

ALFREDO VITERBO - ARNALDO CODIGNOLA

## L'INFORMAZIONE E L'INFORMATICA NELLA SOCIETÀ DELLA CONOSCENZA

1. Risale dall'inizio degli anni ottanta la decisione della Fondazione Calamandrei di dar vita a questa Rivista che con questo primo numero 2002 entra nel suo diciottesimo anno ed è ormai un apprezzato ed insostituibile strumento di lavoro e di ricerca per studenti e professori universitari, per avvocati e magistrati, per giornalisti, per informatici e quanti altri.

In quegli anni ottanta elaborammo il progetto di una pubblicazione che avrebbe dovuto costituire il filo conduttore dell'attività della Fondazione Calamandrei nel solco di quella cultura che fu dei Piero Calamandrei, dei Carlo Rosselli, dei Gaetano Salvemini, degli Ernesto Rossi, degli Altiero Spinelli e di tutti gli altri che precorsero, da illuminati, le moderne idee di libertà, di federalismo e di pace.

Si trattava di decidere quali contenuti dare alla pubblicazione per distinguerla dalle altre e per permettere un approccio non solo giuridico, ma anche interdisciplinare, ad un ambito di ricerca sensibile per lo sviluppo civile.

Ci trovammo convinti che soltanto una società in cui fosse assicurato il diritto all'informazione, ad informare e ad essere informati, sarebbe stata una società libera e progressiva.

A questo si aggiunse l'altro nostro convincimento che il *medium*, l'informazione, si sarebbe andato sempre più intrecciando con lo strumento che lo avrebbe trasmesso ed elaborato, donde il titolo della Rivista fu dedicato sia all'informazione che all'informatica.

Oggi possiamo dire che l'impostazione della Rivista ci fu suggerita dalla allora nascente società della conoscenza: una società nella quale le scoperte scientifiche avanzano incessantemente e nella quale aumenta continuamente l'interconnessione tra gli uomini.

In questa società lo studio della informazione e della informatica è sempre più al centro dell'attenzione e all'ordine del giorno della crescita civile e scientifica.

Quando si afferma che la civiltà del nuovo millennio è connotata dal fine della conoscenza, per cui viene detta *knowledge* ovvero *information society*, ci si riferisce al paradigma culturale per il

quale ciò che definisce l'uomo (e con lui tutto l'esperimento vita) è la sua attitudine a perseguire un sempre migliore adattamento, acquisendo sempre maggiore informazione e conoscenza.

Questa attitudine sta trovando la sua massima espressione nella nostra moderna società dedita a comprendere la realtà naturale e quella antropologica sempre più profondamente, costruendo una nuova civiltà capace di esprimere una nuova cultura.

Secondo la teoria matematica dell'informazione, nel corso della sua trasmissione il messaggio subisce interferenze e trattamenti che lo modificano. Ne deriva che l'*input* è diverso dall'*output* in quanto per poter essere trasmesso il messaggio deve perdere una certa quantità di intelligibilità specifica per acquisire autonoma valenza comunicazionale.

Estendendo tale concetto alla conoscenza in generale si osserva come l'elaborazione delle informazioni ha come risultato un crescente accumulo di criteri di computabilità simbolica della realtà, ovvero un compendio di soluzioni razionali adattative.

Ciò è a dire che l'aumento esponenziale della elaborazione dell'informazione sta creando una sempre maggiore intelligenza della realtà, una struttura di calcolo, un catalogo di chiavi interpretative razionali del mondo fisico e sociale.

Tale cultura scientifica, propria della nostra società della conoscenza del terzo millennio, non è omologabile alle culture storiche delle civiltà del passato perché mentre le culture storiche erano espressione di società statiche basate sulla conservazione di depositi culturali tradizionali, la nostra cultura è espressa da un dinamico mondo di scienziati e di ricercatori della conoscenza, rivolti al futuro, liberi dal principio di autorità e scevri dal pensiero magico.

Gli Ulisse del nostro tempo disegnano mappe della realtà che dimostrano la loro verità assumendo valore conoscitivo utile una volta per tutte e tali da rendere possibile nel prossimo futuro la costruzione di apparati capaci di intelligenza artificiale.

È possibile ipotizzare tale esito dello sviluppo scientifico in quanto la nostra civiltà produce letture della realtà così efficaci da rendere progettabili organismi artificiali in grado di replicarsi e di fare esperimenti cognitivi-adattativi autonomamente.

Del resto già allo stato attuale del suo sviluppo la nostra civiltà può aumentare velocemente ed incessantemente il suo compendio culturale grazie all'utilizzo della forza elaborativa degli apparati informatici: l'aumento veloce ed incessante della conoscenza va insieme col crescente uso della forza elaborativa degli apparati informatici.

In altri termini la conoscenza si sviluppa insieme con l'intelligenza biologico-elettronica che trova a sua disposizione compendi culturali sempre più euristici, sempre più adattativi, sempre più vicini alla piena comprensione della realtà.

Da tutto ciò derivano varie evidenze che rafforzano il nuovo paradigma culturale che definisce la vita come crescente capacità di

informarsi e conoscere. A comporre tale definizione stanno concorrendo studi, in molti campi scientifici, che pervengono ad eguali conclusioni, pur seguendo diversi percorsi logici e pur sviluppando ricerche su piani diversi.

Questo scritto tenta, con un approccio interdisciplinare, di esporre come si possano definire, alla luce dei più recenti sviluppi scientifici, informazione ed informatica nella società della conoscenza.

2. Negli ultimi decenni, nei loro scritti, biologi, fisici ed informatici tendono sempre più a considerare la capacità di acquisire l'informazione come la capacità propria degli organismi viventi, come la funzione su cui si basa la vita ed il suo sviluppo.

Così a tal proposito Gell-Mann, fisico teorico dei quark, scrive che la materia vivente è composta da quark e da elettroni esattamente come la materia inanimata, come ogni cosa terrestre e che, dunque, non sono i componenti a fare la differenza.

Tutto ciò che vive è formato dagli stessi elementi della natura inerte ed entrambi, il vivente ed il non vivente, sembrano rispettare le leggi della fisica e della chimica.

Perciò, se si prescinde dalla indimostrata ipotesi che la vita sia caratterizzata da forze speciali diverse da ciò che è fisico, quello che differenzierebbe il vivente dalla materia inanimata sarebbe l'attitudine a raccogliere ed elaborare adattativamente l'informazione.

