

# MENTE E NATURA

**Domenico Parisi**

## **1. La psicologia: una rivoluzione a metà'**

Il secolo che si è appena concluso ha visto una rivoluzione nello studio della mente. La mente umana è stata analizzata per millenni dai filosofi, i quali l'hanno studiata con il loro tipico metodo che consiste nel formulare teorie che possono essere criticate mediante il ragionamento, la logica, la discussione con i colleghi viventi o morti, ma non messe a confronto con osservazioni empiriche e in questo modo confermate o smentite.

Cosa è successo invece verso la fine dell'Ottocento? E' successo che sono stati creati i primi laboratori sperimentali di psicologia e da allora è nata una scienza della mente. Sono state formulate teorie che potevano essere assoggettate all'osservazione diretta dei comportamenti, delle capacità, della vita mentale, mediante il metodo sperimentale: osservazione dei fenomeni in condizioni controllate, manipolazione delle variabili, ripetibilità delle osservazioni, metodo quantitativo, analisi e misurazione dei fenomeni. Questo è il metodo delle scienze della natura che già da due-tre secoli, dal Seicento, avevano adottato questo approccio, segnando l'inizio della scienza moderna: teorie, possibilmente quantitative, ma soprattutto verifica empirica mediante l'osservazione in laboratorio. Nel corso del Novecento anche lo studio della mente ha fatto questo passo, avvicinandosi alle scienze della natura in quanto ne adottava lo stesso metodo.

Tuttavia la rivoluzione della psicologia è stata soltanto una rivoluzione a metà, una mezza rivoluzione. E' vero che dal punto di vista metodologico gli psicologi usano gli esperimenti di laboratorio in modo simile a come fanno i fisici, i chimici e i biologi, ma dal punto di vista teorico, cioè dal punto di vista dei concetti che adoperano per interpretare i fenomeni della mente, essi usano concetti che non sono quelli delle scienze della natura, cioè della fisica, della chimica e della biologia. Inoltre, anche se quantificano e misurano i fenomeni che osservano, l'impressione è che per gli psicologi l'aspetto quantitativo sia un aspetto superficiale dei fenomeni della mente, i quali conservano una loro natura intrinseca che è di tipo qualitativo, non quantitativo. Gli scienziati della natura interpretano i fenomeni di cui si occupano come fenomeni in cui tutto quello che accade è esclusivamente cause fisiche che producono effetti fisici, e sia cause che effetti hanno una natura intrinsecamente e fino in fondo quantitativa. Invece gli psicologi, tutta la psicologia, tutte le scuole psicologiche del '900 hanno continuato a usare un vocabolario concettuale distinto da quello delle scienze della natura, un vocabolario che parla di entità e di processi "mentali" che posseggono un carattere inerentemente simbolico piuttosto che fisico, qualitativo piuttosto che quantitativo.

Questa diversità concettuale, teorica, della psicologia rispetto alle scienze della natura si è addirittura accentuata nel corso del Novecento. Quella che è stata chiamata la rivoluzione cognitiva degli anni Cinquanta, fondata sull'analogia fra la mente e il computer, ha trovato nel computer un sostegno a favore dell'idea che per studiare la mente servono concetti diversi da quelli che usiamo per studiare il cervello e il resto del corpo. Nel caso del computer i concetti che usiamo per analizzare e costruire il software sono completamente diversi da quelli che usiamo per analizzare e costruire l'hardware. Secondo la scienza cognitiva lo stesso vale per la mente da un lato e il cervello e il resto del corpo dall'altro. Del software del computer si occupa l'informatica, una disciplina concettualmente indipendente e autonoma dalla fisica (elettronica) che si occupa dell'hardware. Allo stesso modo della mente deve occuparsi la psicologia o la scienza cognitiva, discipline concettualmente indipendenti e autonome dalle neuroscienze e dalle altre scienze biologiche che si occupano del cervello e del resto del corpo. Il computer è in un certo senso una macchina dualistica, fatta di due cose diverse da studiare con concetti diversi. Se è corretta l'analogia tra la mente e il computer (anzi il software

del computer), allora anche gli esseri umani sono qualcosa di dualistico. L'analogia mente=computer rafforza e legittima l'antico dualismo filosofico.

