

ALIA
Revista de Estudios Transversales
Número 6_{05/2017}

Ignacio Marcio Cid **Prologo** p. 2

Francesco Consiglio **Analogie e concetti fluidi:
il progetto Copycat** p. 4

Mosè Cometta **Borghesia e precarietà
identitaria** p. 23

Joshua Beneite Martí **Ramon Margalef,
de lo posible y lo razonable** p. 30

Verna Martínez Martín **El “biopoder”
en Michel Foucault. Emergencia y linaje
de un concepto** p. 52

Ana María Bautista López **El exilio del texto.
De traductione** p. 61



Francesco Consiglio*

Analogie e concetti fluidi: il progetto Copycat

ABSTRACT

L'obiettivo di questo articolo è mettere a fuoco due delle caratteristiche principali della mente: la capacità di formulare *analogie creative*, combinando e reinterpretando in schemi nuovi le informazioni che un soggetto ha a sua disposizione, e la capacità di far *slittare* i concetti in aree semantiche affini.

Il progetto *Copycat* consiste in un software, messo a punto dal gruppo di ricerca F.A.R.G. dell'Indiana University tra gli anni '80 e '90 del secolo scorso, che, partendo da alcune informazioni di base, prova a formulare analogie intelligenti per rispondere a problemi logici circoscritti. Nell'articolo che segue si presenterà un'analisi dettagliata del progetto *Copycat* e dei suoi antecedenti, soffermandosi su alcune intuizioni teoriche ancora utili e stimolanti di questo approccio rappresentazionalista alla struttura e alle dinamiche della mente.

KEYWORDS

Copycat / Hofstadter / Analogie / Concetti fluidi / Intelligenza emergente

1. Introduzione

Qual è la natura del pensiero? Come si formano i concetti e che ruolo giocano nelle dinamiche dell'intelligenza? Può un'intelligenza artificiale sviluppare una creatività cognitiva genuina?¹ Sono quesiti che stanno alla base degli studi portati avanti tra gli anni '80 e '90 del secolo scorso da un gruppo di ricerca americano, molto attivo sul tema della natura e dello sviluppo dei concetti, guidato da Douglas Hofstadter². L'idea, sullo sfondo di una teoria rappresentazionalista della mente, è che, sebbene si forniscano delle regole di base a un software sotto

* Francesco Consiglio è dottorando in Filosofia della Mente presso il Departamento de Filosofía I dell'Università di Granada. Formatosi nelle università di Siena (Laurea Triennale in Filosofia), Parma (Laurea Magistrale in Filosofia) e Salamanca, ha focalizzato i suoi studi principalmente sulla teoria della conoscenza e la filosofia della mente. Più di recente, ha iniziato ad occuparsi di teoria dell'intelligenza collettiva. Ha pubblicato articoli e traduzioni su alcune riviste spagnole di filosofia e ha presentato contributi scientifici in diversi congressi internazionali. Email: drosofil@hotmai.it

1 Sul tema dell'intelligenza artificiale, sul significato del termine "intelligenza" in questo contesto e sul rapporto tra le forme biologiche e quelle artificiali di essa, rimando a un mio articolo: "Fundamentos y debilidades de nuestras creencias acerca de la inteligencia biológica y de la inteligencia artificial", in *Tales. Revista de Filosofía*, numero 6, Madrid 2016, pp. 65-68.

URL <https://asociaciontales.files.wordpress.com/2016/03/revista-tales-nc2ba-63.pdf>

2 Gruppo F.A.R.G. dell'Indiana University, cfr. URL <https://cogsci.indiana.edu/>

forma di programma, questo può individuare soluzioni creative e intelligenti a un problema simbolico che gli viene posto, grazie a un fenomeno di *slittamento concettuale*. In questo senso la natura dei concetti è *fluida* e l'intelligenza è strettamente vincolata alla capacità di individuare sfumature semantiche sottili e, in definitiva, *analogie creative*.

Nelle pagine seguenti analizzeremo la struttura di uno di questi software: *Copycat*. L'idea di base del programma *Copycat* si regge su due pilastri teorici: l'analogia e i concetti (intesi come strutture fluide). Hofstadter esamina esaurientemente il tema in un saggio molto corposo³ dedicato proprio alle analogie creative e ai concetti fluidi.

1.1 Antecedenti

L'indagine di Hofstadter sull'analogia parte da un progetto preliminare a quello di *Copycat*: si tratta del progetto *Seek-Whence*⁴. Come si può evincere dal significato ambivalente del suo nome, esso ha come scopo il “cercare-da dove” venga una data sequenza numerica, il suo perché, la sua ragione di fondo. In questo contesto particolare si tratta di alcune ben definite sequenze numeriche che sottendono una sorta di legge particolare, una norma che le regola in maniera coerente. *Seek-Whence* era studiato per evidenziare le relazioni esistenti tra le varie cifre della sequenza, al fine di rintracciare una sorta di regolarità; ma per evidenziare queste relazioni, esso doveva impegnarsi in una sorta di “comparazione”. È proprio a partire da questa idea di comparazione, molto semplice, praticamente basilare, che a Hofstadter venne in mente il problema dell'analogia.

In linea con i contenuti propri di *Seek-Whence*, l'oggetto di riflessione dei suoi primi quesiti sono stringhe numeriche e analogie tra cifre. Un esempio che rende bene l'idea di questo contesto analogico è quello riportato qui di seguito:

Che cosa, in 12344321, corrisponde al 4 di 1234554321?

Chiamiamo B la prima stringa e A la seconda.

Beh, intanto cosa significa per x corrispondere a 4 in un contesto differente? La risposta Hofstadter l'aveva già data in un suo saggio precedente⁵: il 4 (o meglio il concetto di 4) svolge, in un contesto particolare e ben definito, un *ruolo* altrettanto particolare e ben definito. Quindi per x corrispondere al 4 di A in B significa svolgere in B il *medesimo ruolo* che il 4 svolge in A. La risposta risulta allora immediata all'occhio: in effetti vediamo che il 4 in A è il numero che affianca la coppia di termini centrali, ed è evidente che questo ruolo risulta svolto nella stringa B, la prima delle due, dal 3. Questo che si è qua proposto è un problema di analogia abbastanza semplice. Ma si tratta di una semplicità solo apparente.

Il vero problema non è costituito da quesiti come quello di cui sopra, nei quali il *ruolo* di un oggetto risulta univoco; piuttosto esso si annida in formulazioni molto più complesse di questo genere di quesiti numerici. Un esempio molto valido e oltremodo chiaro di come si possano complicare i termini della questione può essere posto così:

3 Cfr. HOFSTADTER, Douglas R., *Fluid concepts and creative analogies: computer models of the fundamental mechanisms of thought*, New York: Basic Books, 1995; trad. it. Massimo Corbò, Isabella Giberti e Maurizio Codogno (a cura di), *Concetti fluidi e analogie creative*, Milano: Adelphi, 1996.

4 Cfr. anche MEREDITH, Marsha J. Ekstrom, *Seek-Whence: A Model of Pattern Perception*, Bloomington (IN - USA): UMI Dissertation Services, 1986. URL <https://cogsci.indiana.edu/pub/seek-whence.pdf>

5 Cfr. HOFSTADTER, Douglas R., *Metamagical Themas*, New York: Basic Books, 1985; cap. 24.

Che cosa, in 123475574321, corrisponde al 4 di 1234554321?

La prima struttura è nuova; la chiameremo C. La seconda invece già la conosciamo: è ancora A.

Apparentemente il problema sembra di facile soluzione perché costituisce solo una variante di quello precedente; si sarebbe quindi tentati di rispondere 7, senza pensarci troppo. In realtà non è così: mentre entrambe le strutture A e B risultano regolari (delle parabole rovesciate con un apice costituito dalla coppia centrale di numeri), la struttura C presenta una fisionomia molto differente; i due 7 rappresentano in essa i vertici di due cuspidi che si stagliano in ripida ascesa, torreggiando sulle cifre più esterne, mentre la coppia di cinque è quasi la conca del “vulcano” cui dà forma la stringa C⁶. Una struttura così frastagliata spezzetta in più punti quelle funzioni che nelle precedenti strutture, molto più regolari, si accavallavano tutte su di un'unica cifra. Hofstadter individua in questo problema quattro ruoli differenti: 1) vicino spaziale della coppia di numeri centrali; 2) secondo numero più grande all'interno della struttura; 3) predecessore numerico della coppia di numeri centrali; 4) predecessore numerico del numero più grande della struttura. Questi quattro ruoli nella stringa A sono svolti tutti dal 4. In quella, esso è sia il laterale della coppia centrale che il secondo numero più grande della stringa; esso è in predecessore numerico della coppia centrale (i due 5), ma anche il predecessore numerico del numero più grande della struttura. Quel ruolo si scinde, invece, nella struttura C, in cui i quattro punti suddetti sono legati rispettivamente al 7, al 5, al 4 e ad un mancante 6, evidente proprio per la sua lampante assenza.

