

## INTELLIGENZA DI GRUPPO E SISTEMI MULTI-AGENTE\*

### 1. *Introduzione*

L'applicazione di una cornice teorica collettivistica all'ontologia sociale implica un cambiamento di paradigma nella teoria dell'azione: in un sistema multi-agente, ogni individuo porta a termine azioni delimitate e contestuali in relazione agli stimoli ambientali continuamente modificati dagli altri agenti del gruppo; le regole e le strutture che compongono l'ontologia sociale 'emergono', dunque, da una continua 'manipolazione semiotica' dell' 'ambiente di lavoro' in cui i membri di una comunità agiscono. In questo senso, una comunità si auto-struttura e agisce come una 'mente' collettiva.

L'obiettivo del presente articolo è, quindi, quello di difendere l'esistenza di una fondamentale continuità di meccanismi semiotici che regolano l'attività di un'intelligenza collettiva, strutturata come un sistema multi-agente, sia essa di tipo biologico o artificiale: le regole emergenti permettono alla comunità degli individui di auto-organizzarsi e guidano il comportamento dei singoli agenti.

#### 1.1. *Che cos'è un sistema multi-agente.*

Il concetto di 'sistema multi-agente' si sviluppa in informatica per

rispondere ad alcune delle maggiori critiche mosse all'intelligenza artificiale classica, che puntavano soprattutto alla mancanza di 'incorporazione' in un ambiente fisico, reale e interattivo dei programmi 'intelligenti'<sup>1</sup>. Fino agli anni '70 del secolo scorso, il modello di macchina intelligente rispecchia quelli che sono i parametri richiesti dal celebre Test di Turing: un programma, per essere ritenuto intelligente, dev'essere in grado di far credere a un osservatore umano, attraverso i suoi comportamenti (es. risposte accettabili a domande di tipo generico su pratiche umane, del tipo: "Ti piace giocare a tennis?")<sup>2</sup>, di essere anch'esso un agente umano. L'attenzione si concentra, quindi, sulla progettazione di una macchina che, individualmente, possa agire in maniera intelligente. A questo proposito si parla di 'sistemi esperti', agenti artificiali (calcolatori) in grado di riprodurre individualmente competenze tecniche specifiche. È negli anni '80 che cambia il paradigma: si riconosce ora che l'intelligenza «non è una caratteristica individuale, che possiamo separare dal contesto sociale nel quale si esprime»<sup>3</sup>. Un agente individuale sviluppa le sue capacità cognitive in relazione ai suoi simili, che lo circondano e con i quali interagisce; l'intelligenza non è un 'programma innato' con base genetica: «gli altri sono indispensabili al nostro sviluppo cognitivo e ciò che chiamiamo 'intelligenza' è nella stessa misura dovuto alle basi genetiche che

definiscono la nostra struttura neuronale che alle ‘interazioni’ [virgolette mie] che possiamo avere con il mondo che ci circonda e, in particolare, con la società umana»<sup>4</sup>. Sono gli anni in cui si fa strada l’approccio ecologico proposto e difeso da James J. Gibson<sup>5</sup>: soggetto e oggetto sono ‘localizzati’ in un ambiente, che non è più un contenitore neutro, ma influenza e dirige in maniera profonda le dinamiche cognitive del soggetto agente. Così, il concetto di sistema multi-agente cerca di introdurre in informatica il tema dell’intelligenza come frutto delle interazioni fra più agenti localizzati in un ambiente, creando

«un insieme di entità in interazione, essendo ogni entità definita ‘in maniera locale’ senza visione globale dettagliata di tutte le azioni del sistema. [...] passiamo dalla nozione di ‘programma’ a quella di ‘organizzazione’ [virgolette mie]»<sup>6</sup>.

Dobbiamo quindi pensare a un sistema dove la coordinazione delle parti emerge «da un’interazione tra entità relativamente autonome e indipendenti, chiamate *agenti*, che lavorano in seno a delle comunità, secondo dei modi talora complessi di cooperazione, di conflitto o concorrenza, per sopravvivere e perpetuarsi»<sup>7</sup>. Ciò che caratterizza e differenzia, quindi, l’approccio dei sistemi multi-agente da un approccio

sistemico classico, è proprio l’accento messo sul fatto che l’emergenza dell’organizzazione e la sua struttura complessiva si devono ad ‘azioni e interazioni locali’ tra gli agenti del sistema. Di esso, il programmatore conosce solo le ‘condizioni di base’, le regole fondamentali delle interazioni locali, ma ignora le sue future evoluzioni, che seguono le dinamiche dei sistemi caotici e sono in gran parte imprevedibili<sup>8</sup>.