E' per questo che la rivoluzione scientifica della psicologia del Novecento e' stata una rivoluzione a metà. Si e' trattato di una rivoluzione che ha unificato la psicologia con le scienze della natura solo dal punto di vista del metodo (il metodo quantitativo e sperimentale), ma dal punto di vista concettuale la psicologia ha continuato a tenersi alla larga dalle scienze della natura.

## **2. Si puo' completare la rivoluzione?**

Verso la fine del Novecento, tuttavia, cioe' negli ultimi uno o due decenni, ci si e' cominciat a porre questa domanda: la rivoluzione puo' essere completata? E' possibile studiare la mente usando non solo gli strumenti metodologici che vengono usati nelle scienze della natura ma anche gli strumenti concettuali di queste scienze, cioe' in sostanza la loro visione della realta' come composta esclusivamente da cause fisiche che producono effetti fisici? Oggi si puo' dire che il compito piu' importante della scienza della mente nel XXI secolo sara' proprio quello di dare una risposta a questa domanda.

In effetti verso la fine del Novecento hanno fatto la loro comparsa i primi strumenti teorici che fanno intravedere la possibilita' di completare la rivoluzione scientifica della psicologia. Il piu' importante di questi strumenti teorici sono le reti neurali artificiali, modelli simulati al computer che vogliono spiegare il comportamento e l'attivita' mentale degli organismi, inclusi gli esseri umani, come consistenti esclusivamente in cause fisico-chimiche che producono effetti fisico-chimici.

Una rete neurale e' formata da unita' che rappresentano in modo schematico e semplificato dei neuroni e da connessioni che rappresentano le sinapsi tra neuroni (Rumelhart e McClelland, 1991). Attraverso le connessioni una unita' puo' influenzarne un'altra, cioe' puo' influenzarne il livello di attivazione che varia da momento a momento. La rete riceve un input dall'esterno, che significa che particolari cause fisiche o chimiche fuori della rete determinano il livello di attivita' delle unita' di input della rete. L'attivazione si propaga alle unita' interne attraverso le connessioni fino a raggiungere le unita' di output della rete, determinandone un particolare pattern di attivita'. Il pattern di attivita' delle unita' di output causa degli effetti fuori della rete: movimenti dei muscoli, produzione di sostanze chimiche che vanno a influenzare il resto del corpo, ecc.

I pesi sulle connessioni possono modificarsi nel corso dell'esperienza. I pesi sulle connessioni rappresentano il numero e l'importanza dei siti sinaptici attraverso i quali il neurone pre-sinaptico influenza il neurone post-sinaptico in quanto il neurone pre-sinaptico produce particolari molecole chimiche chiamate neurotrasmettitori che vengono accolte nei siti sinaptici del neurone post-sinaptico. La modificazione dei pesi delle connessioni determina l'apprendimento. Poiche' il modo in cui una rete neurale risponde all'input dipende da tale input e dai pesi delle sue connessioni, il modificarsi dei pesi fa si' che la rete apprenda, cioe' risponda in modo diverso a uno stesso input nel corso dell'esperienza.

In una rete neurale non avviene nulla che non siano cause fisico-chimiche che producono effetti fisico-chimici e da questo punto di vista le reti neurali rappresentano una totale integrazione della scienza del comportamento e della vita mentale all'interno delle scienze della natura. Le reti neurali non fanno riferimento a entita' o a processi "mentali" o a simboli o a regole per manipolare simboli, come hanno fatto la psicologia e la scienza cognitiva fino ad oggi, ma soltanto a processi che hanno natura intrinsecamente e fino in fondo quantitativa e che consistono soltanto in cause fisiche che producono effetti fisici. Tutto quello che avviene dentro le reti neurali non e' che questo: pattern di attivazione di gruppi di unita' causano pattern di attivazione in altri gruppi di unita'.

Le reti neurali sono modelli semplificati del sistema nervoso, e questo e' talvolta usato come un argomento contro la validita' delle reti neurali. Ma questo argomento

si basa su una incomprensione della natura delle reti neurali o della natura delle teorie e della spiegazione nella scienza. Le reti neurali sono teorie e sono teorie simulate, cioè formulate non, come avviene tradizionalmente nella scienza, mediante le parole o le formule matematiche ma sotto forma di programmi che “girano” nel computer. Nella scienza il ruolo delle teorie è quello di spiegare, cioè di formulare delle ipotesi sulle cause, i meccanismi e i processi che stanno dietro i fenomeni e li spiegano. Ma le teorie spiegano proprio perché semplificano, identificando l'essenziale nei fenomeni. Il problema perciò non è che le reti neurali, come tutte le teorie nella scienza, semplificano, ma che le semplificazioni siano quelle giuste, cioè che la teoria/simulazione lasci fuori gli elementi non rilevanti per i fenomeni che si vogliono spiegare e includa gli elementi importanti.