Lo scopo di presentare assieme i due quesiti suddetti era, dunque, proprio quello di evidenziare come un *ruolo* non sia un contenuto concettuale univoco, ma, al contrario, esso è dotato di un significato largamente polivalente. È difficile il più delle volte, per via di questa ragione, rispondere alla domanda “Cos'è in 1 la x di 2?” proprio perché x può svolgere un numero indefinito di ruoli differenti, che non sempre hanno un corrispettivo biunivoco nell'insieme di comparazione.

Un altro esempio tipico con cui Hofstadter mette in luce questa problematica, è uno tratto dalla vita quotidiana (anche se un quotidiano ormai non più recentissimo): il celebre esempio della *First Lady d'Inghilterra*. Si tratta di un'immagine mentale che acquisisce senso solo se trasposta all'inizio degli anni '80 del secolo scorso, quando Ronald Regan era presidente degli Stati Uniti e Margaret Thatcher il primo ministro inglese: se Nancy Regan è la First Lady negli USA, qual è il suo corrispettivo in Inghilterra? Non si può rispondere semplicemente M. Thatcher o la regina Elisabetta pensando al fatto che esse sono donne come Nancy Regan; bisogna pensare alla funzione che le loro figure svolgono all'interno della struttura dell'analogia. Le due donne inglesi sono figure di spicco e strettamente legate al potere, e forse sono dunque più assimilabili al presidente Regan che a sua moglie, la quale è semplicemente “accanto” alla figura di spicco; dunque due suoi possibili omologhi potrebbero essere Denis Thatcher e il principe Filippo, sebbene siano due uomini. La risposta migliore dipende dunque dalla sfumatura semantica che si vuole usare per leggere l'analogia in modo appropriato.

Con questo esempio Hofstadter esplicita meglio la problematica che è venuta alla luce con l'esempio che coinvolgeva la stringa numerica C: un medesimo elemento può in un contesto K svolgere più funzioni che nel contesto K' sono

svolte da elementi differenti. Questo significa che il *ruolo* (dunque un concetto) ha un orizzonte ben più vasto e contorni ben più sfuggenti di quelli che potrebbe dimostrare apparentemente. Allora viene alla luce il succo della questione: qual è l'immagine che meglio si presta a identificare queste importanti qualità del concetto, questa molteplicità di ruoli che esso è in grado di svolgere? La risposta di Hofstadter è l'*alone*. Un concetto non è un elemento puntiforme localizzato e ben saldo su di un preciso nodo della nostra griglia mentale; esso è molto più simile ad una nebulosa il cui nucleo risiede, sì, su di un nodo ben definito di quella griglia, ma il cui alone s'interseca con quello dei concetti più prossimi, dando forma a numerose sfumature di significati ulteriori.

Ragionando su questo tema, la cosa più immediata che possiamo constatare è l'ampiezza di significato di tutti quei termini che apparentemente sembrano atomici. E se un termine è atomico in una lingua, molto probabilmente si sminuzzerà in molteplici significati in lingue differenti. Questo fenomeno è un esempio tangibile di cosa voglia indicare la definizione "alone di significato", che si riferisce alla nebulosa attorno al nucleo concettuale.

Un ultimo punto saliente da presentare in questa sede introduttiva è quello dello *slittamento concettuale*.

Lo slittamento concettuale consiste nell'intersezione che si verifica in contesti particolari tra due concetti affini e che porta uno dei due a sostituire l'altro, se le condizioni sono opportune. Un esempio molto semplice di questo fenomeno, e col quale ognuno di noi fa spesso i conti, è proprio quello che ci offre l'occasione del *lapsus linguae*⁷. La ragione per cui siamo portati a fondere due termini in un'unica parola, è il fatto che i concetti che esprimono occupano spazi molto vicini nella nostra griglia mentale e quindi è facile mischiare queste parole nella fretta del discorso.

Veniamo infine a *Copycat*. Esso è stato concepito per risolvere problemi strettamente legati all'analogia. I problemi sono formulati in maniera molto simile a quelli con le stringhe numeriche di *Seek-Whence*, ma quelle di *Copycat* sono stringhe alfabetiche. Il programmatore fornisce al sistema un esempio di commutazione alfabetica e questo deve *imitarlo*. Poiché, però, imitare ha un senso piuttosto ampio, saranno molteplici i modi in cui sarà possibile "fare la stessa cosa" seguendo l'esempio del programmatore. Un problema tipico è:

Modifico *efg* in *efw*. Sai "fare lo stesso" con *ghi*?

La risposta potrebbe essere semplicemente *whi*, sostituendo banalmente la *w* alla *g*, oppure potrebbe essere *ghw*, un po' più elaborata poiché sostituisce la *w* alla terza lettera della tripletta.

In un secondo problema quasi isomorfo si ha, invece, questa traccia:

Modifico *efg* in *wfg*. Sai "fare lo stesso" con *ghi*?

Certamente anche in questo caso il programma potrebbe rispondere *whi* oppure *ghw*. La prima risposta non stupisce, non è particolarmente sottile; piuttosto la seconda desta la nostra attenzione: essa è il frutto di un ragionamento tutt'altro che immediato poiché si basa sull'individuazione dell'identità delle *g* delle due triplette comparate; poi bisogna notare che, mentre nella prima tripletta la *g* è la terza lettera, nella seconda essa è la prima. Esse stanno dunque, l'una rispetto

all'altra, in una posizione speculare. Il programma riconosce, allora, in questa coppia il perno della struttura comparativa e in *i* (l'ultima lettera sulla destra della nuova struttura) l'elemento speculare di *e*, il suo corrispettivo. È per questo che *Copycat*, nel “fare lo stesso” di *efg* → *wfg*, sostituisce la *w* alla *i* ottenendo *ghi* → *ghw*.

Il programma, nell'usare le due *g* come “punti di riferimento” e nel coinvolgere le due triplette nelle sue elaborazioni, dimostra un certo livello di astrazione, giungendo ad una conclusione non banale e, potremmo azzardare, piuttosto profonda.

L'oggetto di ricerca del progetto *Copycat* sono, dunque, le diverse risposte fornite dal programma ai quesiti e le ragioni che stanno alla base delle sue scelte, delle sue strategie.

Risulterà di grande interesse vedere se e come vengono trovate delle strade “poco battute”, magari sfuggenti o poco intuitive, soprattutto riflettendo sul fatto che l'intero meccanismo si basa sullo strumento dell'analogia, che è ciò che consente alla mente di comparare due concetti i cui aloni tangenti si compenetrano. Per questa ragione necessita una spiegazione più approfondita della struttura di *Copycat*, delle sue funzionalità e delle sue conquiste. Vedremo tutto questo nel prossimo paragrafo.

2. Il progetto *Copycat*

2.1 I presupposti

Copycat è un programma computazionale progettato per scoprire analogie penetranti. Esso è basato su una rete di slittamento, la quale fornisce una rappresentazione degli aloni concettuali e indica i possibili slittamenti cui questi possono essere soggetti.

La sua architettura non è né simbolica né connessionistica, neppure essa è un ibrido tra le due. Si tratta invece di un'architettura *emergente*: essa, infatti, emerge da una serie di dati computazionali.

L'obiettivo è tentare di capire la fluidità dei concetti e delle percezioni⁸. Un punto saliente di quest'operazione lo accennavamo in precedenza, parlando del “fare la stessa cosa”. L'imitazione è il procedimento basilare di *Copycat* ma, come indicavamo appunto prima, già il medesimo concetto di “stessa” risulta *scivoloso*. Esso slitta in maniera imprevedibile e in questo modo consente il formarsi di un'ampia varietà di analogie differenti. In questo ventaglio trova spazio il vasto parco di strategie risolutive adottate dal programma.