Si può, infatti, constatare che tutto ciò che vive ha perseguito, evolvendosi, la propria perpetuazione ed il proprio migliore adattamento utilizzando le informazioni raccolte circa l'ambiente, seguendo una intrinseca tendenza alla conoscenza della realtà, funzionale al proprio sviluppo.

Con una terminologia usata per i calcolatori si può dire che la materia vivente sembra avvalersi di un programma capace di raccogliere notizie e dati dall'ambiente al fine di provare soluzioni adattative, un programma capace di sperimentazione, selezione e variazione. Si può descrivere la vita come un sistema evolutivo-adattativo che osserva la realtà per individuarne le regolarità e trarne vantaggio per la propria sopravvivenza ed espansione.

Dalle prime cellule anaerobiche, dalle ancestrali alghe azzurre, dagli originari sistemi autoreplicanti tutta la stupefacente varietà delle forme viventi sulla Terra è stata prodotta dall'informazione distillata nel corso di un tempo lunghissimo ed usata per progettare e tentare infinite diverse soluzioni di adeguamento all'ambiente.

Tra i sistemi adattativi ci sono il bambino che comincia a parlare, un ceppo di batteri che impara a resistere agli antibiotici, un laboratorio di ricerca che verifica nuove teorie e la specie umana che escogita modi per tentare di vivere in pace con se stessa e con gli altri organismi che abitano il pianeta.

Utilizzando il concetto di sistema evolutivo-adattativo è possibile dare evidenza a successivi salti evolutivi che nella storia della vita da strutture semplici hanno portato, grazie all'accumulo della cultura ambientale, a complessità sempre maggiori sino alla società umana, segnalando quanto siano delicati ed importanti tali salti evolutivi e quanto necessario sia il prenderne coscienza.

Inoltre dalla natura cognitiva della vita e del processo evolutivo si può far derivare l'attitudine dell'uomo a razionalizzare, a creare schemi logici, riassunti, descrizioni simboliche delle informazioni sulle regolarità della realtà; l'intima umana attitudine ad anticipare la realtà, a contenerla mentalmente in modo funzionale alla continuità della vita individuale e di quella della specie.

Sotto l'impulso a catturare l'informazione, la vita, come processo volto a ridurre la discrepanza tra la vita stessa e la realtà, ha condotto la sua evoluzione sino alla mente umana, sino alla nostra civiltà ed al suo sforzo di capire le leggi del mondo fisico, dall'atomo alle stelle, e quelle che regolano la stessa società umana.

3. Per i biologi l'evoluzione dipende dal verificarsi di modificazioni genetiche nel processo di sviluppo dell'organismo per effetto delle quali l'organismo stesso è soggetto alla mutabilità e alla variazione.

La mutagenesi, la variazione e la speciazione sono effetti delle trasmutazioni che insorgono, per via di eccezione, nella trascrizione e/o replicazione del gene, determinate in modo casuale ed aleatorio dall'ambiente.

Nella storia dell'evoluzione la costanza genetica dell'organismo lascia talora il posto alla variazione perché la materia vivente ha una sua intrinseca plasticità adattativa; inoltre nel corso del tempo la variabilità è andata aumentando, a mano a mano che aumentava la complessità degli organismi, dando luogo ad una sorta di evoluzione dell'evoluitività. A loro volta la maggiore variabilità e le principali transizioni evolutive sono dipese dall'acquisizione di motori di cambiamento-adattamento via via sempre più efficaci e sofisticati che hanno dato luogo a successivi salti evolutivi.

La materia vivente ha come propria caratteristica quella di sapere produrre le variazioni che si rivelano utili alla sua sopravvivenza ed alla sua espansione.

I biologi concordano con i fisici sull'ipotesi che non esiste alcunché di materiale che spieghi questa caratteristica della apparente immortalità del genoma e del suo sapere assumere infinite forme.

La più recente letteratura biologica individua nel rapporto replicazione-variabilità ciò che induce a considerare il genoma non una struttura fisica, stabile o statica, quanto piuttosto come una capacità dipendente dalle dinamiche cellulari, un sistema il cui funzionamento è assicurato non dalla conformazione delle singole particelle, ma dalle loro incessanti connessioni, inibizioni, attivazioni e interazioni.

Quando la fisica con la meccanica quantistica ha descritto la possibile trasmutazione degli atomi, i biologi hanno osservato la somiglianza di tale trasmutazione con le mutazioni genetiche e ne hanno tratto motivo di conferma dell'autorganizzazione dinamica di ciò che vive.

Dunque ogni cellula porta in sé non solo la memoria delle esperienze compiute in miliardi di anni dai suoi antenati, ma anche i geni capaci di variazione per costruire nuovi fenotipi più idonei alla sopravvivenza.

Da qui l'ipotesi dell'esistenza di una attitudine adattativa, di una specie di predisposizione a conoscere, qualcosa di simile ad un programma informatico, che sequenzia l'attività genetica.

Poiché però questa ipotesi non comporta la rinuncia all'influenza sull'evoluzione esercitata dagli eventi ambientali casuali, l'idea di un programma genetico starebbe ad indicare soltanto una predisposizione alla conoscenza, una propensione, un qualcosa di concettualmente diverso da un disegno architettonico preordinato alla realizzazione di un risultato edificatorio predefinito.

I biologi si vanno domandando in che cosa consista questo programma genetico, questa attitudine del genoma, come funzioni e dove risieda e non trovano risposte esaurienti, né fisiologiche né filosofiche.

Dal punto di vista della storia della evoluzione, peraltro, tralasciando i problemi sollevati dalla filosofia della biologia ed utilizzando lo strumento concettuale del sistema complesso adattativo, possiamo descrivere il risultato oggettivo che la vita ha fin qui conseguito: l'aumento della sua complessità e della sua evolutività e la sua sempre maggiore capacità di adattamento, culminata nella nascita dell'uomo.

4. Nel volgere di pochi decenni l'informatica si è sviluppata al punto di costruire macchine elettroniche per il trattamento dell'informazione capaci delle più eccezionali prestazioni.

Il computer più potente al mondo è quello IBM dei Laboratori Livermore, usato per testare armi nucleari, capace di 12 *teraflops*, capace cioè di eseguire 12.000 miliardi di operazioni in un secondo. Si ritiene che per eseguire lo stesso numero di operazioni un uomo impiegherebbe dieci milioni di anni.