Cos’è dunque un ‘agente’ in questo sistema? Bene, esso è un’entità «capace di agire in un ambiente, [...] di comunicare direttamente con altri agenti»<sup>9</sup>, un’entità in parte autonoma «che non dispone che di una rappresentazione parziale [del suo] ambiente, che possiede competenze e offre servizi, che può eventualmente riprodursi, il cui comportamento ‘tende a soddisfare i suoi obiettivi’ [virgolette mie]»<sup>10</sup>. L’agente non ha dunque una visione sistemica, ma parziale, localizzata, limitata al raggiungimento dei suoi obiettivi personali. Esso si muove in uno ‘spazio di lavoro’, l’ambiente che condivide con i suoi simili e nel quale cerca di raggiungere i suoi obiettivi, trovando risposte opportune agli ostacoli che vi si frappongono. Il sistema multi-agente si compone, dunque, di uno spazio di lavoro (che ne rappresenta, in un certo senso, lo ‘scheletro’); degli agenti che in esso si muovono (e che ne rappresentano, nel complesso, la parte attiva) e di un insieme di ‘oggetti’, i quali «sono passivi, cioè possono essere percepiti, creati, distrutti e

modificati dagli agenti»<sup>11</sup>. Bisognerebbe pensare a questi *manipulanda* come a delle strutture di mattoncini Lego, componibili e manipolabili illimitatamente. O meglio, i ‘limiti’ di ciò che può o non può essere fatto li stabiliscono gli stessi agenti, costruendo e distruggendo strutture, modificando la conformazione dello spazio di lavoro: ogni nuova struttura offre nuove e diverse *affordance*<sup>12</sup>, nuovi significati pratici che rappresentano, in quanto stimoli a delle risposte, delle vere e proprie ‘condizioni’ per le azioni che di volta in volta intraprendono i singoli agenti che compongono il sistema.

### 1.2. Perché un sistema multi-agente.

Il concetto di sistema multi-agente nasce, come evidenziato in § 1.1, in un contesto tecnico e in un periodo storico molto specifici: l’informatica dei sistemi complessi e bio-ispirati degli anni ’80 e ’90 del secolo scorso. Perché, allora, utilizzare oggi questo paradigma per comprendere l’intelligenza di gruppo? La risposta è che, per le sue caratteristiche strutturali, si presenta come un paradigma esplicativo che permette di non ricorrere all’intenzionalità individuale nel disegno, nella progettazione dello sviluppo, di una comunità. Non implica una ‘costruzione cosciente’, negoziata, delle regole da parte degli agenti.

Innanzitutto, in un sistema multi-agente l’informazione cognitiva è

contenuta nello stesso ‘spazio di lavoro’: nessun agente si rappresenta il sistema globale, nella totalità delle sue dinamiche. Ogni agente possiede una visione parziale e limitata, ‘locale’. Da dove prende, quindi, le informazioni necessarie a coordinarsi con gli altri agenti del sistema? Le riceve dallo stesso spazio di lavoro in cui agisce. Le informazioni sono veri e propri stimoli fisici, *affordance*, significati pratici (cosa posso o non posso fare in un contesto specifico) generalmente ‘impliciti’ nella struttura dell’ambiente in cui l’agente opera: se un agente A costruisce un muro nello spazio di lavoro, esso costituirà un ostacolo perché l’agente B si muova in una certa direzione. L’informazione “da qui non puoi passare” è contenuta, per B, nella stessa struttura dello spazio in cui si muove, senza alcuna necessità che essa sia negoziata con A.

In un sistema multi-agente l’informazione è, dunque, spaziale, situata e ‘contestuale’: ovviamente, l’informazione “da qui non puoi passare” esiste solo per B e solo nel caso in cui B si stia dirigendo contro l’oggetto ‘muro’ costruito da A, mentre per A quello stesso oggetto ‘muro’ è un ‘mezzo’ (e non un ostacolo!) per raggiungere il suo obiettivo locale: le *affordance* del medesimo oggetto ‘muro’ sono differenti (contengono un’ ‘informazione’ differente) per A e per B.

Ancora, il sistema multi-agente rappresenta un caso particolare di ‘memoria distribuita’ (*scilicet*, nello spazio di lavoro): nessun agente

ricorda o progetta lunghe sequenze di azioni pensandole in un contesto, piuttosto ognuno degli agenti del sistema ‘lascia traccia’ della sua azione modificando l’ambiente in cui agisce.

La memoria distribuita (nello spazio di lavoro) del sistema è allora costituita dall’insieme di tali tracce che ogni agente, localmente, produce. Non esiste un centro nevralgico, una CPU che raccoglie informazioni e le gestisce in maniera centralizzata per progettare lo sviluppo del sistema, piuttosto tutte le informazioni di cui dispone il sistema si trovano in uno spazio esterno, un ambiente fisicamente ‘accessibile a tutti gli agenti’ che formano parte del sistema considerato. Ogni risposta allo stimolo, ogni traccia, costituisce una sorta di ‘exogramma’<sup>13</sup>, un registro esterno di memoria che si pone come nuova condizione per le azioni future.