È fondamentale, però, capire cosa ci sia alla base dello slittamento. Ora, nella rete di slittamento, avviene che il concetto A slitta nel concetto B “sotto pressione”, ovvero dev'esserci un elemento che spinga verso lo slittamento, un elemento che sia portatore di “enfasi”. Tale elemento attrae l'attenzione in maniera saliente. Un esempio significativo è quello della trasformazione di un gruppo di successione (una serie) come *aabc*. Il problema è formulato nei termini seguenti:

Modifico *aabc* in *aabd*. Sai fare lo stesso con *ijkk*?⁹

8 «Il progetto *Copycat*, cioè, non riguarda il simulare le analogie di per sé, ma il simulare il punto cruciale della cognizione umana: i concetti fluidi. La ragione per cui il progetto si è incentrato sul fare analogie è che questo processo rappresenta forse la quintessenza dell'attività mentale che richiede la fluidità dei concetti; la ragione per cui il progetto restringe i suoi modelli a un dominio così piccolo è che in tal modo le questioni generali possono rivelarsi in modo chiaro, molto più chiaro che in un dominio del “mondo reale”, a dispetto di ciò che si potrebbe pensare a prima vista». Cfr. id., p. 228.

9 Cfr. id., p. 226 e ss.

Le risposte che si potrebbero fornire a questo quesito (e che il programma stesso fornisce) sono numerose. Tralasciando quelle basate su sostituzioni banali (es. $ijkk \rightarrow ijkl$, oppure $ijkk \rightarrow ijkd$), sovviene alla mente una soluzione piuttosto sottile che implica non uno, ma ben due slittamenti concettuali. Qua la pressione che favorisce lo slittamento è data dalla doppia coppia **aa** e **kk**; è su di questa che cade l'enfasi della struttura. Due elementi identici (lo avevamo visto anche sopra col caso delle due **g**) attraggono facilmente l'attenzione e lo fanno, a maggior ragione, quando di elementi identici ce n'è più d'uno. Oltre ad essere elementi notevoli per il principio d'identità che le evidenzia, le due coppie saltano all'occhio perché si trovano rispettivamente agli estremi opposti del gruppo ($abc \leftrightarrow ijk$). Questa loro stretta relazione può essere colta solo con un elevato livello di astrazione ed esercitata, una volta colta, una forte pressione a far slittare il concetto di estremo sinistro di **aa** in quello di estremo destro di **kk**. La struttura è speculare e i punti di riferimento sono i due estremi; la conseguenza principale è che l'ordine progressivo va verso il centro, quindi l'ordine che a sinistra del centro è crescente, alla sua destra diviene decrescente (secondo slittamento concettuale), ovvero se $abc \rightarrow abd$ allora $ijkk \rightarrow hjkk$.

Quest'esempio fornisce dunque una buona idea di ciò che s'intende parlando di *fluidità mentale*, ovvero la capacità di cogliere differenti sfumature di significato o applicare letture nuove e creative a vecchi schemi concettuali.

Principio d'identità e principio di successione sono sufficienti a creare una varietà inesauribile di strutture.

Un altro elemento importante che possiamo individuare tra i costituenti di *Copycat* è quello della *percezione*. Cielo platonico (la rete concettuale di slittamento) e mondo fisico di *Copycat* (lo spazio di lavoro, di cui tratteremo estesamente più oltre) interagiscono tramite i processi psicologici di percezione e astrazione. La percezione risulta fondamentale ai fini della comparazione. Una tra le idee principali del progetto è che tutti gli atti mentali assomiglino in modo decisamente profondo alla percezione. Vedremo a breve qual è il suo ruolo nell'economia strutturale del programma. Per adesso basti questa definizione:

«L'essenza della percezione consiste nel risvegliarsi dalla dormienza di un numero relativamente piccolo di concetti importanti – proprio quelli che hanno rilievo. L'essenza della comprensione di una situazione è molto simile; si tratta del risvegliarsi dalla dormienza di un numero relativamente piccolo di concetti importanti, di nuovo proprio quelli rilevanti, da applicare con prudenza, così da riuscire a identificare le entità, i ruoli e le relazioni chiave di ogni situazione»¹⁰.

Percepire significa, dunque, “risvegliare dalla dormienza”, ovvero porre l'attenzione, su quei concetti salienti che rappresentano i cardini del dominio. Di conseguenza comprendere questo dominio significa porre l'attenzione proprio su quei concetti rilevanti di modo che, applicandoli in maniera adeguata, si possano identificare correttamente i ruoli e le relazioni chiave della situazione presa in esame. Ancora, dunque, come già si diceva precedentemente, sono i ruoli degli elementi e le loro relazioni mutue, reciproche, il nodo centrale del problema. A questo livello del riconoscimento percettivo si colloca l'analogia.

La creatività, dice Hofstadter, consiste proprio in una raffinatissima selettività di questo genere: cioè, trovandosi di fronte ad una situazione nuova, essa implica il sovvenire a livello inconscio di un insieme ristretto di concetti che calza a pennello

adattandosi a quella situazione, senza che sia considerata, a livello conscio, una pletora di elementi irrilevanti e totalmente trascurabili rispetto al dominio.

Finora abbiamo esposto i presupposti del progetto *Copycat*. Veniamo ora a prenderne in esame la struttura, soffermandoci sui suoi componenti.

2.2 La struttura e il suo funzionamento

La struttura del sistema che stiamo trattando si compone di tre sezioni fondamentali:

- a) Una rete di slittamento;
- b) Uno spazio di lavoro;
- c) Un “appendicodici”.

La rete di slittamento costituisce anche una sorta di memoria a lungo termine di *Copycat*, mentre lo spazio di lavoro si configura come il luogo in cui avviene l'attività percettiva; infine l'appendicodici si presenta come una sorta di agenda nella quale vengono messi in lista d'attesa i compiti che devono essere eseguiti; essa è, quindi, una sorta di memoria a breve termine del programma.

La rete di slittamento si presenta come una griglia i cui nodi sono i concetti. La distanza numerica tra due nodi è equivalente alla distanza tra due concetti. I legami che congiungono tra loro i nodi adattano dinamicamente la propria lunghezza; e infatti le distanze concettuali variano al variare della situazione percepita. Bisogna quindi notare che un particolare giudizio percettivo favorisce alcuni slittamenti e ne inibisce di altri.

Ogni concetto è dotato di un grado di *profondità concettuale* (es. “opposto” è un concetto più profondo di “successore”). La profondità di un concetto è legata all'ampiezza della gamma esemplificativa in cui quel concetto può darsi, all'ampiezza dello spettro di significati che gli compete. In generale si potrebbe dire che più un concetto è ampio e sfuggente (meno univocamente definibile¹¹), più è profondo. Pure, più è profondo un concetto e più si avvicina, così, all'essenza della situazione, trascendendone l'esempio particolare.

I concetti più profondi, una volta percepiti, influenzano la percezione con un peso maggiore rispetto a quelli più immediati, che vengono in seguito tralasciati. Un concetto profondo non è semplicemente la descrizione di un oggetto particolare ad un elevato grado di astrazione; esso è piuttosto riferito alla *situazione* stessa cui è applicato (es. “opposto” non indica un oggetto, ma una relazione, quindi una situazione intera e complessa).

È importante notare che più un concetto è profondo, più esso è restio a slittare in un altro concetto che gli è prossimo. Sono i concetti superficiali quelli che slittano con maggiore facilità.

Due concetti vicini s'influenzano facilmente e generalmente, perché questo avvenga, essi non devono essere molto profondi proprio per la ragione che occorre una complessità ridotta perché un concetto finisca nell'alone di un altro; infatti se la complessità è troppo elevata il concetto si riferisce probabilmente ad una relazione più che ad un oggetto particolare (come detto sopra).

Bisogna notare che proprio per il fatto che i legami tra i nodi concettuali sono dinamici, la rete è soggetta a continuo mutamento per adeguarsi alle mutate condizioni dei legami internodali e alla nuova situazione.

11 Qua proprio nel senso latino del termine che è delimitare, chiudere in confini.

L'alone concettuale è una sorta di nube stocastica, che rappresenta le probabilità di slittamento del concetto. Questo non si limita, dunque, al solo nodo puntiforme, ma include la nube probabilistica che si sviluppa attorno ad esso.