È ora in costruzione un supercomputer IBM denominato *Blue Gene* che sarà capace di 200 *teraflops*, capace cioè di eseguire 200.000 miliardi di operazioni al secondo, sedici volte più potente e veloce del computer dei Laboratori Livermore. Il *Blue Gene* sarà in grado di eseguire in un secondo calcoli che una mente umana potrebbe eseguire impiegando un tempo infinito e verrà usato per definire le mappe genetiche e le funzioni delle proteine.

Insieme con i supercomputer anche i normali apparecchi in uso per la ricerca e per la produzione si evolvono ad un ritmo incres-

sante, raddoppiando le loro prestazioni ogni due anni: si va verso strutture capaci di intelligenza artificiale.

Si discute sul se sarà mai possibile costruire una intelligenza artificiale comparabile con l'intelligenza biologica e si propende per una risposta negativa perché sembra impensabile, allo stato attuale delle conoscenze, costruire un robot che abbia la creatività e l'autocoscienza proprie dell'uomo.

Per altro se un computer è capace di eseguire in un secondo calcoli per i quali la mente umana avrebbe bisogno di un tempo infinito, questo significa che in futuro altri computer saranno in grado di esprimere molte altre prestazioni in modo straordinariamente più efficiente della mente umana.

Ma il sistema vita e la sua intelligenza biologica pervenuta alla galassia della mente umana sembrano irripetibili: per valutare la difficoltà di costruire una intelligenza artificiale occorre tener presente che la complessità della mente umana è inimitabile in quanto deriva dalla sedimentazione e dalla stratificazione della sua ancestrale formazione biologica evolutiva lunga quattro miliardi di anni.

È però presumibile che lo sviluppo della intelligenza artificiale, in funzione di supporto delle prestazioni dell'intelligenza biologica, renderà possibile una sempre maggiore interconnessione tra la stessa mente umana e gli apparati elettronici con risultati straordinari, oggi nemmeno immaginabili.

Tra le innumerevoli ricerche ed esperimenti volti a produrre forme di intelligenza artificiale e ad accrescere la funzionalità dei computer, l'ingegneria informatica tenta anche di ispirarsi al cervello umano progettando robot capaci di interagire con la realtà, capaci di percepire gli stimoli dell'ambiente e di elaborare le informazioni così ottenute. Questa via di sviluppo dell'intelligenza artificiale seguita dalla più recente ingegneria informatica viene definita come robotica basata sul comportamento.

I robot vengono messi in grado di fare esperienza su settori della realtà con effetto di retroazione sulla crescita della loro intelligenza e della loro cultura ambientale.

In tal modo dovrebbe essere possibile imitare l'ipotetica dinamica funzionale del cervello umano, creando unità elaborative con specifiche capacità di sperimentare settori di realtà e di gestire le informazioni così raccolte. Mettendo in rete di volta in volta tali unità, secondo gli esiti perseguiti, si dovrebbero ottenere connessioni e interazioni simili a quelle dell'intelligenza biologica.

Altri studi, altre ricerche sono in corso come quella del *cellular computing* con il quale l'informatica persegue una via di sviluppo che si ispira direttamente alla biologia. L'architettura informatica dei computer cellulari imita la struttura biologica tentando di trasportarla in una struttura microelettronica ove ogni elemento di calcolo dovrebbe essere integrato con moduli di memoria per velocizzare l'accesso di dati.

Un'altra ricerca in corso è quella che tenta di costruire computer quantistici, computer funzionanti utilizzando le interazioni tra le molecole (modificandone la polarizzazione).

Questi computer quantistici sarebbero assai più miniaturizzati e potenti di quelli attuali perché interconnetterebbero i miliardi di elementi contenuti in infinitesimali quantità di materia, utilizzando l'orientamento dei campi magnetici dei nuclei atomici.

Inoltre il *chip* quantistico sarebbe non soltanto capace di elaborare l'informazione utilizzando la struttura di singoli atomi, ma sarebbe anche in grado di sviluppare una logica non rigida, ma flessibile e cioè una logica simile alla capacità della mente umana di usare sfumature, di procedere attraverso il forse e non soltanto attraverso il processo binario dello zero-uno.

L'uomo progetta in tal modo, con molteplici tentativi e ricerche, di immettere nei più reconditi ambiti della materia architetture informatiche capaci di acquisire ed elaborare informazioni, simili all'intelligenza umana ed all'ipotetico programma genetico. Si sta così formando, come evento straordinario nel corso dell'evoluzione, un nuovo sistema evolutivo-adattativo che nasce dalla collaborazione tra uomo e computer: un sistema dinamico biologico-elettronico, dotato di una eccezionale complessità potenziale e di una vorticoso evolutività, che accresce continuamente la sua conoscenza dell'ambiente e della realtà, riducendo progressivamente la discrepanza di informazione tra la vita ed il mondo.

Stanno prendendo forma le condizioni per uno straordinario salto evolutivo.

5. Dunque fisici, biologi ed informatici concordano sull'assunto che ciò che vive è caratterizzato dalla capacità di raccolta e di elaborazione delle informazioni e che l'apparente immortalità del gene dipende da tale capacità di ricercare, di conoscere e di adattarsi.

Tale assunto può essere usato per leggere la storia dell'evoluzione a partire dalle cellule ancestrali, risalenti a quattro miliardi di anni or sono, sino alla nascita dell'*homo sapiens sapiens* risalente a duecentomila anni or sono, per giungere ai nostri giorni, all'inizio della *knowledge society*.

Per quattro miliardi di anni la vita ha fatto infinite prove e tentativi, utilizzando la raccolta e l'introiezione delle informazioni, in un processo lentissimo. La lentezza del processo adattativo derivava dal fatto che l'utilizzo delle informazioni avveniva con le variazioni genetiche e con la produzione delle varie successive infinite specie.

Come scrisse Monod, il caso e la necessità sovrintendevano all'evoluzione di ogni essere vivente, di ogni specie, ciascuna delle quali costituiva un accumulo di eventi accidentali congelati nella memoria dei suoi geni.

L'unitarietà di tutto ciò che vive è stata l'intuizione di Darwin il quale comprese, senza l'ausilio della biologia, che l'evoluzione era il principio unificante della discendenza comune di tutti gli organismi da un primordiale organismo e descrisse come ogni specie si confrontasse con l'ambiente in un processo adattativo che richiedeva non secoli, ma milioni di anni.

Milioni di anni sono stati infatti necessari alle specie per formarsi e per adattarsi al loro ambiente attraverso la competizione tra i genotipi nella produzione di fenotipi più capaci di sopravvivenza.