In questo senso, le regole particolari di cooperazione/competizione tra gli agenti del sistema sono ‘emergenti’: immaginiamo per esempio un sistema in cui gli agenti A, B, C e D hanno (ognuno per proprio conto) l’obiettivo di ordinare dei mattoncini sparsi nello spazio di lavoro, radunandoli tutti in un unico punto. A ognuno di essi si forniscono le seguenti regole di base (il ‘programma genetico’): 1) “quando trovi un mattoncino, raccoglilo”; 2) “se stai trasportando un mattoncino e ne trovi un altro, depositalo in quel punto”; 3) “se stai trasportando un

mattoncino da più di  $n$ -minuti, depositalo”. Gli agenti inizieranno a raccogliere mattoncini e raggrupparli in differenti punti dello spazio (X, Y, Z ...) fino a che un cumulo più grande (X) non verrà riconosciuto come il deposito adeguato e gli altri cumuli (Y e Z) come mattoncini ‘sparsi’ nello spazio di lavoro. La regola “raccogli i mattoncini nel punto X” è emergente. Non solo: è la stessa conformazione dello spazio di lavoro a rendere X un ‘indice’ (semioticamente parlando) del deposito corretto e a retroagire sulle risposte di A, B, C e D, dirigendo il loro comportamento.

## 2. *Lo spazio di lavoro come spazio adattativo: l’esempio della nicchia ecologica.*

Ora, se è chiaro che l’ambiente non è neutro per un agente ma, al contrario, retroagisce attivamente sul suo comportamento, neppure l’agente è neutro per lo spazio che lo circonda. Piuttosto, ogni agente cerca di ‘adattare’ lo spazio in cui lavora per un migliore e più facile raggiungimento dei suoi obiettivi. David Kirsh, in un suo celebre articolo, nota che «un essere vivente ha almeno tre strategie logicamente distinte per migliorare la sua *fitness* [ossia, adeguatezza]. Può *adattarsi* all’ambiente, può *migrare* verso nuovi spazi, o *adattare l’ambiente stesso*»<sup>14</sup>. Gli agenti che abitano uno spazio specifico, non si limitano quindi a reagire in maniera automatica e passiva, semplicemente adattandosi agli

stimoli che questo offre, piuttosto essi sviluppano strategie di ‘riprogettazione’ del proprio ambiente per renderlo così più congeniale ai propri scopi, perché è evidente che «gli esseri viventi con un qualche controllo attivo sulla conformazione del proprio ambiente avranno un vantaggio adattativo su quelli che possono adattarsi solo passivamente alle strutture ambientali esistenti»<sup>15</sup>. Riprogettare l’ambiente non significa semplicemente cambiarne l’aspetto fisico: abbiamo già detto che la struttura fisica dell’ambiente contiene informazioni implicite su come servirsene; essa è caratterizzata da delle *affordance* differenti per ciascun agente che lo percorre. Così, una parete liscia è un ostacolo per un gatto che la vuole scalare, mentre costituisce una normale ‘superficie calpestabile’ per un ragno. Tenendo presente quanto detto, risulta evidente come modificare ‘fisicamente’ un ambiente significa cambiarne anche le *affordance*, cioè il suo grado di ‘utilizzabilità’ per un agente o un altro differente. Rendere più facile un obiettivo da raggiungere implicherà quindi, per l’agente, una ‘modificazione fisica’ dello spazio circostante: se A deve raggiungere l’oggetto X che si trova dall’altro lato di un fiume, costruire un ponte che lo attraversa non cambia solo l’aspetto fisico dell’ambiente, ma ‘la natura stessa del compito’ che A deve portare a termine.

Riassumendo:

«Nella riprogettazione dell’ambiente, l’animale rimane nella stessa regione geografica ed è esso stesso responsabile per i cambiamenti nell’ambiente. L’ambiente globale non offre all’animale un ventaglio di habitat preesistenti, differenti per aspetti salienti, tra i quali l’animale [ossia l’agente] successivamente sceglie. Piuttosto, l’animale stesso crea attivamente i cambiamenti a partire da un ambiente diverso preesistente’ [virgolette mie]»<sup>16</sup>.

Perciò un habitat non è semplicemente selettivo, ma adattativo: in esso gli ostacoli selettivi ‘non sono fissi’; al contrario, gli agenti che vi operano li modificano continuamente, producendo una nicchia ecologica che è loro congeniale. Ma i cambiamenti che ogni agente apporta all’habitat (allo ‘spazio di lavoro’) costruendo la sua nicchia ecologica, modificano gli ostacoli selettivi degli altri agenti che lo condividono: per esempio, la diga che un castoro costruisce modifica gli ostacoli selettivi per i pesci del corso d’acqua. Essa è una traccia lasciata da un agente che ‘indica’ cosa ‘si può fare’ ad altri agenti del sistema.

In questo senso lo spazio di lavoro di un sistema multi-agente, dev’essere inteso come uno spazio adattativo in cui ogni agente lavora per costruire, con le sue azioni locali, la propria ‘nicchia ecologica’, modificandone gli indici e influenzando ‘indirettamente’ il comportamento degli altri agenti del sistema.

3. *Agenti ecologici e regole emergenti: stigmergia e retro-azione.*

Parliamo quindi di agenti ‘situati’ in una nicchia ecologica: tra agente e nicchia si sviluppa una dinamica di mutua influenza. Parafrasando Kirsh, essi si ‘riprogettano’ a vicenda. Ma quale meccanismo può spiegare la riprogettazione dell’ambiente, l’emergenza di strutture di informazioni, la stessa coordinazione indiretta tra gli agenti, attraverso la mediazione dello ‘spazio di lavoro’? Un concetto adeguato è già stato coniato nello studio delle cosiddette ‘intelligenze di sciame’, cioè delle abilità cognitive caratteristiche di branchi, stormi, banchi di pesci, ma in maniera più evidente e profonda degli insetti sociali: si tratta della ‘stigmergia’.