Comunque bisogna notare che nella rete di slittamento molte nubi si sovrappongono e s'intersecano in modo variabile nel tempo:

«La vicinanza concettuale, nella rete, risulta così dipendente dal contesto. Per esempio, nel problema 1 [$abc \rightarrow abd; ijk \rightarrow ?$ (soluzione ijl)] non sorge alcuna pressione che avvicini i nodi predecessore e successore, per cui è molto improbabile che tra essi avvenga uno slittamento; al contrario, nel problema 2 [$aabc \rightarrow aabd; ijkk \rightarrow ?$ (cfr. *supra*)] vi sono buone probabilità che la pressione attivi il concetto di *opposto*, facendo diminuire la lunghezza del legame tra *predecessore* e *successore*, e così immergendo maggiormente l'uno nell'alone dell'altro e aumentando la probabilità di slittamento tra essi. A causa di questa dipendenza dal contesto, nella rete di slittamento i concetti sono *emergenti*, più che definiti in modo esplicito»¹².

Dunque, per via del fatto che i concetti dipendono dal contesto con cui il sistema si confronta, essi non godono di una definizione esplicita, ma piuttosto sono emergenti; in effetti di esplicito c'è solo il nucleo concettuale localizzato sul nodo. La possibilità di slittare dipende, infine, dai salti concreti effettuati tra un nucleo e l'altro. In definitiva i nuclei fungono da “punti di riferimento” nel processo di slittamento che si mette in atto tra due concetti, mentre gli aloni determinano i confini variabili dei concetti in questione.

È importante notare che *Copycat* si differenzia dalle reti connessionistiche *localizzate* proprio per via della distinzione tra nucleo e alone del concetto. In quel genere di reti connessionistiche, in effetti, i nodi concettuali sono puntiformi e privi di alone; ciò rende impossibile la slittabilità concettuale.

Da queste si differenziano ulteriormente le reti connessionistiche *distribuite*, le quali lavorano facendo riferimento ad una “regione diffusa” assimilabile all'alone di *Copycat*, ma priva di nucleo. Vista la mancanza del nucleo concettuale, non esiste un equivalente della slittabilità.

Bisogna precisare, poi, che il programma di Hofstadter non vuole in alcun modo rendere ragione dei processi neuronali né esservi aderente, piuttosto esso lavora ad un livello subcognitivo (ma sovranneurale) di modo da dare delle spiegazioni psicologicamente realistiche.

Oltretutto le reti connessionistiche si adattano e “apprendono” variando i pesi, mentre la rete di slittamento è *elastica*, varia temporaneamente al variare del contesto, ma non appena cessa lo stimolo allo slittamento, tende a tornare ad una condizione di normalità. Il sistema risponde agli stimoli, ma la sua topologia resta invariata: non si creano nuove strutture né se ne distruggono di vecchie.

Fin qua si è cercato di dare un'idea chiara di ciò che è la rete di slittamento; ora vediamo lo spazio di lavoro. Esso è, in principio, nulla più che una congerie di dati grezzi e sconnessi. Molti piccoli “agenti” riuniscono questi dati e creano *strutture percettive*¹³.

Questi agenti si chiamano *codicelli*. Un oggetto attrae la loro attenzione in relazione al suo carattere di *preminenza*. Questa caratteristica è di elevata importanza nel processo analogico, se consideriamo che essa è alla base di processi come il riconoscimento dei legami d'identità, cui l'architettura di *Copycat* è particolarmente attenta.

12 Cfr. HOFSTADTER, 1996, p. 235.

13 Sono queste strutture che evidenziano le analogie.

Le strutture percettive messe in piedi dai codicelli nello spazio di lavoro sono tutte costruite a partire dai concetti presenti nella rete di slittamento.

Un oggetto è importante in relazione al numero di descrizioni che gli vengono attribuite e al numero di nodi attivati.

Le coppie di oggetti prossimi vengono selezionate dal sistema in modo probabilistico (es. nel problema 2 le due *k* verranno unite in base all'alta preminenza, e quindi alta probabilità, del *principio d'identità*, mentre la *i* e la *j* saranno unite in base al principio di *precedenza/successione*, anch'esso di elevata preminenza). L'idea di fondo è quella di unire oggetti separati all'interno dello spazio di lavoro, di modo da costruire, tramite legami, una struttura mentale coerente.

Un insieme di elementi accomunati da un tessuto uniforme è candidato ad essere aggregato. Si forma così un gruppo. Più gli elementi che formano il gruppo sono salienti, più quest'ultimo è forte e maggiori sono le sue possibilità di concretarsi.

Col tempo si costituiscono strutture gerarchiche seguendo le inclinazioni della rete di slittamento.

La selezione probabilistica rappresenta dunque un elemento costante, che implica la ricerca di similarità tra coppie appartenenti a contesti differenti; le coppie più promettenti si concretano come *ponti* (o corrispondenze). Un ponte segna un legame tra i due oggetti alle sue estremità, evidenziando una somiglianza in essi o il fatto che hanno un ruolo simile nei loro rispettivi contesti, es. *aa* e *kk* nel problema 2 (cfr. *supra*). Alla corrispondenza mentale segue il ponte che concreta il legame: *a* e *k* non hanno saliente relazione alfabetica (*Copycat* ignora i rapporti matematici nei domini alfabetici che trascendano il mero rapporto di contiguità precedenza/successione), ma *aa* e *kk* costituiscono due gruppi d'identità speculari: è questa relazione la loro caratteristica saliente, qui si annida la loro *preminenza*. La corrispondenza di identità implica che l'estremo sinistro corrisponda a quello destro; di conseguenza lo slittamento concettuale si concreta nella struttura *estremo sinistro* \leftrightarrow *estremo destro*, ovvero *aa* \leftrightarrow *kk*.

Gli slittamenti favoriti sono quelli tra concetti poco profondi e che magari si sovrappongono, cioè sono molto vicini nella rete di slittamento. Il livello di profondità di due concetti è, dunque, inversamente proporzionale alla facilità con cui si sovrappongono.

Ogni ponte ha una forza che gli viene attribuita in relazione alla facilità con cui possono slittare gli elementi che coinvolge. Ognuno di questi ponti è analizzato anche in base alla somiglianza che lo avvicina ad altri ponti già costruiti.

Tutti questi processi hanno luogo in maniera emergente e avvengono in parallelo all'interno della rete di slittamento.

Col crescere della complessità dello spazio di lavoro, arricchito dalla formazione di strutture sempre nuove, le costruzioni più recenti tendono ad adeguarsi, in virtù di un principio di coerenza globale, alle strutture preesistenti (soprattutto a quelle che appartengono al medesimo contesto). Ad esempio due strutture coerenti possono essere casi particolari di un medesimo concetto o di concetti molto vicini.

Si potrebbe riassumere, dunque, quanto detto finora con la seguente immagine: la rete è come se fosse costruita con elastici e i concetti sono come degli atomi. L'alone è la loro area d'influenza e i movimenti sono dovuti alle forze d'attrazione tra gli atomi-concetti. Come per gli atomi, anche per i concetti alcuni legami sono meno stabili di altri. Così la rete tende ad un certo stato di quiete al cessare dei legami tra i concetti. In definitiva la rete mantiene una conformazione

molto elastica e flessibile, in grado di lavorare su più fronti con nuove analogie.

I codicelli si comportano più o meno come delle formiche: lavorano in maniera semi-indipendente per costruire gli elementi del formicaio. Il formicaio è la rete di slittamento.

A livello locale c'è una forte competizione tra strutture per emergere; l'esito della competizione rivela la struttura più forte.

La forza di una struttura si basa su due aspetti: a) il grado di profondità del concetto; b) il grado di accordo con le altre strutture (o *coerenza*).

Lo spazio di lavoro rappresenta una visione d'insieme coerente, la quale è detta *punto di vista*. Un punto di vista può certamente essere rovesciato, ma solo se il suo concorrente è davvero molto forte. In quel caso si può parlare di vere e proprie "rivoluzioni concettuali"; queste prendono piede da una più creativa visione d'insieme del sistema.

Tra spazio di lavoro e rete di slittamento esiste un rapporto molto stretto: questa risponde ai movimenti nello spazio di lavoro attivando alcuni nodi in maniera selettiva. Ogni legame scoperto nello spazio di lavoro attiva il corrispondente nodo (o concetto) della griglia di slittamento.

L'effetto della *carica di attivazione*¹⁴ dipende dal *tasso di decadimento*¹⁵ del concetto in questione, che a sua volta dipende dalla profondità di quello stesso concetto: una scoperta profonda avrà un effetto durevole, avendo uno scarso tasso di decadimento e di conseguenza un'elevata carica di attivazione. Un esempio palmare di queste proprietà lo si può avere col concetto di *opposto* che è venuto alla luce durante l'analisi del problema 2: esso è un concetto profondo e pertanto anche durevole.