Più recentemente le reti neurali sono diventate parte di un'impresa più ampia che si chiama Vita Artificiale (Parisi, 1999). La Vita Artificiale è il tentativo di spiegare con modelli simulati al computer tutti i fenomeni del mondo vivente, non soltanto quelli del sistema nervoso e del comportamento. Le reti neurali, quando sono interpretate come un capitolo di questa impresa più ampia, hanno diverse caratteristiche che le differenziano dalle normali reti neurali. Quali sono queste differenze? All'interno della Vita Artificiale le reti neurali vengono viste come sistemi che controllano il comportamento di organismi che hanno un corpo con delle dimensioni, delle caratteristiche morfologiche, una certa disposizione fisica degli organi sensoriali e motori, degli organi e dei sistemi interni al di là del sistema nervoso. Gli organismi vivono in un ambiente fisico interagendo con tale ambiente fisico, e posseggono un materiale genetico che ereditano dai genitori e che è il risultato di un lungo processo di evoluzione biologica che è avvenuto all'interno della popolazione a cui appartiene il singolo individuo. Quindi in una simulazione di Vita Artificiale, diversamente dalle simulazioni con le normali reti neurali, il programma che “gira” nel computer e che incorpora il modello teorico riproduce non un solo organismo ma un'intera popolazione di organismi, ciascuno con il suo corpo avente determinate caratteristiche fisiche, dentro questo corpo vi è una rete neurale che riproduce il sistema nervoso che controlla il comportamento dell'organismo e un patrimonio genetico ereditato da ogni individuo alla nascita, gli organismi vivono in un ambiente avente determinate caratteristiche, e la popolazione è soggetta alla riproduzione selettiva degli individui e all'aggiunta costante di nuova variabilità dovuta alle mutazioni genetiche e alla ricombinazione sessuale, che insieme determinano l'evoluzione biologica della popolazione.

I modelli della Vita Artificiale appaiono in grado di fornire una spiegazione interamente naturalizzata del comportamento, dove naturalizzata significa formulata in termini degli stessi concetti usati dalle scienze della natura, e quindi ci si può aspettare che la Vita Artificiale realizzi la seconda meta' della rivoluzione scientifica avviata dalla psicologia e inauguri una scienza della mente che non condivide soltanto gli strumenti metodologici, il metodo sperimentale e l'analisi quantitativa dei fenomeni, ma anche l'apparato concettuale delle scienze della natura.

### **3. Misteri e problemi nello studio della mente**

Una delle promesse della Vita Artificiale è che essa sarà in grado di trasformare in normali problemi scientifici quelli che attualmente nello studio della mente appaiono come dei misteri. Che cosa sono i misteri nella scienza? Sono delle domande a cui vorremmo trovare una risposta ma per le quali l'attuale apparato di concetti di cui disponiamo non è in grado, in linea di principio, di dare una risposta. Invece un normale problema scientifico è una domanda per la quale non abbiamo ancora una risposta ma per la quale i nostri concetti sono in linea di principio capaci di fornire una risposta. Ora nello studio della mente ci sono ancora molti misteri, come sanno benissimo i filosofi, i quali sono particolarmente interessati ai misteri mentre gli scienziati sono più interessati ai problemi.

Quali sono questi misteri? Uno dei misteri più noti è questo: come è possibile che un corpo e una mente interagiscano tra loro, che il corpo influenzi la mente e la mente il corpo, dato che corpo e mente appaiono cose così diverse? Cartesio aveva

cercato di fare delle ipotesi a questo proposito chiamando in casa la ghiandola pineale ma già a quel tempo c'era chi sosteneva che il modo con cui la mente e il corpo interagiscono è qualcosa che resterà sempre fuori della portata della comprensione umana. Il corpo (o il cervello) e la mente appaiono così diversi, fatti di cose così diverse, che la scienza non sembra avere strumenti per spiegare in che modo l'uno possa influenzare l'altra.