La stigmergia è generalmente definita come «un meccanismo di coordinazione tra azioni, mediato e indiretto, in cui la traccia di un’azione lasciata in un mezzo stimola l’esecuzione di un’azione susseguente»<sup>17</sup>. Composto di *stigma* (stimolo/segno) ed *ergon* (lavoro/opera), si tratta di un termine tecnico originalmente sviluppato in uno specifico ramo della biologia, dall’entomologo Pierre-Paul Grassé<sup>18</sup>. Egli plasmò questo concetto come una risposta al cosiddetto ‘paradosso della coordinazione’ che caratterizza il comportamento cooperativo degli insetti sociali<sup>19</sup>, cioè: com’è possibile che individui la cui intelligenza è estremamente limitata, che non possiedono alcuna idea

globale di ciò che gli sta accadendo tutt’attorno, possano produrre risposte cognitivamente complesse? Trovò una soluzione osservando il comportamento di una colonia di termiti: ogni volta che un agente completava un compito, produceva cambiamenti nella ‘struttura dello spazio di lavoro’ condiviso con altri agenti; cioè, egli stava cambiando le *affordance* dell’ambiente, i suoi significati pratici; lasciava degli ‘indici’ disponibili nello ‘spazio di lavoro’.

In questo senso, lo spazio di lavoro condiviso da tutti gli agenti del sistema multi-agente dev’essere inteso come la ‘nicchia’ in cui essi vivono, lo spazio ecologico che essi costruiscono collettivamente scaricandovi molte informazioni implicite. La stigmergia può, quindi, essere definita come la dinamica di base di ogni teoria della ‘costruzione della nicchia’, considerando che

«La prospettiva della costruzione della nicchia [...] si oppone alla prospettiva convenzionale [sull’evoluzione e selezione delle specie] mettendo l’enfasi sulla capacità degli organismi di modificare gli stati ambientali. [...] Facendo ciò, ‘gli organismi co-dirigono la propria evoluzione’ [virgolette mie], spesso ma non esclusivamente in un modo che è adatto ai propri genotipi, modificando nel processo quegli schemi di selezione che retroagiscono su essi stessi come anche sulle altre specie che abitano il loro ambiente»<sup>20</sup>.

Quindi, riassumendo, il principio fondamentale della stigmergia afferma che il lavoro prodotto da un 'agente' in un 'mezzo' lascia una 'traccia' che stimola un'attività susseguente da parte dello stesso agente o di uno differente che condivide il medesimo mezzo. Ciò implica un ciclo retroattivo tra lo 'stimolo/segno' ↔ 'lavoro'; una condizione implica un'azione che modifica quella stessa condizione, producendo una nuova azione (condizione → azione → condizione<sup>1</sup> → azione<sup>1</sup>...). Seguendo questo principio viene naturale descrivere la stigmergia come un tipo di cognizione situata e distribuita<sup>21</sup>: la comunicazione tra gli agenti è mediata dall'ambiente, ovvero il 'mezzo'. In questo senso è importante notare che la traccia 'stimola' l'azione, non la 'determina'; essa rende una risposta più probabile, ma non necessaria. Più forte ed evidente è la traccia, più è probabile che essa ottenga una risposta corrispondente. Per far sì che questo meccanismo produca una coordinazione effettiva, il mezzo dev'essere accessibile, e quindi 'modificabile', per ognuno degli agenti implicati.

L'immagine che otteniamo è quella di un sistema per la cognizione distribuita massicciamente 'parallelo': ogni agente porta a termine computazioni individuali che producono un effetto nel mezzo mentre egli sta cercando di raggiungere il suo obiettivo locale, una 'traccia' che, come effetto collaterale, è un 'indizio' per gli agenti che stanno

condividendo quel mezzo, rendendo possibile in questo modo una comunicazione indiretta tra di essi. Quindi, la traccia è una conseguenza di un'azione e perciò contiene dell'informazione a proposito di essa, che può essere resa esplicita attraverso un' 'abduzione': la traccia è, nella prospettiva individuale dell'agente, un ostacolo, una 'sfida cognitiva' che deve superare per raggiungere il suo obiettivo locale.