Insieme però con la nascita delle specie, ad un certo punto della primordiale lunga fase, la vita, che era sino allora apparsa come una immobile amorfa sostanza, aveva anche creato il nuovo motore evolutivo costituito dalla riproduzione sessuale di individui segnati dalla cesura temporale, cadenzati dal processo di invecchiamento e dalla morte. L'orologio biologico aveva fissato il tempo di durata dell'individuo, il periodo della sua capacità riproduttiva e la staffetta con la quale le generazioni si tramandavano il testimone.

Mentre i primi organismi, apparentemente non soggetti ad invecchiamento, si riproducevano per asessuata divisione cellulare, ad un certo punto l'evoluzione biologica aveva dato luogo al nuovo motore di cambiamento rappresentato sia dalla scansione individuale del tempo di vita che dalla diversificazione in maschio e femmina e dal rimescolamento dei geni nella riproduzione sessuale.

Erano venute a formarsi capacità evolutive superiori rispetto alla quasi immobile esistenza delle cellule ancestrali, ma i tempi per la formazione di nuove specie, per la speciazione, restavano ancora misurabili in milioni di anni, perché l'adattamento procedeva lentissimamente e senza consapevolezza.

6. Poi, nell'ulteriore corso della sua evoluzione, la vita ha prodotto, ad un certo punto, un nuovo più efficace motore di cambiamento acquisendo una nuova eccezionale capacità: quella di elaborare consapevolmente le informazioni sull'ambiente.

Comunque ciò sia stato possibile, sta il fatto che duecentomila anni or sono una debole scimmia cominciò ad usare il particolare organo della sua struttura costituito dal cervello, imparando non solo a maneggiare armi e strumenti, ma anche a comportarsi in base alla coscienza di sé ed alla previsione ed alla conoscenza delle regolarità dell'ambiente.

Prima dell'uomo l'evoluzione otteneva l'avanzamento del sistema adattativo con la selezione e con la fissazione nella memoria profonda di speciali caratteristiche genetiche e tale sistema teneva in equilibrio l'invarianza e l'adattamento. Meno rigida era l'invarianza, più la specie era instabile e presentava la tendenza a modificazioni genotipiche per effetto della deriva genetica, e più erano possibili nuove risposte adattative attraverso la speciazione.

Diversamente l'*homo sapiens sapiens* prese ad osservare la realtà e a rilevarne le regolarità senza impegnare la memoria genetica, ma usando una memoria individuale che permetteva di fare associazioni mentali tra fatti osservati e sfruttare le regolarità dell'ambiente.

Quando giunse alla specie umana il programma vita compì un eccezionale balzo evolutivo dovuto al nuovo motore di cambiamento costituito dalla capacità mentale dell'uomo di avere auto-consapevolezza, di elaborare e di utilizzare le informazioni, di comunicare col linguaggio e di accumulare cultura da tramandarsi da una generazione all'altra.

L'uomo utilizzava l'elaboratore-cervello individuale assai più reattivo e veloce dell'unità centrale della filogenesi: il fondamentale progetto-vita non cambiava, ma aumentava la capacità di catturare informazioni e progredire verso maggiore adattamento e verso maggiori complessità.

L'uomo costruiva con la sua nuova capacità elaborativa accumuli di cultura ambientale senza innescare variazioni genetiche, senza dar luogo alla speciazione; mentre il pianeta si avviava a diventare antropocentrico, il patrimonio genetico dell'uomo rimaneva naturalmente e sostanzialmente quasi stabile, ma la complessità della mente umana ed il suo elevato grado di evolutività culturale aprivano una nuova era nello sviluppo della vita.

7. La specie umana a distanza di duecentomila anni dalla nascita dell'*homo sapiens sapiens* sta ora entrando in una terza fase nella quale l'elaborazione dell'informazione sta diventando la sua attività prevalente al punto da far definire la moderna società umana come società della conoscenza.

Ciò che concorre a creare le condizioni per questa attuale nuova fase, il nuovo motore di cambiamento, consiste nell'adozione di protesi non più rafforzative delle capacità muscolari e motorie dell'uomo, quali armi e strumenti, ma di protesi che integrano la capacità di memoria e l'attività elaborativa del cervello umano.

L'uomo da alcuni decenni si avvale dell'uso del calcolatore elettronico che permette di conservare e concentrare la conoscenza umana e di metterla a disposizione di milioni di ricercatori; che rende possibili operazioni, altrimenti irrealizzabili, necessarie per una infinita quantità di esperimenti; che permette di incrociare tra loro masse illimitate di dati provenienti da un crescente numero di campi di specializzazione.

Si va formando un intreccio delle conoscenze sempre più fitto ed efficiente: la potenza dei computer aumenta in continuazione e una crescente parte dell'umanità è interconnessa nella rete.

E la rete non è soltanto uno strumento di comunicazione in quanto la rete stessa concorre alla creazione della nuova dinamica socioeconomica, dei suoi nuovi contenuti, dei suoi nuovi attori e

delle sue nuove caratteristiche quali quelle della delocalizzazione e del decentramento.

Progressivamente con gli apparati elettronici e comunicazionali si sta formando una struttura elaborativa che tende a fare interagire l'umanità nel suo complesso, simile al cervello umano (anche se di dimensioni planetarie) e che funziona come il cervello umano.

Con l'ausilio della rete e dei computer in tutto il mondo un crescente numero di laboratori opera in ogni campo scientifico e le applicazioni delle scoperte moltiplicano le capacità produttive e la ricchezza aumenta a livello mondiale annualmente, permettendo di destinare sempre maggiori risorse alla ricerca.

In tal modo l'uomo, con la sua capacità di continua acquisizione di nuove scoperte scientifiche, con le relative ricadute applicative, sta compiendo un salto evolutivo senza precedenti in quanto la capacità di variazione adattativa si sviluppa vorticosamente.

Con l'ausilio dei computer oggi la mente umana non pone alcun limite alla propria ambizione di voler conoscere e sperimentare, giungendo anche a mettere mano nella memoria profonda di ciò che vive, tentando di decodificare e di mutare il genoma con l'ingegneria genetica.

La cultura umana tenta di operare *in vitro* sulle mappe del patrimonio genetico come se volesse chiudere il cerchio dell'evoluzione: dall'organismo primigenio alle infinite specie, dalla memoria e dalla speciazione, attraverso l'*homo sapiens sapiens* e la sua capacità elaborativa individuale, sino alla società della conoscenza, ai suoi computer, alla sua ingegneria genetica.