Bisogna notare che spazio di lavoro e rete di slittamento s'influenzano reciprocamente. Oltretutto concetti profondi e coerenza strutturale agiscono come potenti magneti che trainano l'intero sistema.

Copycat è un sistema molto *decentrato* ed è per questo che funziona la metafora della colonia di formiche. Prima si era fatto un accenno ai codicelli; essi possono essere di due tipi: a) esploratori; b) fattivi.

I codicelli esploratori esaminano singolarmente ogni azione possibile di modo da stimarne le conseguenze; i codicelli fattivi, invece, sono quelli che in pratica costruiscono o abbattano le strutture. Tra le azioni tipiche dei codicelli fattivi ci sono: attaccare *etichette* (sorta di descrizioni) agli elementi dello spazio di lavoro; legare oggetti insieme; costruire gruppi; costruire ponti tra oggetti simili in sequenze differenti. I codicelli esploratori, dal canto loro, effettuano dei controlli preliminari della situazione, delle "promesse" di ognuna di queste azioni per stimare gradi di profondità e di coerenza contestuale.

Una volta creati, tutti i codicelli sono inseriti nell'appendicodici; questo è una sorta di "consesso di codicelli". Qua essi sono divisi per *gradi d'urgenza*, in relazione alla forza dei concetti alla cui analisi sono deputati. I codicelli che si occupano di processi più evidenti, più forti, entreranno in gioco molto prima degli altri.

Esiste una distinzione tra codicelli *bottom-up* e codicelli *top-down*. I primi sono codicelli "osservatori", si guardano intorno senza mire particolari, aperti a ciò che possono trovare. I secondi sono codicelli "cercatori", votati alla ricerca di un fenomeno particolare (es. relazione di successività o gruppo d'identità). I primi, dal canto loro, subiscono pressioni generiche (es. trovare corrispondenze); i secondi sono soggetti a pressioni specifiche.

14 È questa la forza che tiene "accesi", attivi i nodi.

15 Velocità con cui il legame concettuale tende a dissolversi.

I codicelli top-down sono attivati dalla rete di slittamento, più precisamente dai nodi interessati. Alcuni nodi depongono codicelli esploratori nello spazio di lavoro al fine di trovare corrispondenze e casi particolari di essi.

Bisogna precisare che un codicello top-down non è attivato da un solo concetto, ma dal convergere di pressioni nello spazio di lavoro (che tendono a unificare il punto di vista) e da pressioni concettuali pluridirezionali.

Le pressioni non vengono mai rappresentate in modo esplicito in alcuna parte dell'architettura. Esse sono conseguenze implicite ed emergenti degli eventi della rete di slittamento, dello spazio di lavoro e dell'appendicodici.

L'urgenza di un codicello non è una priorità, ma una «rapidità relativa stimata» dice Hofstadter, cioè la rapidità con cui viene sollecitato un determinato codicello.

Non è importante, in fin dei conti, che sia questo o quel codicello ad attivarsi, ma che tutte le pressioni progrediscono verso un maggiore e più armonico sviluppo, con velocità appropriata.

L'appendicodici viene rifornito di codicelli in maniera continua da tre differenti meccanismi: a) vi vengono posti continuamente codicelli bottom-up; b) gli stessi codicelli in elaborazione possono inserirvi dei codicelli supplementari prima di essere rimossi; c) i nodi attivi della rete di slittamento possono aggiungere codicelli top-down.

L'urgenza di un codicello supplementare dipende da quello che lo ha collocato, poiché esso è una sua funzione. L'urgenza di un codicello top-down è invece funzione del nodo che lo ha attivato e quindi del grado di attivazione di questo. Infine l'urgenza di un codicello bottom-up è indipendente dal contesto.

La popolazione dell'appendicodici si adatta in modo dinamico alle necessità del sistema, determinate dai codicelli già intervenuti e dagli schemi di attivazione della rete di slittamento. Esiste un ciclo di retroazione tra l'attività percettiva e quella concettuale.

In definitiva il sistema *Copycat* è molto simile a una cellula il cui metabolismo risulta coerente, seppur mancante di un esplicito controllo top-down. Gli enzimi responsabili dei processi cellulari possono essere assimilati ai codicelli.

Copycat è implementato da un sistema seriale. È per questa ragione che i codicelli lavorano uno per volta. Ma esso è concepito come un sistema atto a lavorare in parallelo, poiché i codicelli (come gli enzimi) lavorano con un elevato grado d'indipendenza.

Copycat permette a più pressioni di coesistere e cooperare nell'indirizzare il sistema in certe direzioni. Ogni pressione preme e influenza il sistema in maniera direttamente proporzionale al grado d'urgenza dei codicelli che attiva. Ciò che è importante notare è che i processi di pressione concettuale non sono predeterminati, ma si attuano in relazione all'urgenza locale e momentanea suscitata dalla pressione concettuale della rete e dal lavoro disgiunto di numerosi codicelli. In questo senso il modo di procedere di *Copycat* si assomiglia a quello *time-sharing* dei calcolatori seriali, ma questa è solo una vaga analogia, in quanto nel sistema che stiamo considerando, le fette di tempo assegnate ai singoli processi variano in relazione alla pressione concettuale attuata, senza seguire, dunque, alcun piano prestabilito.

Pressione della rete di slittamento e pressione dello spazio di lavoro, ovvero quella del concetto che tenta d'imporsi e del punto di vista che resiste sulle sue posizioni, si compenetrano così tanto che è difficile distinguere tra loro le pressioni in maniera netta, a differenza di quanto avveniva nei processi classici.

Nel determinarsi dell'architettura di *Copycat* ha un ruolo centrale la *casualità*. Una metafora molto chiara la fornisce nuovamente Hofstadter: questo meccanismo è molto simile a quello che si mette in atto in una partita di pallacanestro dove non è solo il giocatore in possesso di palla a incidere, coi suoi movimenti, sull'assetto globale della partita, ma ciascun giocatore esercita delle pressioni sugli altri, le quali finiscono poi per determinare gli equilibri di campo¹⁶. In questo senso si può parlare di una fondamentale ambiguità di fondo di ogni azione particolare, intendendo con ciò che ognuna di queste può influire sull'insieme in maniera differente e varia.

Un'altra caratteristica saliente della struttura di *Copycat* è il procedimento di *scansione parallela a schiera*. L'immagine migliore per comunicare questo concetto è forse quella di "sensori tentacolari" che saggiano svariati percorsi possibili, in maniera concomitante, ma a differenti velocità. Ciò avviene a causa della differente intensità delle pressioni.

Gli esploratori esaminano vari punti di vista virtuali e ne trovano il più convincente, che viene edificato dai codicelli fattivi; così nasce un'analogia o un'immagine mentale. Un nuovo punto di vista sfida il precedente e solo se è abbastanza convincente riesce a vincere. Esso è frutto di un'esplorazione continuata, in un alone probabilistico, di molte direzioni potenziali, le più promettenti delle quali tendono a divenire effettive. Da questo aspetto di *Copycat* si può evincere che l'esperienza conscia è essenzialmente unitaria, anche se risulta da molti processi paralleli inconsci.

Le scansioni sono effettuate in stadi, ognuno dei quali è soggetto al successo di quelli precedenti.

Avanzando nell'esplorazione, il sistema deve selezionare in maniera sempre più accorta le direzioni d'indagine e ottimizzare sempre di più l'uso di codicelli esploratori.

L'influenza maggiore nella direzione esplorativa presa dal sistema ce l'hanno gli apporti top-down della rete di slittamento. Essi devono comunque confrontarsi con i dati di fatto dello spazio di lavoro e vengono quindi influenzati dagli apporti bottom-up. S'instaura una mutua influenza tra i due tipi di processi.

All'inizio della ricerca l'appendicodici contiene soltanto codicelli bottom-up per la ricerca di fenomeni d'identità; seguono piccole scoperte che generano influenti pressioni sul sistema; in risposta a queste scoperte si attivano i nodi della rete di slittamento. Questi ultimi creano dei codicelli top-down che diverranno pian piano dominanti nell'appendicodici.

Partita da un iniziale stato di neutralità, la rete subisce le varie pressioni inclinando verso certi concetti strutturati: sono i *temi* (ovvero i concetti profondi). Se all'inizio il processo di descrizione riguarda fenomeni molto piccoli e semplici, col tempo inerisce processi sempre più complicati.

L'iniziale "apertura mentale" del sistema si deve al fatto che esso ignora, in principio, la situazione preesistente. A mano a mano che riceve informazioni il sistema crea punti di vista sempre più coerenti. Da uno stato inizialmente aperto e bottom-up, il sistema acquisisce una "mentalità" sempre più chiusa e top-down.