In questo contesto, bisogna notare che ci sono due generi fondamentali di stigmergia, che possiamo distinguere in termini del tipo di segno usato per comunicare: uno è chiamato 'stigmergia sematettonica'<sup>22</sup>, mentre l'altro è la 'stigmergia basata su marcatori'<sup>23</sup>. Il primo si riferisce alla trasmissione di significato attraverso le 'strutture' modellate nel 'mezzo': per esempio, aprire un sentiero di foraggiamento indica una pista da seguire, mentre un cumulo indica un punto di deposito; dall'altro lato, la stigmergia basata su marcatori è caratterizzata da un'informazione più puntuale e precisa che rivela una caratteristica 'simbolica': due esempi concreti sono il rilascio di feromoni per segnalare, per esempio, un'importante fonte di foraggiamento (più è forte la traccia di feromone più è probabile che un agente reagisca) o, nel caso delle formiche, rilasciare acido formico segnala un pericolo, un attacco. Quest'ultimo esempio è particolarmente interessante per spiegare lo sviluppo di una funzione simbolica attraverso la selezione

naturale di un algoritmo efficiente come ‘nemico’ → ‘acido formico’: Edward Wilson e Bert Hölldobler<sup>24</sup> hanno rimarcato come, da una spontanea e ripetuta azione di difesa (il getto d’acido) di fronte al pericolo, quella secrezione chimica ha ottenuto un valore simbolico fortemente legato all’informazione “c’è un nemico là fuori”. Perciò, Francis Heylighen<sup>25</sup> ha notato come, in termini peirciani, possiamo definire il primo caso sematettonico come un tipo di comunicazione indiretta attraverso indici, mentre nel secondo caso, basato su marcatori, possiamo parlare di comunicazione simbolica. Ciò perché nel primo caso il segno consiste in un’indicazione consequenziale, implicita nello stato fisico del mezzo, mentre nel secondo caso la connessione semantica è basata sulla relazione tra un marcatore e uno stato di cose stabilito da un agente attraverso il continuo uso di esso.

Tenendo presente che la stigmergia è effettivamente un’ingegnosa etichetta per definire ogni dinamica in cui un’azione è stimolata da un segno e ogni risposta è, più o meno, eterodiretta dall’informazione esterna distribuita nell’ambiente, la principale caratteristica di un sistema stigmergico sembra essere proprio ‘il ruolo dei segni’ nella cognizione distribuita degli agenti.

#### 4. *Nicchia sociale e nicchia culturale: due sistemi semiotici.*

Se la nicchia ecologica è uno spazio di *affordance* e indici (ossia, di segni), di ‘strutture adeguate’ che un agente si costruisce nel suo ecosistema di modo che gli sia più congeniale, di modo che gli riesca in esso più facile raggiungere i suoi obiettivi locali, la nicchia sociale e la nicchia culturale, al pari della nicchia ecologica, saranno allora sistemi di segni (cioè, ‘sistemi semiotici’), in cui le strutture emergenti, cariche di informazioni implicite, sono proprio le regole del comportamento collettivo (le leggi) e le pratiche della cultura (i riti).

Nel caso degli esseri umani, nicchia ecologica, sociale e culturale sono contigue e interrelate: per esempio la città è un ‘ambiente fisico’, uno spazio modificato e strutturato, però è anche il luogo della vita associata e cooperativa: una piazza non è solo uno spazio aperto, ma anche ‘un luogo di incontro’; ancora, le strutture della città possono avere un significato secondo, ‘simbolico’, e in ciò rappresentano una nicchia culturale: una casa non è solo un ‘rifugio’, ma anche un ‘focolare’.

In effetti, «la costruzione della nicchia umana, attraverso la modificazione dell’ambiente, crea ‘artefatti’ [virgolette mie] e altre risorse ecologicamente ereditate che non soltanto agiscono come fonti di selezione biologica sui geni umani [...] ma facilitano anche l’apprendimento e mediano le tradizioni culturali»<sup>26</sup>. Dobbiamo

considerare tali artefatti come i ‘segni’ che mediano la comunicazione indiretta, la stigmergia, tra gli agenti di una stessa nicchia culturale (lo ‘spazio di lavoro’ che stiamo considerando) intesa, quindi, come un sistema semiotico.

Come ha già osservato *en passant* Francis Heylighen<sup>27</sup>, possiamo usare una terminologia peirciana per distinguere tra stigmergia sematettonica e quella basata su marcatori (cfr. *supra*, § 3), rispettivamente per mezzo di ‘indici’ e ‘simboli’. Tuttavia, credo che questa piccola intuizione sul carattere semiotico della stigmergia ci suggerisca un elemento importante: la cornice semiotica può farci superare il divario tra la stigmergia umana e quella non umana. Ciò che cambia non è il ‘meccanismo’ di comunicazione indiretta, ma il ‘tipo di segni’ impiegati dagli agenti.

Ora, nei suoi scritti semiotici Peirce descrive un segno come una rappresentazione che riferisce a un oggetto. Ci sono tre tipi fondamentali di segni: ‘icone’, ‘indici’ e ‘simboli’. Un’icona è un segno che rappresenta il suo oggetto per via di una somiglianza con esso; è completamente indipendente da qualsiasi interprete perché il suo valore semiotico è dovuto solamente alla sua somiglianza con il referente, come l’immagine – l’informazione visuale – contenuta in un quadro (che è un’ipoicona). Un indice è, invece, un segno che rappresenta

direttamente uno stato di cose, una relazione (spesso causale), per esempio l’impronta di un piede sulla sabbia è indice dell’uomo che ci ha camminato sopra alcuni minuti prima; il suo valore semiotico non è relativo ad alcun soggetto particolare, ma direttamente dipendente dallo stato di cose che rappresenta. Infine, un simbolo è un tipo di segno che media una relazione semiotica tra il referente e l’interprete, in ragione di una associazione stabile tra il simbolo e il referente, basata su di un abito acquisito dall’interprete.