Nel corso di questa espansione la società umana sta aprendo vie sperimentali mai prima percorse, come quella della bioingegneria, come quella della manipolazione cellulare e genetica, come quella dei modelli di vita artificiale capaci di intelligenza artificiale.

Si tenta di modificare sia il genotipo che il fenotipo umano, rallentando anche il ritmo dell'orologio biologico dell'individuo per prolungarne il tempo di vita.

Certamente quanto prima l'uomo avrà a sua disposizione computer dalle più eccezionali prestazioni, modificazioni genetiche, protesi elettroniche, pezzi di intelligenza artificiale, strutture bioniche per vivere di più, per capire di più, per progettare di più, per sperimentare di più.

Sono sperimentazioni che intensificheranno l'evoluitività umana, ma che esporranno il sistema biologico-cognitivo ad accelerazioni e mutazioni che potrebbero innescare processi non più intercettabili.

8. Nel nostro tempo la storia della vita sta percorrendo la via tracciata dalla specie umana e dalla sua società della conoscenza.

Mentre la antropomorfizzazione del pianeta è in atto, le altre forme di vita, nelle infinite specie giunte sino a noi, sembrano in atteggiamento di attesa, sovrastate dalla preponderante espan-

sione dell'esperimento uomo e della sua crescente cultura ambientale.

Il termine cultura quando è riferito alla storia della vita, nei suoi infiniti tentativi sino all'uomo, è usato nel senso generale di cultura ambientale e cioè della evolutiva progressiva riduzione della discrepanza di informazione tra la vita e la realtà. Un processo che sta aumentando di profondità, di complessità e di velocità.

Eppure quando consideriamo l'evoluzione e la storia della vita come cultura ambientale l'atteggiamento mentale al quale tendiamo ad abbandonarci è quello di chi studia una lunga vicenda giunta al suo esito finale, rappresentato dalla società umana.

Questo perché, malgrado il convincimento che da un unico originario organismo sono derivate tutte le infinite specie scomparse e quelle sopravvissute, fino a costruire le foreste pluviali e le megapoli umane, malgrado questo convincimento, abbiamo difficoltà ad utilizzare il relativo strumento concettuale come un *continuum* per applicarlo al presente ed al futuro della società umana.

Invece, contro la erronea percezione di essere giunti ad un esito finale e consolidato, la storia della vita ci dice che nel volgere di poco tempo il tipo umano cambierà per effetto della forte pressione selettiva innescata dal balzo evolutivo in atto: non siamo ad un esito, ma, all'interno del processo evolutivo, siamo nel pieno di uno sviluppo evolutivo complesso, dotato di una dinamicità senza precedenti.

In questo senso la storia della vita come storia di una crescente ed evolutiva capacità di elaborare l'informazione, non è utile soltanto per dare una definizione, ma dovrebbe anche fornire una chiave di lettura di un aspetto cruciale della fase che stiamo vivendo.

Il concetto-quadro di cultura adattativa è infatti utile per definire e mettere in evidenza lo straordinario salto evolutivo che è in atto, e l'eccezionale pressione selettiva, evolutiva e cognitiva che pervade come una febbre il nostro mondo e che retroagisce sulla struttura sociale, il cui destino non è condizionato unicamente dallo scontro e dalla composizione degli egoismi individuali e sociali, ma dipende anche dall'aumento della conoscenza, dalle scoperte scientifiche e dalle loro ricadute applicative, dai nuovi portati gnoseologici che la ragione umana elabora con l'ausilio dell'intelligenza artificiale.

Questa febbre conoscitiva ed evolutiva sottopone l'uomo ad una eccezionale pressione selettiva e anche questa volta, come sempre nel corso nell'evoluzione, questa pressione selettiva modellerà la plastica consistenza dell'organismo-uomo modificando la sua architettura biologica, la sua cultura ed i suoi modelli comportamentali.

L'uomo che ora si sta formando, l'uomo, così come ora possiamo prevedere sarà, dedicherà molta parte dell'esistenza all'ap-

prendimento, con l'ausilio dei computer, degli strumenti culturali di base, ma poi per tutta la vita questo uomo nuovo dovrà essere capace di continuare ad adeguarsi allo sviluppo e sarà tipicizzato dall'attitudine all'apprendimento in un mondo nel quale il fine generalmente perseguito sarà la conoscenza.

Rita Levi Montalcini descrivendo il cervello umano distingue tra la paleocorteccia che l'uomo condivide con gli altri primati e la neocorteccia dal cui sviluppo è dipesa la nascita dell'*homo sapiens sapiens*: questa neocorteccia ha sempre continuato a svilupparsi, ma tale sviluppo si sta accentuando nelle ultime generazioni per effetto, sin dai primi anni di vita, della collaborazione-interazione-eccitazione che così precocemente le menti delle nuove generazioni sperimentano con l'uso dei computer.

È pensabile che la dedizione al conoscere si generalizzerà inducendo l'abitudine al pensiero razionale e al metodo della scienza, con la diffusione di nuovi paradigmi culturali tra i quali quello della straordinarietà della vita, della sua probabile solitudine negli spazi siderali, della profondità del tempo di sopravvivenza del gene originario replicatosi in infinite forme sino a noi.

Oltre a questi, l'uso del metodo della razionalità indurrà molti altri indispensabili convincimenti, tra i quali quello della necessità della conoscenza e del controllo delle più delicate sperimentazioni in corso.

Le manipolazioni genetiche hanno fatto nascere la bioetica come nuova materia che si muove tra scienza, politica e moralità, così come nuovo è lo studio critico dei prodotti industriali, alimentari, farmaceutici (transgenici e non) in quanto nocivi alla salute, così come nuova è la tutela e la difesa della biodiversità e di ogni forma di vita, così come nuova è in generale la coscienza ecologica nel suo senso più ampio, oltre che in quello della protezione dell'ambiente, di tutte le specie e della biosfera. Questa attenzione alle gravi sperimentazioni in atto è dovuta al bisogno del singolo uomo e della società civile di conoscere e di controllare le azioni, le produzioni, le sperimentazioni che causano o possono causare impatti distruttivi per l'uomo stesso, per la natura e per tutti gli esseri viventi.

