets», in J.J. Harts, H.F.L. Ottens, H.J. Scholten, a cura di, *EGIS '93. Conference Proceedings. Fifth European Conference and Exhibition on Geographical Information Systems*, Genova 29 marzo - 1 aprile 1993 (Utrecht-Amsterdam, EGIS Foundation, 1993), II, pp. 1035-1046.
- <sup>96</sup> F. Farinelli, *I segni del mondo. Immagine cartografica e discorso geografico in età moderna* (Firenze, La Nuova Italia, 1992), p. 149.
- <sup>97</sup> Si tratta di termine coniato da D. Berlinski che Delattre associa ad un atteggiamento «che conduce con facilità a semplificazioni assurde e a generalizzazioni improprie o inutili»: cfr. P. Delattre, *Teoria dei sistemi*, cit., p. 9.
- <sup>98</sup> L. Wittgenstein, *Osservazioni sopra i fondamenti della matematica* (Torino, Einaudi, 1988), pp. 136-37.
- <sup>99</sup> Yi-Fu Tuan, «Language and the Making of Place: A Narrative-Descriptive Approach», *Annals of the Association of American Geographers* 81 (1991), 4, pp. 684-696, p. 694.
- <sup>100</sup> Z. Bauman, *Modernità e olocausto* (Bologna, il Mulino, 1992) p. 127.