Si introduce una variabile: la *temperatura*, la quale segna il grado di ordine percepito nello spazio di lavoro. Essa è il reciproco della qualità della struttura

16 «Dopo un canestro, commentatori e tifosi cercano di inquadrare l'azione in termini chiari, seriali nel tempo e localizzati nello spazio (cercano in tal modo di inquadrarla in un processo), anche se in realtà essa è sempre stata, e in modo fondamentale, distribuita nello spazio e nel tempo tra tutti i giocatori, ed è consistita in pressioni distribuite, passibili di variazioni repentine a favore di alcuni schemi di gioco e contro altri». Cfr. HOFSTADTER, 1996, p. 247

spaziale, ovvero è tanto più bassa quanto più è ordinato lo spazio di lavoro, quanto più è popolato da strutture numerose e coerenti¹⁷.

La temperatura si alza e si abbassa diverse volte, in relazione ai tentativi del sistema di organizzare la struttura. A minore temperatura corrisponde una migliore risposta del sistema, migliore in quanto più stabile.

Si hanno tre tendenze principali: a) tendenza della rete di slittamento → i concetti attivati inizialmente saranno superficiali, mentre quelli attivati più tardi saranno più profondi¹⁸; b) nello spazio di lavoro la tendenza è quella alla formazione di strutture sempre più globalmente coerenti; c) l'elaborazione diventa col tempo da bottom-up che era, top-down; da non deterministica che era, deterministica.

Pressione di massa e pressione d'élite sono le due forze sottese al sistema. La prima è quella esercitata da un gran numero di codicelli a bassa urgenza, la seconda quella esercitata da pochi codicelli con un grado elevato di urgenza. Perché il sistema funzioni, i codicelli di urgenza maggiore vengono mescolati a quelli di urgenza minore, il tutto in proporzione al livello d'urgenza. Il sistema riparte con equità le risorse, ma scegliendo i codicelli in modo probabilistico.

Se quest'architettura fosse implementata da un sistema parallelo dotato di più processori, ognuno di questi sarebbe accoppiato a un codicello e la sua velocità corrisponderebbe al grado d'urgenza del codicello. Poiché ogni codicello è dotato di un differente grado d'urgenza, la cosa si rispecchierebbe nella velocità dei singoli processori; ne risulta così un sistema di calcolo asincrono. I processori agirebbero, allora, nello spazio di lavoro in tempi disgiunti tra loro e dunque del tutto casuali gli uni rispetto agli altri¹⁹.

In una situazione nebulosa *Copycat* compie, tramite gli esploratori, una miriade di piccole incursioni casuali a livello microscopico. Maggiore è la nebulosità della situazione, minori saranno i pregiudizi dell'azione del sistema e maggiore sarà la sua casualità. Col diradarsi della nebbia e la costruzione in incremento di strutture sempre più stabili e definite, diminuisce la temperatura e quindi le risposte del sistema saranno sempre meno casuali.

C'è un aspetto sottile di questo sistema: esiste una gamma molto ampia di sfumature tra un'elevata casualità delle risposte minime del sistema e la massima determinatezza delle risposte macroscopiche, in uno spazio sempre più ordinato e a più bassa temperatura.

L'azione di *Copycat* è molto simile a quella di un fluido come l'acqua, i cui movimenti sono il frutto della casualità degli elementi minimi di cui è formato. Tuttavia le azioni di alto livello del fluido sono tutt'altro che casuali. La fluidità è una qualità emergente e per simularla bisogna avere alla base la casualità.

Dunque abbiamo un determinismo macroscopico che emerge dall'indeterminismo microscopico, ovvero un *determinismo emergente*.

Il programma *Copycat* è dotato di ampia flessibilità, così accade che a volte dà delle risposte folli; queste sono però rarissime poiché il programma tenta quasi sempre di evitarle²⁰, preferendo delle risposte più solide. In questo contesto

17 C'è da notare che il concetto di temperatura usato qua da Hofstadter, sembra ancor più azzeccato proprio per il significato che tale termine acquisisce in fisica: come in un gas un'elevata temperatura implica un moto frenetico delle particelle che lo costituiscono (e una conseguente instabilità), così in *Copycat* le alte temperature corrispondono ad una scarsa stabilità delle strutture nello spazio di lavoro.

18 Tendenza a formare temi, ovvero gruppi di concetti molto profondi e strettamente correlati.

19 Si tenga a mente l'esempio della partita di pallacanestro (cfr. *supra*): tutti i giocatori sono sistemi complessi, imprevedibili e asincroni; le azioni di ciascuno appaiono casuali dal punto di vista di tutti gli altri. Per approfondimenti su questo concetto, v. HOFSTADTER, 1996, p. 253

20 Cfr. id., pp. 257-258.

la bassa temperatura che il programma attribuisce a queste ultime, risulta quasi una sorta di autovalutazione del sistema stesso²¹.

Ancora, è molto importante porre in evidenza che tra le funzionalità del sistema c'è quella di riconoscimento dei *concetti dormienti*. Un concetto dormiente è un contenuto concettuale non immediatamente disponibile, o meglio esso è celato sotto una coltre informativa di altro genere che ne riduce la preminenza all'interno del contesto operativo.

Un esempio molto calzante è quello del problema seguente²²:

Modifico *abc* in *abd*; se cambiassi *mrrjjj*
nella stessa maniera cosa otterrei?

È interessante notare che la risposta più gettonata, in questo caso, è *mrrjjj* → *mrrkkk*; questo perché il dato di maggiore preminenza è, in un primo momento, la sostituzione dell'ultima lettera a destra per mezzo del suo successore, e il principio è applicato in maniera elementare al secondo gruppo alfabetico. Ma il fatto che il primo gruppo alfabetico sia una serie ordinata di successori, mette in evidenza il fatto che *mrrjjj* non sia una successione alfabetica. Eppure, questo dato che ha ormai acquisito una certa preminenza risulta difficile a ignorarsi. Dopo alcuni giri il programma nota un dato più profondo: si attiva il concetto di *lunghezza* e le relative pressioni top-down fanno notare che anche nel secondo gruppo esiste una successione crescente, ma anziché essere alfabetica essa è *numerica*, ovvero riguarda la lunghezza dei sottogruppi. Il gruppo *mrrjjj* può infatti essere suddiviso in tre sottogruppi in base al principio d'identità degli elementi e allora si scopre che anche qua c'è un ordine di successione crescente, ma sotteso al contenuto alfabetico (*m-rr-jjj* = *1-2-3*). La soluzione più naturale a questo punto risulta *mrrjjj* → *mrrjjj* (= *1-2-3* → *1-2-4*). Quindi il concetto dormiente della successione numerica ha acquisito preminenza al punto da sostituire quello della successione alfabetica.

Un altro fenomeno di grande interesse è quello che riguarda gli *spostamenti di paradigma* all'interno del contesto dello spazio di lavoro. Se ne ha un esempio col seguente problema:

Se modifico *abc* in *abd*, cosa diventa *xyz*
modificandolo nello stesso modo?

Se una mente umana è in grado di formulare la risposta *xyz* → *yza*, questo non rientra invece nelle possibilità di *Copypcat*, che non possiede la nozione di circolarità. Il programma tenterà allora molte strade per trovare una soluzione plausibile al quesito, tra cui considerare la *z* come ultima lettera e quindi successore di se stessa (*xyz* → *yzz*).

Dopo numerosi tentativi, inizierà a farsi spazio l'idea che la *z*, come la *a*, è anch'essa un estremo dell'alfabeto e quindi è il suo corrispondente speculare. Il procedimento è molto simile a quello che nel problema 2 implica l'attivazione del concetto di opposto e il riconoscimento della relazione di corrispondenza speculare tra *aa* e *kk*. Sapendo dunque che la *z* è l'estremo destro dell'alfabeto, ciò implica lo slittamento del concetto di successore in quello di predecessore e

21 Cfr. id., p. 259: «Temperature finali maggiori indicano di solito che le strutture sono deboli o forse che non si è trovata una corrispondenza coerente tra la stringa iniziale e la soluzione».

22 Cfr. id., p. 261 e ss.; problema 4.

l'inversione della successione da crescente in decrescente, verso il centro del dominio. La risposta ottenuta dal programma dopo quest'analisi è che $xyz \rightarrow wyz$. Alla fine quest'ultima risulta una risposta con una frequenza relativamente bassa, ma col livello di temperatura minore rispetto a tutte le alternative: il programma ne ha concluso che è dunque la migliore.