Un altro mistero è come è possibile che vi siano due realtà, una realtà privata e una realtà pubblica. Gli esseri umani vivono palesemente in due realtà ma non è chiaro come la scienza possa dar conto di questo dividersi della realtà complessiva in cui ciascuno di noi vive in due parti di cui una è solo mia, di Domenico Parisi e di nessun altro, e l'altra è di tutti noi dentro quest'aula. Poi, ancora, e' un mistero come sia possibile che un organismo abbia una vita mentale in aggiunta al semplice comportamento, come succede per gli esseri umani. Noi essere umani abbiamo una vita mentale, dei pensieri, dei ricordi, delle immaginazioni, dei sentimenti, mentre alla formichina che cammina sul pavimento probabilmente ci limiteremmo a attribuire un comportamento ma non una vita mentale.

Altro mistero. Come è possibile che alcuni input alla rete neurale, al sistema nervoso, siano "sentiti" dall'individuo, mentre altri ci sono ugualmente ma non sono "sentiti" dall'individuo? E ancora: come è possibile che un individuo che ha dei problemi psicologici possa essere aiutato da due cose così diverse come sono, da un lato, la "cura di parole" in cui consiste la psicoterapia e, dall'altro, uno psicofarmaco che contiene certe molecole chimiche? Cosa hanno in comune le parole con le molecole chimiche che spiegano il fatto che possono avere effetti simili?

Questi sono tutti misteri, nel senso che abbiamo detto, cioè domande a cui la scienza oggi non sembra in linea di principio essere in grado di dare una risposta. Quello che ci aspettiamo dalla Vita Artificiale e' che la Vita Artificiale trasformi questi misteri in normali problemi scientifici e cominci a fornire le risposte.

Prendiamo le relazioni tra il corpo e la mente. Il corpo e la mente di fatto interagiscono, si influenzano a vicenda. Io ho un pensiero e come conseguenza il mio stomaco si contrae. Oppure il mio stomaco si contrae e come conseguenza mi viene un pensiero, una preoccupazione. Ma come facciamo ad interagire lo stomaco e il pensiero è un mistero finché si analizza il corpo in termini di cause fisiche che producono effetti fisici e la mente come "rappresentazioni mentali", regole, simboli, scopi, intenzioni, oppure anche sensazioni, percezioni, cioè con il vocabolario della psicologia. Un tipico manuale di psicologia (si veda ad esempio Darley, Glucksberg e Kinchla, 1998) contiene un singolo capitolo in cui si spiegano che cosa e' e come funziona il sistema nervoso: neuroni, sinapsi, divisioni del cervello in aree e sotto-aree, ecc. Tutti gli altri capitoli sono dedicati alla sensazione, alla percezione, all'apprendimento, al ragionamento, al linguaggio, cioè alle parti fondamentali in cui si articola la psicologia. Quello e' interessante e' che il vocabolario usato in questi capitoli "psicologici" non ha nulla a che fare con il vocabolario che è stato usato in quell'unico capitolo che si occupa del sistema nervoso. Ma allora perché parlare del sistema nervoso? E in effetti i manuali più recenti (ad esempio, Anolli e Legrenzi, 2001) semplicemente non hanno più anche l'unico capitolo dedicato al sistema nervoso.

Il problema di questo modo di procedere e' che le interazioni e le influenze reciproche che tutti osserviamo tra il corpo e la mente rimangono un mistero scientifico. La Vita Artificiale, le reti neurali, dissolvono questo mistero in quanto spiegano sia il corpo che la mente usando uno stesso tipo di concetti. Il cervello e' un insieme di cellule nervose (le unità della rete neurale) che si influenzano le une con le altre attraverso le sinapsi (le connessioni della rete neurale), la mente non e' che il risultato globale di tutte queste interazioni locali. Le interazioni fra il corpo e la mente cessano di essere un mistero perché in tutti e due i casi si tratta di effetti fisico-chimici di cause fisico-chimiche. La mente e il corpo possono interagire in modo non misterioso semplicemente perché si e' trovato un terreno comune, un unico apparato di concetti con il quale analizzare sia l'uno che l'altra. Naturalmente restano i problemi di spiegare nel dettaglio e in ciascun caso particolare in che

modo, dove e perché si producono i diversi comportamenti, i diversi aspetti della vita mentale, cioè tutti i fenomeni descritti nei diversi capitoli del manuale di psicologia. Ma il mistero di come un corpo fisico possa interagire con una mente non fisica scompare.