Questo diritto-dovere di controllare e di combattere le possibili conseguenze negative delle innovazioni, pretendendo trasparenza, responsabilità e informazione, viene rivendicato da innumerevoli organizzazioni spontanee espresse dalla società civile in tutto il mondo. Tale, mai prima sperimentata, nascita di nuovi movimenti, di nuove organizzazioni non egoiste espresse dalla società civile è uno dei molteplici ed originali caratteri della società della conoscenza; la febbre cognitiva nella quale viviamo incide in mille modi sulla struttura della società umana, sulla sua organizzazione politica, sulla sua composizione, sul suo modo di produrre e di ricercare, sui suoi modelli comportamentali, inducendo cambiamenti che stanno dando luogo ad una civiltà profondamente di-

versa da quelle sino ad oggi succedutesi, diversa sia dalle società agricole sia dalla stessa società della prima e della seconda rivoluzione industriale.

Se non interverranno guerre, pandemie ed altri eventi catastrofici che potrebbero essere provocati dalla anarchia internazionale, da involuzioni tribali, da degenerazioni di regimi dittatoriali, dagli squilibri economici, se dunque non interverranno catastrofi, il positivo *feedback* indotto dalla conoscenza produrrà nuove connotazioni della nuova società, le quali potranno essere:

- aumento della ricchezza per effetto delle ricadute delle scoperte scientifiche in ogni campo, tra le quali quella di nuove, illimitate fonti di energia pulita;

- fine dell'esplosione demografica del ventesimo secolo e stabilizzazione della popolazione mondiale;

- unificazione culturale dell'umanità, armonizzazione ed integrazione istituzionale;

- preponderanza, nella composizione sociale, del numero degli addetti ad attività non tradizionalmente produttive, nascita di nuovi attori sociali ed espansione del terzo settore;

- diffusione del metodo scientifico anche nei modelli comportamentali e conseguente più equa e pacifica organizzazione sociale.

9. Possiamo, dunque, affermare che questa Rivista è dedicata ad una materia di assoluta attualità e rilevanza in quanto l'informazione e la capacità di raccoglierla ed elaborarla costituiscono nel nostro tempo la connotazione specifica del salto evolutivo in atto e della società umana quale conseguente esito dell'intero sviluppo della vita.

All'antico mondo in cui la stragrande maggioranza degli uomini impiegava la propria intera esistenza nella fisicità della produzione agricola o industriale, subentra questo nostro mondo in cui non solo i nuovi attori sociali della *information society* si dedicano prevalentemente ad attività concettuali, ma in cui si aprono anche tempi sociali liberi durante i quali l'attitudine cognitiva può esprimersi spontaneamente.

E poiché la realtà sociale e l'ambiente diventano sempre più antropocentrici, diventa decisiva la raccolta e la elaborazione conoscitiva delle informazioni sull'evoluzione dell'uomo e della sua organizzazione sociale, sulle linee di sviluppo della sua crescente evolutività.

Se il settecento fu il secolo delle merci e dei commerci, se l'ottocento fu il secolo della prima rivoluzione industriale ed il novecento quello della seconda rivoluzione industriale, la nostra era sta sostituendo l'informazione alle merci ed ai prodotti delle manifatture. Alla raccolta, alla comunicazione, alla elaborazione, al commercio, allo sfruttamento applicativo delle informazioni, all'archiviazione, allo studio, alla duplicazione, all'incrocio scienti-

fico delle informazioni si dedica sempre più estesamente la nostra *information society*.

La società della conoscenza, con la sua collettiva capacità di elaborare le informazioni e di utilizzare le scoperte scientifiche sul piano produttivo, rappresenta una eccezionale mutazione rispetto alla storia delle società umane perché per la prima volta l'aumento della cultura e delle risorse appare previsionalmente illimitato.

La storia delle civiltà umane è stata la storia di civiltà agricole, civiltà espresse da un mondo stanziale, non soltanto in termini fisici, nel quale la forza della tradizione traeva la sua ragione dal fatto che tradizionale era l'accumulo della cultura contadina tesa ad osservare conservativamente le regolarità della natura. Al contrario il nostro mondo è un mondo che, sviluppando sempre nuove scoperte e nuove applicazioni, è per definizione dinamico e fortemente evolutivo, connotato non già dalla invarianza ma dalla continua variazione e crescita culturale.

Nella storia della vita la variazione è stata l'effetto delle modificazioni nelle replicazioni genetiche, modificazioni che si rivelavano talvolta utili alla sopravvivenza, ma tali modificazioni hanno sempre rappresentato un evento eccezionale che veniva lentissimamente e casualmente provocato dall'ambiente.

La variazione e la mutazione hanno rappresentato nel corso dell'evoluzione l'eccezione, laddove la prevalenza della continuità armonica, dell'omeostasi e dell'equilibrio della replicazione invariante è stata il motivo conduttore della vita, la condizione per la sopravvivenza anche delle società agricole e delle prime civiltà storiche.

Nella attuale società della conoscenza, invece, il cambiamento continuo, la variazione e l'aumento della evolutività si susseguono con un ritmo incessante che viene misurato anno per anno col PIL nazionale, regionale e mondiale, PIL che deve essere sempre in crescita come condizione essenziale per un mondo che si caratterizza col perseguimento di un sempre ulteriore sviluppo.

Negli ultimi tre decenni dello scorso secolo (1970-2000) il PIL mondiale è cresciuto del sessanta per cento; in questo secolo la ricchezza prodotta globalmente dovrebbe aumentare del trecento per cento.

Per la prima volta nella storia della vita e in quella umana l'equilibrio è assicurato dinamicamente, per la prima volta l'organizzazione sociale si basa sulla continua ed incessante progressione verso ulteriore efficienza, più intima integrazione e maggiore produttività.

L'uomo vola col battito delle ali dello sviluppo scientifico-produttivo, battito che non deve mai fermarsi perché l'equilibrio è dinamico e perché non sembra possibile recedere dalla intrapresa via dello sviluppo continuo.

Dunque la crescente capacità di elaborare le informazioni e la crescente complessità ed evolutività che si manifestano nello sviluppo scientifico-produttivo, sono un aspetto eccezionale della eccezionale e straordinaria mutazione in corso, mutazione equivalente per la sua portata al passaggio della vita dal mare alla terra, equivalente al passaggio dalla elaborazione genetica delle informazioni a quella mentale e consapevole dell'uomo, equivalente al passaggio dalla umana intelligenza biologica a quella biologico-elettronica.

Tutto sta a testimoniare un cambiamento epocale in corso ed il paradigma culturale della nascita dell'uomo nuovo e della società nuova si sta radicando nella consapevolezza dei più, influenzando anche sul modo di essere e di pensare.