È interessante notare come in questo caso sia stato un ostacolo (la non circolarità dell'alfabeto) a stimolare il processo che ha portato *Copycat* a trovare la soluzione migliore. Inoltre potrebbe destare qualche perplessità il fatto che in questo caso sia stato un concetto profondo come quello di "ultimo dell'alfabeto" a slittare, dato che si è detto in precedenza che generalmente questa tipologia di concetti tende a non slittare. La ragione di questo decisivo mutamento di paradigma è da riscontrarsi nella serie di pressioni anteriori che hanno pesato sul concetto profondo suddetto. Tra queste vi è quella esercitata dal concetto di "opposto", che si è posto come apripista, e in seguito lo slittamento del concetto di "estremo sinistro" in quello di "estremo destro", che ha giocato un ruolo fondamentale tra i passi che hanno condotto alla plausibilità dello slittamento $a \leftrightarrow z$, instaurando una solida relazione tra questi due elementi²³. A questo punto la scoperta del ponte $a \leftrightarrow z$ implica un conseguente abbassamento di temperatura poiché si tratta di un contenuto ormai piuttosto saldo. Infatti un nuovo assetto basato su di un concetto profondo appena smosso e riassetato, risulta difficilmente spodestabile da altri punti di vista concorrenti. Dal ponte $a \leftrightarrow z$ segue quello $x \leftrightarrow c$ (slittamento *estremo sinistro* \rightarrow *estremo destro*), il che rafforza la rilevanza del concetto di opposto.

In definitiva, più una risposta si rivela intelligente e profonda più è facile che divenga una struttura stabile dello spazio di lavoro. La risposta wyz al problema 6 si è rivelata più acuta di quella $hjjk$ del problema 2 proprio perché più *sfuggente*, sebbene siano basate entrambe sul concetto di *doppia inversione*.

Un punto saliente dell'architettura di *Copycat* è il metodo d'indagine *sfumata*. Generalmente si tende a pensare che ci siano due tipologie di architetture cognitive: una basata sul calcolo bruto, che lavora in un ristretto ambito con dati forniti dal programmatore e tenuti sempre presenti; l'altra, invece, di tipo euristico, che costruisce da sé le strade per raggiungere i suoi obiettivi cognitivi facendo una selezione dell'informazione. È opinione comune, dice Hofstadter, che tra questi due estremi non sia possibile porre alcunché d'intermedio. L'obiettivo di *Copycat* è appunto fornire una terza alternativa. In questo contesto si colloca quella qualità che consente al programma suddetto di apprezzare le sfumature di grigio tra concetti, a maggior ragione per il fatto che la realtà non si limita a giudizi netti, meramente affermativi o negativi, ma include uno spettro infinitamente più ampio di possibilità.

Copycat lavora come se possedesse una sorta di "occhio della mente" che, come un occhio fisico, mette a fuoco solo alcuni elementi tenendo il resto sullo sfondo non perfettamente distinto e spostando il fuoco sui vari elementi, in relazione alla sua attenzione. Ciò consente al programma di non trascurare alcun contenuto fra i vari dati che gli sono forniti, ma allo stesso tempo di selezionarli adeguatamente, operando le scelte opportune. In questo senso si pone a metà strada tra le due tipologie di simulatori cui si accennava in precedenza.

Gli elementi principali che attirano l'attenzione del cosiddetto "occhio della mente" di *Copycat* sono tre: a) il grado d'attivazione (per quanto concerne i nodi concettuali); b) la preminenza (per quello che riguarda lo spazio di lavoro);

c) l'urgenza (che si riferisce all'appendicodici). Questi sono solamente tre tra molti elementi appartenenti ad una gamma vastissima di sfumature di grigio.

Infine si può aggiungere che ogni struttura di livello superiore emerge mettendo in luce concetti nuovi ed imprevisi, i quali consentono al sistema di aprirsi la via su strade altrettanto imprevisi. Al procedere dell'elaborazione, infatti, il campo visivo si allarga ed è da questo che seguono nuove possibilità in una spirale di complessità crescente. Su questi presupposti si basa l'apertura mentale di *Copycat*.

3. Progetti alternativi: alcuni confronti

Tra i primi tentativi di lavoro sul tema dell'analogia c'è da menzionare sicuramente il programma ANALOGY, di Thomas Evans. Si tratta di un sistema che a differenza di *Copycat* non produce la propria risposta, ma la sceglie estraendola da una lista di candidati. In questo senso manca di elasticità, di fluidità. Esso lavora impostando delle analogie tra figure geometriche.

Il tentativo di Evans è quello di ottenere, con ANALOGY, un sistema concettuale di *proiezione per mappe* coordinato ad un *sistema percettivo*. Rispetto a *Copycat* c'è un peso minore dell'analogia e questa è una pecca, se si considera il peso che sembra assumere il ragionamento analogico all'interno degli indirizzi di studio delle ricerche più recenti.

Il programma di Evans non costituisce certo un modello preciso del modo di fare analogie tipico degli esseri umani; il suo *modus operandi* è davvero molto elementare: al suo interno non esiste rappresentazione di concetti, la quale è invece il nucleo del progetto *Copycat*.

Infine si tratta di un'architettura rigida, deterministica, brutale, seriale.

Un esempio differente è rappresentato dal programma *Argus*. Esso non si occupa della risoluzione di problemi geometrici, ma verbali → es. orso : maiale = sedia : ? (caffè, ... , tavola, ...) → orso : maiale = sedia : tavola. L'analogia si basa sul fatto che *orso* e *maiale* sono entrambi sottoclassi del concetto *animale*, mentre *sedia* e *tavola* lo sono del concetto *mobile*. Comunque il programma manca di una comprensione concettuale (non ha alcuna idea di cosa sia un tavolo o una sedia).

Argus è caratterizzato da una mutua interazione tra processo seriale per la formazione di analogie e rete semantica con attivazione in parallelo. Il suo difetto è che non opera distinzioni astratte a livello concettuale, ma mette in relazione più dati a seconda delle informazioni forniteli a monte dai progettisti.

Accanto ai sistemi citati finora, un ulteriore esempio di architettura cognitiva lo si ha nel programma SME²⁴. Secondo la sua autrice un'analogia è un paragone in cui si proiettano solo le relazioni sistematiche, ovvero strutture o situazioni (es. il flusso di un fluido in vasi comunicanti è analogo al flusso di calore attraverso oggetti connessi con temperature differenti).

In SME la qualità di un'analogia è misurata secondo quattro criteri: chiarezza, ricchezza, astrattezza e sistematicità.

SME lavora in maniera *sintattica* sui concetti²⁵. Esso conosce solo la struttura sintattica delle due situazioni, ma non sa nulla dei concetti in esse implicati; non opera distinzioni concettuali.

SME utilizza una serie di "regole di abbinamento" forniteli in anticipo e che gli servono per mettere in atto tutti i possibili accoppiamenti sintattici. Esempi di regole di abbinamento tipiche sono i seguenti: "se due relazioni hanno

24 Structure Mapping Engine.

25 Cfr. id., p. 300; fig. VI.2.

lo stesso nome, allora accoppiate” oppure “se due oggetti hanno lo stesso ruolo in due relazioni già accoppiate, accoppiali”.

Tuttavia esistono alcuni punti di contatto tra *Copycat* e SME: entrambi necessitano di vedere l'essenza di un'azione come un tutto coerente, come un ordine contiguo.

Segna però una profonda differenza il fatto che in *Copycat* la pressione verso la sistematicità è esercitata dai codicelli, oltre all'apporto dell'intrinseca tendenza del programma all'astrazione concettuale; a ciò si aggiunge la tendenza a distinguere il paesaggio del dominio secondo *relazioni e ruoli*, i quali sono elementi molto più profondi dei semplici attributi.

Un'ulteriore differenza piuttosto notevole è dovuta all'immagine *sintattica* dell'astrazione che caratterizza SME, distinta dall'idea di *profondità concettuale* propria di *Copycat*; quest'ultimo, infatti, è di gran lunga più legato alla sfera semantica che a quella sintattica.

Tra i problemi che presenta SME i maggiori sono i seguenti: 1) non si può dire che la massima sistematicità di una risposta ne assicuri una qualità superiore; 2) poiché in una situazione complessa sono molti gli insiemi sistematici possibili, l'ipotesi sintattica non rende ragione di quale sia il discrimine che spinga a scegliere uno piuttosto che un altro.