Una volta considerato questo contesto, è facile capire in che senso, nel caso della stigmergia di tipo ‘formica’, aprire un cammino di foraggiamento ‘indica’ una pista da seguire, mentre un cumulo ‘indica’ un punto di deposito; allo stesso tempo, nella nicchia sociale umana, chiudere una strada con un cancello ‘indica’ che il passaggio è proibito. È esattamente ciò a cui si riferisce David Kirsh con le parole «riprogettare l’ambiente» (cfr. *supra*, § 2) e, infatti, la manipolazione di segni gioca un ruolo chiave a molti livelli nella costruzione della nostra nicchia sociale: nella borsa valori, per esempio, il prezzo di un bene è un marcatore che simbolizza la relazione domanda/offerta di quel bene. Esso media tra i differenti interessi degli agenti ‘egoisti’ e autonomi che agiscono, localmente, in quel mezzo (*scilicet* il mercato) e l’ordine economico che emerge da tutte queste azioni individuali (le regole

contestuali emergenti) è un macrofenomeno collettivo, imprevedibile a priori nella sua struttura e nello sviluppo delle sue regole<sup>28</sup>.

Ancora, un artefatto iconico, un'ipoicona qual è per esempio un quadro, è anche un exogramma<sup>29</sup>, un segno complesso che influenza la riprogettazione della nicchia culturale. Voglio far notare, a margine di quanto detto, che anche il modo in cui un'informazione iconica è gradualmente modificata dalla manipolazione collettiva che di essa portano avanti gli agenti di un sistema segue una dinamica stigmergica: una certa iconografia emerge attraverso continui e graduali contributi da parte di ciascun agente del sistema, non è pianificata *ab ovo*.

Il vantaggio del segno, dunque, è proprio il fatto che esso è per definizione un 'portatore di informazione' che resta tale 'indipendentemente' dall'essere in connessione con un certo agente (interprete) oppure un altro. Se questo è chiaro per quanto riguarda l'icona e l'indice, è meno certo per quello che riguarda il simbolo. Abbiamo visto, infatti, che il valore semantico di quest'ultimo si deve a un abito associativo stabilito dall'interprete tra il segno e il referente. Però è certo pure che il simbolo non è un elemento semplice, atomico, ma contiene sempre una componente iconica o indicale (deittica) che invece sono indipendenti dall'interpretazione di un agente specifico. Quello che è interessante di questo carattere autonomo dei segni è

dunque il fatto che l'influenza dell'informazione che veicolano ha una portata non solo sincronica, ma 'diacronica'. Il simbolo manicheo del Guerriero della Luce che si oppone, lotta e sconfigge le Tenebre del Male<sup>30</sup> contiene la stessa informazione iconica che ritroviamo in un altro simbolo com'è il San Michele Arcangelo, che indossa l'armatura e sconfigge e schiaccia il Diavolo. Due simboli diversi con due referenti distinti (per l'abito associativo di differenti interpreti) veicolano, tuttavia, 'la stessa informazione iconica' e lo fanno a livello diacronico, perché quell'informazione iconica è veicolata in ipoicone concrete (per esempio un quadro o un affresco) che sono alcuni degli 'artefatti' che manipoliamo per costruire la nostra nicchia culturale (lo 'spazio di lavoro' del nostro sistema multi-agente), sulla cui importanza mettono l'accento Laland e O'Brien<sup>31</sup>.

##### 5. *Spazio strutturato: mente estesa o scaffolded?*

A questo punto, sappiamo che la nicchia culturale di un gruppo umano è il suo 'spazio di lavoro' in quanto sistema multi-agente; che i membri del gruppo sono gli 'agenti' del sistema; che gli artefatti sono gli 'oggetti' che gli 'agenti' del sistema manipolano. Sappiamo anche che questi artefatti sono 'segni' e, pertanto, sono dei 'portatori di informazioni' autonomi rispetto a degli agenti particolari con influenza

non solo sincronica ma ‘diacronica’ sul sistema. Per usare la terminologia di Merlin Donald, sono degli exogrammi, dei registri di memoria esterni.

Come possiamo passare, però, da quest’insieme di elementi ad affermare che una comunità, un gruppo culturale, sviluppa una ‘mente collettiva’?

In un articolo da subito discusso e ormai celebre in filosofia della mente, Andy Clark e David Chalmers presentano la Tesi della Mente Estesa<sup>32</sup>: un soggetto con problemi di memoria (A) appunta delle informazioni in un taccuino, mentre un soggetto normale (B) le immagazzina nel cervello tramite la sua memoria biologica; quando A legge le informazioni registrate sul taccuino non fa nulla di diverso da B, che invece ‘legge’ le informazioni registrate nella sua memoria biologica; la mente di A si estende al taccuino, in quanto esso forma parte del sistema cognitivo che ‘ricorda’ le informazioni. Le obiezioni più forti a questa tesi attaccano tutte il ‘principio di parità’ in essa difeso (*scilicet*, l’equivalenza funzionale tra memoria biologica e ‘memoria-taccuino’). Qui non ci interessa entrare nel merito della legittimità o meno di questo principio. Piuttosto, il contributo maggiore della Tesi della Mente Estesa sta, per quanto ci riguarda, nel sostenere che gli artefatti che un soggetto manipola formano parte, anche se in maniera

complementare<sup>33</sup>, dei suoi processi cognitivi.