Passiamo ora al mistero del pubblico e del privato. Come è possibile che se adesso io ho mal di denti, il mal di denti lo sento solo io e voi qui nell'aula non lo sentite, mentre le parole che dico le sentiamo tutti, questa aula la vediamo tutti? Nella vita di tutti c'è continuamente questa doppia realtà: una privata, accessibile solo a me, e una realtà condivisa, una realtà pubblica. Questo è un fatto e la scienza deve fare i conti con questo fatto e spiegarlo. Che cosa ci dicono le reti neurali e la Vita Artificiale?

Tutto comincia da pattern di attivazione nelle unità di input della rete neurale. Questi pattern di attivazione, l'abbiamo detto, sono effetti di cause esterne, fisiche, come la luce che entra dalla finestra, si riflette sul muro e arriva ai nostri recettori visivi, o chimiche, come le molecole che si sprigionano dal profumo dentro a una bottiglia e arrivano ai nostri recettori olfattivi. Queste cause possono stare fisicamente fuori del nostro corpo, nello spazio esterno al corpo, o possono stare dentro al corpo, come quando sento mal di denti, o addirittura dentro alla stessa rete neurale, quando la rete neurale autogenera quella che chiamiamo una immagine mentale o un ricordo. La differenza è che per ragioni puramente fisiche le cause che stanno fuori del corpo, come la luce e il profumo, possono produrre input per le reti neurali di tutti gli individui che siano sufficientemente vicini, quelli che stanno dentro questa aula o che sono vicini alla bottiglia di profumo, mentre le cause che stanno fisicamente dentro al corpo, quelle che producono il mal di denti o l'immagine visiva, possono produrre input solo per la rete dell'individuo che ha quel corpo. Tutto qui. Quello che succede è la stessa cosa in entrambi i casi ma per ragioni puramente fisiche alcuni input sono pubblici e altri privati. I primi danno luogo alla realtà pubblica, i secondi alla realtà privata.

È chiaro che la scienza, siccome ha delle sue regole del gioco che la distinguono dalle altre attività umane, in particolare il fatto di dover fare affidamento su osservazioni ripetibili e effettuabili da chiunque, si trova più a suo agio con la realtà pubblica che con quella privata. Ma non è compito della scienza dire che è vera solo la realtà pubblica, oggettiva, e non è vera la realtà privata, soggettiva. Tutte le realtà per la scienza sono ugualmente vere, legittime e esistenti. Il punto è che quando la scienza dovrà studiare quei fenomeni della realtà che, per le ragioni che abbiamo visto e che non sono affatto misteriose, sono privati e soggettivi, dovrà fornirne una spiegazione di carattere pubblico. È quello che fanno le reti neurali quando dicono che certe cause, per ragioni fisiche, producono un input per una sola rete reale e quindi danno luogo a una realtà privata, mentre altre, per ragioni altrettanto fisiche, producono input per molte reti neurali, e quindi danno luogo alla realtà pubblica.

Un altro mistero è la vita mentale. Gli organismi più semplici, la formichina di cui abbiamo parlato prima, hanno solo comportamenti: la loro rete neurale riceve input dall'esterno, dall'ambiente esterno o anche da dentro al corpo, e produce reazioni verso l'esterno. La loro rete neurale è una rete "forward", in avanti: l'attivazione comincia dalle unità di input e va in avanti fino a raggiungere le unità di output. Gli esseri umani, oltre ai comportamenti, hanno anche una vita mentale, cioè hanno immagini visive, pensieri, progetti, ricordi, sentimenti. Questo è dovuto al fatto che hanno una rete neurale più complicata in quanto è una rete neurale capace di autogenerare i suoi stessi input. La rete contiene connessioni all'indietro, "backward", che dagli strati di unità interne più vicine all'output motorio tornano indietro verso gli strati di unità interne vicine alle unità di input sensoriale. In questo modo la rete neurale autogenera i suoi stessi input, cioè pattern di attivazione se non proprio delle unità di input almeno di unità vicine alle unità di input, e risponde a questi input autogenerati trasformandoli come fa per tutti gli input. Così una immagine visiva è un pattern di attivazione interno simile a quello normalmente suscitato da un pattern di input visivo esterno, solo che il pattern di attivazione nell'immagine visiva è autogenerato dalla rete stessa, non da cause esterne. Se vedo il Colosseo con i miei occhi, è la luce che si riflette sul Colosseo e

che raggiunge i miei occhi che causa quello che vedo. Se sono lontano dal Colosseo e me lo immagino, ho una immagine visiva del Colosseo, il pattern di attivazione interno non e' piu' prodotto dalla luce e dal Colosseo che sta la' fuori, ma e' autogenerato dalla mia rete neurale.