È un forte limite che le connessioni semantiche non abbiano alcun ruolo in questa teoria. Al contrario, in *Copycat*, i meccanismi che decidono quali siano gli elementi su cui concentrarsi implicano fortemente la semantica.

Il sistema semantico di *Copycat* implica l'attivazione di concetti nella rete di slittamento sia in risposta alla *percezione*, sia per l'attivazione di *concetti associati*. Al contrario in SME attributi e relazioni sono già prestabiliti e le loro connessioni non trascendono il mero livello sintattico.

In SME interpretazione e proiezione di strutture sono due funzioni indipendenti. Contrariamente, in *Copycat*, i due processi sono strettamente correlati, inscindibili. Inoltre la rappresentazione dello spazio situazionale offerta da SME è esatta e non ammette ambiguità alcuna. I componenti dell'analogia devono essere resi esplicitamente e in maniera ben determinata. Questi sono i limiti imposti da un carattere sintattico. Oltretutto la mancanza di una semantica priva un sistema come SME anche della caratteristica della slittabilità concettuale. L'assenza di flessibilità si rivela dunque una pecca grave della teoria della proiezione di strutture alla base di SME.

In SME è quindi intrinsecamente assente la possibilità di una rappresentazione flessibile in tempo reale. La sintassi delle rappresentazioni avviene in termini di logica dei predicati, ma tutte le informazioni sono preconfezionate, fornite in anticipo dai programmatori; ciò lo differenzia molto da *Copycat*, che elabora da solo le sue analogie in virtù di una pronunciata elasticità semantica.

Diversamente da *Copycat*, SME manca di realismo psicologico; non tende a rappresentare i concetti o i processi percettivi sottesi. Infine SME non distingue tre risposte superficiali ovvie e risposte profonde nascoste. SME offre un modo algoritmico, ma per nulla plausibile psicologicamente, per trovare tra due strutture proiettate la rappresentazione migliore.

Il sistema ACME²⁶ è simile a SME perché rappresenta una situazione d'origine e una bersaglio in termini di logica dei predicati. Esso crea una proiezione analogica a partire da queste rappresentazioni, formando coppie di costanti e di predicati.

Le informazioni d'ingresso sono insiemi di frasi scritte nella logica dei predicati, che forniscono informazioni sul dominio sorgente e sul dominio bersaglio. A partire da queste informazioni, ACME costruisce una rete i cui nodi sono accoppiamenti sintattici tra un elemento sorgente e uno bersaglio. I nodi rappresentano i vincoli del sistema.

Degli accoppiamenti facoltativi sono basati su similarità semantica, ma questi non dipendono dalla macchina, bensì sono già programmati *ab ovo* dal programmatore del sistema, come accade per i nodi di valenza sintattica.

Ecco, quindi, alcune similarità tra *Copycat* e ACME: a) stretta connessione tra percezione e il fare analogie; b) le analogie emergono da una competizione parallela tra pressioni (da svariate decisioni locali si giunge a una più vasta struttura coerente); c) dalle altre pressioni deve emergere la tensione del sistema verso la sistematicità.

E poi le differenze: ACME, come SME, sperimenta tutti gli accoppiamenti possibili in ambito sintattico, il che è realisticamente poco verosimile. *Copycat*, invece, cerca d'imitare il modo assai selettivo secondo cui le persone esaminano le varie possibilità.

Il difetto principale di ACME e SME consiste nel fatto che essi offrono delle rappresentazioni rigide della conoscenza. Tuttavia ACME, a differenza di SME, possiede un'unità semantica preposta ad individuare le somiglianze semantiche, ma queste non sono frutto di analogie autonome del sistema, bensì sono fornite fin dall'inizio dal programmatore. ACME non ha dunque la possibilità di rispondere ai mutamenti dinamici delle analogie concettuali. Anche l'unità pragmatica è predisposta fin dall'inizio dal programmatore; i suoi contenuti e le sue funzionalità risultano quindi rigidi. Per quanto riguarda *Copycat*, è invece il programma stesso a cogliere l'importanza degli elementi delle singole situazioni e ad apprezzarne dinamicamente il variare del loro peso.

Nelle due reti ACME e SME è assente, dunque, quel carattere di elasticità che rende *Copycat* aperto alle situazioni nuove.

A differenza di questi due programmi di cui si è detto finora, il dominio analogico di *Copycat* potrebbe apparire più lontano dal mondo reale (es. sequenze di numeri o lettere a fronte di analogie di flusso tra acqua e calore). Eppure bisogna considerare che, mentre *Copycat* sa cosa voglia dire gruppo di successività, ACME e SME non sanno assolutamente nulla di concetti come acqua e calore.

Ancora qualcosa si può aggiungere circa il rapporto tra *Copycat* e i sistemi connessionistici. Infatti l'idea che sta alla base del programma di Hofstadter è molto simile a quella di varie reti connessionistiche, sia per quanto riguarda la distribuzione in parallelo dell'elaborazione e l'uso del paradigma sub-simbolico. In questo caso i sub-simboli sono i nodi della rete di slittamento e i pesi delle reti connessionistiche. Le strutture di sub-simboli sono poi quelle che danno luogo ai simboli.

4. Conclusione

Secondo Hofstadter un sistema abbastanza fluido da fungere come modello della cognizione umana non può lavorare con simboli (che sono entità troppo rigide), ma deve operare tramite i sub-simboli (che sono elementi molto più flessibili). Nel paradigma sub-simbolico i fenomeni cognitivi di alto livello emergono statisticamente da moltissimi piccoli eventi sub-cognitivi; infatti il parallelismo implica molteplici azioni locali in competizione tra loro. Sono poi queste ultime

a portare alcuni concetti ad emergere, implicando così la flessibilità del sistema. In quest'ottica è centrale l'interazione tra forze top-down e bottom-up.

In *Copycat* i concetti sono "semi-distribuiti" in quanto il nucleo sta su un nodo (es. *predecessore*), ma l'alone include altri nodi vicini (es. *successore*), facendo sì che tra essi sia possibile lo slittamento.

È da notare che dal punto di vista neurologico le reti connessionistiche sono molto più realistiche di *Copycat*, ma incorrono in un gap ineludibile se utilizzate col fine di descrivere il livello cognitivo alto e i suoi fenomeni. Il difetto delle reti connessionistiche, infatti, è quello di non riuscire a simulare quei fenomeni cognitivi di alto livello che invece sono alla portata della rete di slittamento di *Copycat* a livello analogico.

Idealmente un modello cognitivo dovrebbe avere le medesime proprietà che una struttura semantica di alto livello dimostra di avere. Esse sono la conseguenza implicita di un modello distribuito di basso livello.

Un importante differenza tra *Copycat* e le reti connessionistiche è il fatto che il primo possiede due differenti livelli operativi che sono la rete di slittamento e il suo correlativo pratico, lo spazio di lavoro, in cui si trovano gli esempi particolari dei concetti platonici della rete. I connessionisti esitano a praticare questa medesima scissione nei loro sistemi, proprio perché tengono a una stretta aderenza al piano neurale e manca, appunto, un corrispettivo neurale dello spazio di lavoro, ovvero un area in cui si costruiscono e si distruggono strutture mentali, rappresentazioni delle situazioni. Dal suo canto *Copycat* è più attento ad una verosimiglianza di genere psicologico piuttosto che neurologico.

Non bisogna comunque dimenticare che le reti connessionistiche simulano l'apprendimento, mentre *Copycat*, benché ne simuli alcuni aspetti fondamentali (tra cui il modo in cui i concetti si adattano alle nuove situazioni incontrate o il modo in cui viene riconosciuta l'essenza comune di due situazioni), non è programmato per questo.

In ultimo, per capire come emerge l'intelligenza è necessario comprendere la natura dei concetti: essi sembrano entità collocate a metà strada tra sistemi ad elevato parallelismo e quelli ad elevata cognizione seriale altamente simbolica. A tal proposito il sistema *Copycat* si rivela generalmente vincente rispetto ai suoi concorrenti. Il suo realismo psicologico (più che il semplice realismo neurologico) si propone come una spiegazione molto più esaustiva del pensare analogico umano, tenendo conto dall'estrema flessibilità del sistema e quindi della sua "apertura mentale" che non ha pari tra gli altri programmi di simulazione fin qui ricordati.

ALIA

Revista de Estudios Transversales

Barcelona, maggio 2017

Asociación de Apertura Crítica

ISSN: 2014-203X