Se un soggetto A deposita l’informazione X in un exogramma K, secondo la Tesi della Mente Estesa l’exogramma K forma parte del processo mnemonico di A (tesi ‘forte’) o è perlomeno ‘complementare’ al processo mnemonico di A (tesi ‘debole’). Assumendo la tesi ‘debole’, cosa succede se l’exogramma K in cui l’agente A ha depositato l’informazione X si trova localizzato in un mezzo (uno ‘spazio di lavoro’) accessibile anche agli agenti B, C e D? Succede che K è ‘complementare’ al processo mnemonico anche di B, C e D: se Gianni lascia la lista della spesa sul tavolo e Luca la prende e la usa per comprare ciò che manca in dispensa, la lista della spesa è un artefatto complementare al processo mnemonico tanto di Gianni quanto di Luca.

Gli exogrammi però, come già sappiamo, non sono solo ‘liste della spesa’: anche un quadro, un papiro, una stele di pietra ricoperta di glifi o le pitture rupestri di Altamira sono exogrammi. Sono segni che mediano la comunicazione indiretta tra gli agenti del sistema, sincronicamente e diacronicamente. Sono strumenti che gli agenti utilizzano (o producono) nel tentativo di adattare lo spazio selettivo, nel tentativo di costruire la propria nicchia. Come nota Kim Sterelny<sup>34</sup>, infatti, la Tesi della Mente Estesa non è che un caso particolare di costruzione della nicchia o di «uso intelligente dello spazio», per dirla con Kirsh<sup>35</sup>. In questo senso, la

costruzione della nicchia culturale, che è una forma di strutturare l'ambiente con 'impalcature' cognitive (i segni nello 'spazio di lavoro'), si rivela come un'estensione dei processi cognitivi degli agenti del sistema in uno spazio fisico, quello della nicchia, in cui condividono gli artefatti, gli exogrammi, i segni che riprogettano il loro comportamento e in cui le stesse dinamiche cognitive sono quindi collettive.

6. *Conclusioni: la struttura culturale come 'mente' collettiva.*

Che ne è, dunque, in questo contesto, dell'ontologia sociale? Le leggi, 'scritte' o trasmesse in 'formule orali', le pratiche, conservate e codificate nei 'rituali' di una comunità, sono strutture di informazioni esterne veicolate da exogrammi specifici. Exogrammi costruiti gradualmente e collettivamente dagli agenti che abitano una certa nicchia culturale.

In quanto 'segni' sempre disponibili nello 'spazio di lavoro', nella nicchia culturale di una collettività, anche queste 'formule' orali o scritte e questi 'rituali' che codificano il *mos* della comunità si presentano come artefatti localizzati in un certo tempo e in un certo spazio, che influenzano sincronicamente e diacronicamente il comportamento degli agenti del sistema. Modificare l'artefatto implica modificare l'informazione che questo veicola: modificare una scena di un rituale implica cambiare la 'prescrizione' che esso contiene. Tuttavia, non è

necessario che il rituale sia modificato attraverso un'azione collettiva e cosciente di tutti i membri della comunità: basta che un agente del sistema interpreti in maniera leggermente differente un elemento, che un altro agente lo faccia con un altro e via dicendo perché su scala sistemica emerga una consistente modificazione della nicchia culturale.

Ora, l'antropologo americano Roger Keesing già negli anni '70 affermava che la cultura è un «sistema di conoscenza»<sup>36</sup>, un «supercervello che permette a degli umani di risolvere problemi di sopravvivenza in un ampio ventaglio di ambienti [ma] impone dei costi propri: il rituale, il mito, la cosmologia e il magico»<sup>37</sup>. Però la cultura non è solamente un 'dispositivo cognitivo', uno 'strumento' che i membri di una comunità utilizzano per superare le sfide cognitive che l'ambiente in cui vivono pone loro innanzi: essa implementa delle 'credenze' collettive, degli 'obiettivi' collettivi. I processi cognitivi dei suoi membri dipendono dagli exogrammi che essi utilizzano, si estendono in essi e dunque, quando i membri di una comunità condividono i medesimi exogrammi, stanno in realtà condividendo i propri processi cognitivi estesi. Così, «la cultura può essere paragonata a un tessuto»<sup>38</sup> i cui nodi sono gli exogrammi e, come le informazioni condivise nello spazio di lavoro dagli agenti di un sistema multi-agente retroagiscono su di essi riprogrammando il loro comportamento, anche quel sistema semiotico

che è la nicchia culturale retroagisce sugli agenti che la costruiscono, rimodulandone la condotta. È questo tessuto che possiamo definire come la ‘mente’ collettiva – emergente – di un gruppo umano.