Questa e' la vita mentale, nella quale un ruolo importante hanno quegli input uditivi autogenerati che sono normalmente causati dalle parole del linguaggio pronunciate da qualcuno, io stesso o un altro. Per questo la vita mentale e' collegata molto al linguaggio. Ed e' collegata anche alla coscienza, per cui si puo' supporre che siano i circuiti che producono gli input autogenerati quelli che sono danneggiati quando si hanno i problemi di mancata consapevolezza di cui parlava Umiltà stamattina, mentre non sono danneggiati altri circuiti che invece non hanno bisogno di questo tipo di ricorrenze all'indietro e che sono quelli che producono la "visione cieca" (blindsight) di cui anche si parlava stamattina, in cui in qualche modo si vede ma non si ha coscienza di vedere. Il cervello umano e' ricco di queste connessioni e di questi circuiti all'indietro che lo mettono in grado di autogenerare i suoi stessi input, una caratteristica che forse non e' molto antica e potrebbe risalire appena al Paleolitico superiore, 40.000 anni fa.

Naturalmente la vita mentale fara' parte della realta' privata, non di quella pubblica. Perché? Per le ragioni che abbiamo detto prima. I circuiti all'indietro che sono responsabili della vita mentale producono input autogenerati per una sola rete neurale, quella dell'individuo il cui cervello sta autogenerando quegli input. Se ho una immagine, visiva, un ricordo, un sentimento, ce l'ho solo io, non tu anche se mi stai vicino. Perché tu ne possa sapere qualcosa la mia rete neurale deve generare degli output motori, parole o espressioni, che produrranno input per chiunque sia abbastanza vicino, a cominciare da te. Così, in un certo senso, la realta' privata puo' diventare pubblica.

Per ragioni di spazio non possiamo occuparci di un altro mistero della mente, quello del perché e del come alcuni eventi che accadono dentro al corpo sono "sentiti" mentre altri avvengono senza che la persona ne abbia alcuna conoscenza. Ci limitiamo a indicare una direzione in cui cercare una possibile spiegazione di questa differenza. In ogni istante alla rete neurale di un organismo giungono molti input diversi, ciascuno dei quali potrebbe richiedere un suo diverso output, cioè una diversa risposta dell'organismo. Poiché l'organismo puo' dedicarsi solo a una risposta alla volta, l'organismo ha bisogno di un meccanismo di selezione che metta a tacere la maggior parte degli input in modo da lasciare che solo uno di essi determini la risposta dell'organismo. Gli eventi "sentiti" sono gli input che "alzano la voce" proprio in modo da farsi sentire e vincere la competizione con gli altri input.

Vediamo invece un ultimo mistero e come la Vita Artificiale e le reti neurali possono trasformarlo in un normale problema scientifico. Una persona che abbia dei disturbi psichici puo' essere aiutata in due modi, attraverso la psicoterapia e attraverso la somministrazione di psicofarmaci. Nel primo caso quello che arriva alla persona sono stimoli sensoriali, le parole e il comportamento non verbale dello psicoterapeuta, le sue proprie parole nella seduta psicoterapeutica, lo stesso ritualismo della seduta psicoterapeutica. Nell'altro caso nel corpo della persona entrano delle particolari molecole chimiche. Come e' possibile che azioni esterne così diverse possano avere tutte e due effetti benefici sulla salute mentale del paziente?