Così un effetto di retroazione culturale delle trasformazioni causate dallo sviluppo dinamico è quello per cui il rapporto tra la struttura sociale e la sovrastruttura ideale cambia in continuazione provocando il precoce invecchiamento degli strumenti concettuali: dai consuntivi e dalla memoria del passato storico, la mente umana tende piuttosto a guardare in avanti, a passare alla elaborazione dei preventivi ed alla intelligenza del futuro.

Si verifica il paradosso per il quale sembra che non tanto l'accumulo delle conoscenze del passato sia quello che conta, così come è sempre stato, ma che conti di più la cultura attuale e quella che sta per nascere di giorno in giorno dagli studi e dalle sperimentazioni in corso. Intere biblioteche invecchiano precocemente e sono destinate all'oblio, mentre tutti seguiamo le informazioni sulle continue nuove scoperte, sui nuovi continui avanzamenti cognitivi.

Questo affanno comunicazionale e conoscitivo ci provoca talora un senso di inadeguatezza e di incapacità a prendere posizione, ad avere convincimenti generali; ed anche il disordine dell'organizzazione istituzionale ci sembra aumentare per effetto della crescente complessità delle relazioni sociali. La fine delle ideologie intorno alle quali hanno dibattuto intere generazioni negli ultimi due secoli, sembra lasciare dietro di sé posto ad un disordine diffuso e all'anarchia internazionale.

Ma se la storia della vita è una storia che continua a rispettare le sue regole fondamentali, è ragionevole pensare che la società umana stia già percorrendo le vie che la condurranno a nuovi successivi equilibri sociali ed istituzionali, la saggezza del gene-vita dovrebbe essere capace di definire, anche in questa straordinaria evenienza, quale sia lo sviluppo sostenibile.

Secondo quanto è avvenuto nell'evoluzione, secondo la regola interna allo sviluppo della vita rappresentata dalla conservazione-variazione, la società umana dovrebbe già maturare le convinzioni e le condizioni necessarie per poter progredire verso la nuova omeostasi che consisterà nella costruzione di un sistema planetario armonico e pacifico.

Oltre che da molte altre ragioni strutturali, la coscienza della necessità di un nuovo assetto istituzionale che garantisca la pace è indotta anche da una specifica conseguenza della crescita scientifica: quella di aver reso disponibili spaventose energie che possono essere usate irresponsabilmente (con ogni sorta di arma, atomica o biologica o di altro tipo) mettendo a rischio col pianeta l'intero esperimento vita.

Più tale pericolo cresce, più aumenta la indispensabilità della pace sociale ed istituzionale che potrà basarsi sulla nascita di modelli comportamentali pacifici e solidali che prendano il posto di quelli individualistici e competitivi, che sono stimolati dalla deteriorata industria dell'intrattenimento e dal disorientamento morale provocato dall'abbandono degli statuti tradizionali.

Molti sono i fattori che possono indurre a sperare in una crescita anche civile e, tra gli altri, se ne possono indicare taluni che ci stanno portando verso nuove relazioni sociali ed istituzionali: l'unificazione e la crescita culturale, la fine dell'esplosione demografica che nell'ultimo secolo ha prodotto cento milioni di esseri umani in più ogni anno e l'aumento della ricchezza disponibile.

Recenti rilevazioni demoscopiche indicano che la bomba demografica dello scorso secolo va spegnendosi anche in paesi in via di sviluppo come India e Brasile per effetto di più cause concomitanti: l'adozione da parte delle donne di modelli comportamentali di tipo occidentale, l'entrata delle donne nel mondo del lavoro, le migliorate condizioni igieniche, l'aumento del tasso di sopravvivenza infantile, la maggiore diffusione ed efficacia dei mezzi contraccettivi e la crescita culturale.

Per quanto riguarda la maggiore ricchezza disponibile, derivabile dalle infinite ricerche scientifiche e tecnologiche in corso, si può fare l'esempio del possibile controllo dell'energia ricavabile dalla fusione nucleare, l'energia del sole, un esito che sembra raggiungibile nel volgere del secolo e che potrebbe mettere a disposizione dell'uomo una quantità illimitata di energia pulita.

Inoltre, a mano a mano che la società umana supera il disordine internazionale, è possibile fare un impiego più razionale delle risorse: finirà l'assurda e distruttiva spesa per gli armamenti, liberando ricchezze che potranno essere impiegate utilmente per la crescita dei paesi in via di sviluppo.

Dunque l'attitudine conoscitiva, propria del sistema-vita e del suo intimo programma, nel nostro tempo è sempre più impegnata nella ricerca di sempre più difficili e complesse regolarità della realtà. Se Dio non gioca a dadi col cosmo, come riteneva Einstein, il libro infinito delle leggi universali è ancora da scrivere, la discrepanza tra la vita e la realtà è ancora da colmare.

10. Partecipe di questo spirito scientifico e di apertura sul futuro, questa Rivista tenta di guardare in avanti, di mantenersi al

passo con l'evoluzione delle società umane sempre più evolutive e sempre più interconnesse. Infatti per tener dietro normativamente a tale evoluzione occorre un adeguato ed incessante sviluppo delle regole giuridiche che sia dinamicamente capace non solo di coprire i continui cambiamenti culturali, scientifici, tecnologici, economici, produttivi e sociali, ma anche di tener conto della armonizzazione e della integrazione normativa dell'umanità indotta dalla pacifica rivoluzione istituzionale che si sta affermando con l'Unione Europea, con le varie associazioni regionali tra Stati, con gli Enti e gli Organismi Internazionali e Transnazionali.

Il diritto quale composizione equa, ragionevole e pacifica di ogni conflitto, quale mezzo di organizzazione razionale della società, quale criterio di controllo responsabile delle sperimentazioni avrà nella società della conoscenza un ruolo sempre maggiore e fondamentale.

Il diritto positivo, la giurisprudenza e la politica del diritto tenderanno a sostituirsi non soltanto a nicchie di regolamenti tradizionali e consuetudinari, ma riempiranno sempre più positivamente lo spazio della politica, dell'etica pubblica e della programmazione razionale dello sviluppo della società. I giuristi saranno gli architetti della codificazione dello sviluppo e della convivenza pacifica e la norma non nasconderà ipocritamente il conflitto ma, al contrario, sarà il luogo di incontro tra moralità-razionalità pubblica e politica.