Le reti neurali sono modelli che possono spiegare entrambi i tipi di azione, l'azione della psicoterapia e quella degli psicofarmaci. Finora ho parlato solo di un tipo di azione esterna che puo' influenzare quello che succede dentro a una rete neurale. Delle cause fisico-chimiche esterne producono un pattern di attivazione nelle unita' di input della rete neurale e questa attivazione si propaga nella rete neurale attraverso le connessioni che collegano un'unita' a un'altra. Sappiamo anche che un effetto di questa circolazione dell'attivazione all'interno della rete e' che si modificano in determinati modi i pesi sulle connessioni, dando luogo a quello che si chiama apprendimento. La rete ne risulta permanentemente modificata nel senso che in futuro quando sara' esposta agli stessi input la sua risposta sara' diversa.

Ma c'è un altro tipo di azione che dall'esterno può influenzare una rete neurale. La rete neurale è un sistema fisico-chimico e il propagarsi dell'attivazione nella rete o il modificarsi dei pesi sulle connessioni della rete nell'apprendimento non sono altro che processi di causa e effetto di natura fisico-chimica. Uno psicofarmaco, ingerito o iniettato, sono delle molecole chimiche che agiscono su questo sistema e lo influenzano. In che modo? Ad esempio modificando alcuni parametri di funzionamento di parti della rete neurale come la soglia di attivazione delle unità o aumentando o diminuendo i pesi di tutte le connessioni in certe parti della rete.

I due tipi di azione sono diversi e la loro diversità può spiegare perché, anche se sia una psicoterapia che degli psicofarmaci possono aiutare un paziente, tuttavia gli effetti sono diversi nei due casi. La psicoterapia, che consiste in input sensoriali per la rete neurale, agisce attraverso una azione specifica (i particolari pattern di attivazione sulle unità di input della rete neurale) che ha effetti specifici (i particolari output, inclusi gli input autogenerati dalla rete, le particolari modificazioni dei diversi pesi in cui consiste l'apprendimento). Le modificazioni che ne risultano nel paziente sono più lente da ottenere (si consideri la lunghezza di una psicoterapia), ma sono più a lungo termine e tendono a rimuovere le cause profonde del disagio del paziente in quanto modificano l'insieme di pesi che è il risultato di tutte le esperienze e di tutti gli apprendimenti passati del paziente che hanno prodotto il suo attuale disagio. Inoltre l'azione della psicoterapia, proprio perché opera sull'insieme dei pesi della rete neurale che in un certo senso costituiscono la particolare personalità del paziente, è una azione individuale che deve tener conto del particolare paziente e ha effetti che variano molto con il particolare paziente.

Gli psicofarmaci agiscono in modo diverso. Essi agiscono in modo diffuso sulla rete neurale, inducendo modificazioni in un certo senso aspecifiche, con effetti più rapidi anche se temporanei (le soglie modificate dallo psicofarmaco tornano entro breve tempo a riprendere i valori precedenti) e che non toccano le cause profonde del disagio del paziente. Inoltre l'azione degli psicofarmaci è molto meno individuale. Uno stesso psicofarmaco può essere somministrato a tutta una categoria di pazienti e i suoi effetti tendono ad essere più o meno gli stessi in tutti i pazienti.

#### **4. Lo studio della mente nel XXI secolo**

Vorrei concludere chiedendomi come sarà lo studio della mente nel XXI secolo. Molto differente dal passato, io credo. Per tre ragioni. Primo perché per la prima volta verrà usato un unico insieme di concetti e di modelli teorici per studiare sia la mente che il cervello e, più generalmente, il corpo. Quindi si stabilirà un campo di ricerca comune per la scienza della mente e per la scienza della natura. Questo completerà la rivoluzione scientifica della psicologia.

La seconda ragione per cui lo studio della mente nel secolo appena cominciato sarà diverso da quello del secolo appena finito è che accanto ai metodi tradizionali della psicologia, in primo luogo il metodo degli esperimenti di laboratorio, si diffonderà l'uso della metodologia delle simulazioni. Le simulazioni sono un importante nuovo strumento di ricerca per tutta la scienza ma esse avranno un impatto rivoluzionario sulle scienze dell'uomo, aiutando queste scienze a superare le loro debolezze e i loro ritardi rispetto alle più solide scienze della natura (Parisi, 2001).

Usare le simulazioni significa esprimere le teorie sotto forma di programma di computer. Le teorie nella scienza sono ipotesi sulle cause, i meccanismi e i processi che stanno dietro ai fenomeni e li spiegano. Tradizionalmente le teorie vengono espresse o a parole o mediante le formule matematiche. Le simulazioni sono un nuovo modo di esprimere le teorie. Una volta incorporata una teoria in un programma, il programma "gira" nel computer e i risultati della simulazione sono le predizioni empiriche derivate dalla teoria. Questo ha enormi vantaggi per scienze, come sono le scienze dell'uomo, inclusa in buona misura anche la psicologia, le cui teorie o mancano del tutto o sono formulate in modo vago, generico, incompleto e tale che da esse è difficile dire quali predizioni empiriche siano derivabili. Esprimere la teoria come programma obbliga, primo, a formulare comunque una

teoria, senza limitarsi a raccogliere e analizzare fatti, come avviene per molti esperimenti degli psicologi, e secondo, a formulare teorie precise, dettagliate, complete, e capaci di generare un gran numero di predizioni empiriche, perché altrimenti la teoria non può essere tradotta in un programma o il programma non può "girare" nel computer.

La terza e ultima ragione per cui la scienza della mente del XXI secolo sarà diversa da quella del XX secolo è anch'essa collegata con il computer. La scienza fino ad oggi ha avuto la tendenza a concepire la realtà come costituita da sistemi semplici, cioè sistemi in cui una causa produce un effetto, l'effetto è più o meno prevedibile data la causa, il sistema è relativamente indipendente dal contesto in cui è collocato, e è o in equilibrio o cambia nel tempo in modi prevedibili. Oggi la scienza sta scoprendo che invece molta parte della realtà è fatta di sistemi complessi, sistemi che hanno le proprietà opposte a quelle dei sistemi semplici. Sono sistemi in cui moltissimi elementi interagiscono tra loro localmente producendo effetti globali non prevedibili anche conoscendo alla perfezione gli elementi e le loro leggi di interazione locale. I sistemi complessi sono poco prevedibili, reagiscono alle perturbazioni esterne in modo non rapportati all'entità di tali perturbazioni, sono difficilmente isolabili dal contesto, non sono praticamente mai in equilibrio e cambiano nel tempo in modo non prevedibili.

Come il metodo sperimentale è il metodo appropriato per studiare i sistemi semplici, le simulazioni con il computer sono il metodo appropriato per studiare i sistemi complessi. Nel laboratorio sperimentale lo sperimentatore isola il fenomeno che vuole studiare dal contesto e manipola una causa alla volta cercando di scoprire gli effetti delle sue manipolazioni. Questa funziona per i sistemi semplici. Per i sistemi complessi solo il computer permette di riprodurre un grande numero di elementi che interagiscono tra loro e di osservare quello che accade, cioè come da tutte queste interazioni emergono le proprietà globali del sistema complessivo.

Le reti neurali e i modelli di Vita Artificiale sono modelli di sistemi complessi. Una rete neurale è un sistema formato da un gran numero di unità che si influenzano localmente attraverso le connessioni che vanno da una unità all'altra e queste interazioni locali emergono quelle proprietà complessive che chiamiamo comportamento e vita mentale. Questo spiega anche perché il completamento della rivoluzione scientifica della psicologia, cioè l'adozione nello studio della mente degli stessi concetti delle scienze della natura, non significherà una riduzione della psicologia alle neuroscienze. Da nessuna conoscenza dei neuroni e, a un livello ancora più basso, della biologia molecolare si potranno dedurre e prevedere i fenomeni del comportamento e della vita mentale. Dai modelli della Vita Artificiale ci si aspetta da un lato che ci mostrino come il comportamento e la vita mentale emergono dai neuroni e in genere dal corpo senza salti concettuali, e nello stesso tempo che ci consentano di studiare il comportamento e la vita mentale come proprietà emergenti e quindi non riducibili ai neuroni e alle molecole che costituiscono i neuroni.

### **Riferimenti bibliografici**

- Anolli, L. e Legrenzi, P. Psicologia generale. Bologna, Il Mulino, 2001.
- Darley, J.M., Glucksberg, M, e Kinchla, R.A. Fondamenti di psicologia. Bologna Il Mulino, 1998.
- Parisi, D. Mente. I nuovi modelli della Vita Artificiale. Bologna, Il Mulino, 1999.
- Parisi, D. Simulazione. La realtà rifatta nel computer. Bologna, Il Mulino, 2001.
- Rumelhart, D.E. e McClelland, J.L. PDP: Microstruttura dei processi cognitivi. Bologna, Il Mulino, 1991.