I giuristi avranno una cultura sempre più estesa ed interdisciplinare perché lo strumento della norma giuridica di fonte nazionale, internazionale, sovranazionale e pattizia, regolerà sempre più ogni aspetto della società, ogni relazione, ogni campo di attività in un mondo caratterizzato dall'affievolimento della sovranità degli stati nazionali, dalla modificazione del rapporto tra diritto e territorio e dall'indebolimento dei tradizionali strumenti di controllo, indebolimento dovuto anche alla delocalizzazione e al decentramento causati dalla rete comunicazionale.

I giuristi dovranno anche tenere in conto la stessa progressiva divisione della cultura in ambiti di specializzazione: più aumenta la frantumazione della ricerca in circoscritti campi, più minuti sono i tasselli nei quali viene sezionata ed analizzata la realtà, più diventa anche necessario saper ricomporre il *puzzle* della conoscenza per poter leggere il paesaggio, per poter avere una visibilità generale.

Il giurista, lo studioso del diritto sarà sempre più un operatore culturale che dovrà ricorrere alla sintesi interdisciplinare, dovrà saper mettere continuamente in relazione diritto e sociologia, diritto ed economia, diritto e scienza, diritto e informazione e informatica.

Anche questo studio ha comportato una ricerca di tipo interdisciplinare su molteplici e recenti sviluppi scientifici. Tale ricerca è stata possibile soltanto grazie ad un lavoro di gruppo nel quale si

sono integrate queste competenze: quella giuridico-sociologica, quella biologico-antropologica e quella fisico-informatica.

L'interpretazione provvisoria che abbiamo tentato di dare della *knowledge society* deriva dall'incrocio delle ricerche nelle dette materie e l'interpretazione proposta vorrebbe costituire una nuova chiave di lettura della nostra società globale, una nuova chiave di lettura che ne analizzi e ne anticipi il possibile futuro, che ne ponga in luce i caratteri strutturali.

Possiamo concludere asserendo che la moderna società della conoscenza è una società strutturalmente diversa dai precedenti storici e tale da poter produrre nuovi valori sociali, nuovo pensiero sociale, nuove relazioni sociali, nuovi modelli comportamentali insieme con uno sviluppo esponenziale della conoscenza scientifica.

Già si diffondono comportamenti individuali e collettivi non egoisti, già si sviluppa una nuova moralità pubblica che recupera il valore della difesa della continuità della specie e di tutto l'esperimento vita. Già nascono integrazioni e collaborazioni istituzionali transnazionali, già la norma giuridica prende il posto delle ragioni del vincitore in guerra o nello scontro tra classi sociali nel regolare e nell'ordinare i rapporti tra gli uomini.

È dalle sacche di un oscuro passato di conflitti e di sfruttamenti sociali che possono trovare riviviscenza fattori di crisi, cause di eventi catastrofici, non dal futuro incontro al quale ci spinge la scienza ed il pensiero razionale, la società dell'informazione e dell'informatica.

Riteniamo che le nostre conclusioni non siano né utopistiche, né negative o pessimiste, perché derivano da osservazioni oggettive, da analisi e da dati realisti: abbiamo tentato di mantenere una attitudine mentale imparziale, di formulare un pensiero imparziale.

Diversamente da tale nostro atteggiamento mentale, gran parte della pubblicistica socio-politica sulla nuova società tratta per lo più degli squilibri economici, delle nuove povertà, dell'anarchia internazionale e dei pericoli e dei mali connessi col processo di globalizzazione, facendone soltanto il negativo catalogo, rimpiangendo le precedenti certezze politiche e sociali che sembrano messe in crisi e denunciando la perdita di qualità della vita.

Senza voler negare l'esistenza di tali mali e di tali pericoli, la nostra impressione è che tale riflesso soltanto negativo di fronte alla vorticosa evolutività sia accentuato dal timore che il nuovo e l'imprevedibile suscitano sempre nell'animo umano.

La società dell'informazione e dell'informatica è certamente un mondo complesso e di difficile lettura, una contraddittoria realtà in movimento, piena di rischi e fonte di angoscia, di ansietà, di crisi di identità.

Ma dobbiamo avere consapevolezza anche delle quasi inimmaginabili potenzialità e delle straordinarie opportunità che questo incontenibile sviluppo e questo nuovo mondo ci aprono: potremo

usare questa consapevolezza per tentare di essere all'altezza dei nostri compiti e delle nostre responsabilità.

### BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE.

---

- 1) IMMANUEL KANT, *Per la pace perpetua*, Feltrinelli 1995.
- 2) KARL MANNHEIM, *Ideologia e Utopia*, il Mulino 1965.
- 3) THOMAS KUHN, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, University of Chicago, Einaudi 1995.
- 4) KARL R. POPPER, *Logica della scoperta scientifica*, Einaudi 1970.
- 5) ULRICH BECK, *La società del rischio. Verso una seconda modernità*, Carocci 2000.
- 6) JURGHEN HABERMAS, *La costellazione postnazionale. Mercato globale, nazioni e democrazia*, Feltrinelli 1999.
- 7) CHARLES DARWIN, *L'origine delle specie*, Boringhieri 1977.
- 8) JACQUES MONOD, *Il caso e la necessità*, Mondadori 1974.
- 9) MURRAY GELL-MANN, *Il quark e il giaguaro*, Bollati Boringhieri 2000.
- 10) EVELYN FOX KELLER, *Il secolo del gene*, Harvard College, Garzanti 2001.
- 11) RICHARD DAWKINS, *Il gene egoista*, Oxford University, Mondadori 1989.
- 12) LYNN MARGULIS e DORION SAGAN, *Origins of sex*, Yale University 1986.
- 13) ROGER PENROSE, *The imperor's new mind*, Oxford University, Penguin Books 1989.
- 14) JAMES LOVELOCK, *Le nuove età di Gaia*, Bollati Boringhieri 1991.
- 15) IAN STEWART, *Does God play dice?*, Penguin Books 1997.
- 16) RITA LEVI MONTALCINI, *La galassia mente*, Baldini & Castoldi 2001.
- 17) CARLO RUBBIA e NINO CRISCENTI, *Dilemma nucleare*, Sperling e Kupfer 1987.
- 18) LUCIANO GALLINO, *Globalizzazione e disuguaglianze*, Laterza 2001.
- 19) JEREMY RIFKIN, *La fine del lavoro. Il declino della forza lavoro globale e l'avvento dell'era post-mercato*, Baldini & Castoldi 1997.
- 20) ROBERT K. MERTON, *Teoria e struttura sociale*, il Mulino 1966.