FRANCESCO CONSIGLIO

\* Ringrazio il mio supervisore, Fernando Martínez, i professori Manuel de Pinedo e Neftalí Villanueva, e i colleghi del Dipartimento di Filosofia I dell’Università di Granada per i loro preziosi commenti alle idee contenute in questo scritto. Questo lavoro è stato parzialmente finanziato dal progetto “Habla interna, metacognición y la concepción narrativa de la identidad” (MINECO: FFI2015-65953-P) e dal Subprograma de Formación del Personal Investigador (FPI) (MINECO: BES-2016-077237).

<sup>1</sup> H. Dreyfus, *What Computers can't do: a Critique of Artificial Reason*, Harper and Row, New York 1979; J. Searle, *The Rediscovery of the Mind*, MIT Press, Cambridge (Mass.) 1991; Cfr. anche J. Ferber, *Les Systèmes Multi-Agents: vers une intelligence collective*, InterÉditions, Parigi 1995, p. 5 e ss.

<sup>2</sup> A. M. Turing (1950) *Computing Machinery and Intelligence*, “Mind”, 49, 1954, pp. 433-460.

<sup>3</sup> Ferber, p. 6. Traduzione mia, qui e dove non diversamente specificato.

<sup>4</sup> *Ibidem*.

<sup>5</sup> J. J. Gibson, *The ecological approach to visual perception*, Houghton Mifflin, Boston 1979.

<sup>6</sup> Ferber, p. 7.

<sup>7</sup> Ivi, p. 8.

<sup>8</sup> Ivi, p. 9.

<sup>9</sup> Ivi, p. 13.

<sup>10</sup> *Ibidem*.

<sup>11</sup> Ivi, p. 14.

<sup>12</sup> Cfr. Gibson, *The ecological approach to visual perception*.

<sup>13</sup> Cfr. M. Donald, *The Exographic Revolution: Neuropsychological Sequelae*, in L. Malafouris e C. Renfrew, a cura di, *The cognitive life of things. Recasting the boundaries of the mind*, Oxbow books, Oxford 2010, pp. 71-79: «Lashley (1950) definì un registro di memoria

immagazzinato nel sistema nervoso un ‘engramma’. [...] I registri di memoria immagazzinati al di fuori del sistema nervoso (per esempio, tavolette d’argilla, papiri, libri stampati, archivi del governo o dati bancari elettronici) possono essere chiamati ‘exogrammi’».

<sup>14</sup> D. Kirsh, *Adapting the Environment Instead of Oneself*, “Adaptative Behavior”, Vol. 4, No. 3/4, 1996, p. 415.

<sup>15</sup> Ivi, p. 416.

<sup>16</sup> Ivi, p. 428.

<sup>17</sup> F. Heylighen, *Stigmergy as a universal coordination mechanism I: Definition and components*, “Cognitive Systems Research”, 38, 2016, p. 6.

<sup>18</sup> Cfr. P. P. Grassé, *La reconstruction du nid et les coordinations interindividuelles chez Bellicositermes natalensis et Cubitermes sp. la théorie de la stigmergie: Essai d'interprétation du comportement des termites constructeurs*, “Insectes Sociaux”, 6/1, 1959, pp. 41-80.

<sup>19</sup> Cfr. E. Bonabeau *et alii*, *Self-organization in social insects*, “Trends in Ecology & Evolution”, 12/5, 1997, pp. 188-193; Id., *Swarm intelligence: from natural to artificial systems*, Oxford University Press, Oxford 1999.

<sup>20</sup> K. N. Laland, M. J. O’Brien, *Cultural Niche Construction: An Introduction*, “Biological Theory”, 6/3, 2012a, p. 191. La Teoria della Costruzione della Nicchia include studi sulla costruzione della nicchia animale [D. Kirsh, *Adapting the Environment Instead of Oneself*; K. Sterelny, *Social intelligence, human intelligence and niche construction*, “Philosophical Transactions of the Royal Society B”, 362, 2007, pp. 719-730], la costruzione della nicchia umana [K. Sterelny, *Social intelligence, human intelligence and niche construction*; J. Kendal, J. J. Tehrani, J. Odling-Smee, *Human niche construction in interdisciplinary focus*, “Philosophical Transactions of the Royal Society B”, 366, 2011, pp. 785-792; K. N. Laland, M. J. O’Brien, *Genes, Culture, and Agriculture. An Example of Human Niche Construction*, “Current Anthropology”, Vol. 53, N. 4, 2012, pp. 434-470], la costruzione della nicchia sociale [P. A. Ryan, S. T. Powers, R. A. Watson, *Social niche construction and evolutionary transitions in individuality*, “Biology & Philosophy”, 31/1, 2016, pp. 59-79] e la costruzione della nicchia culturale [K. N. Laland, M. J. O’Brien, *Cultural Niche Construction: An Introduction*], ognuno dei quali sostiene che «L’evoluzione implica reti di causazione e retroazione in cui gli organismi precedentemente selezionati guidano i cambiamenti ambientali, e gli ambienti modificati dagli organismi susseguentemente selezionano inducendo cambiamenti negli organismi stessi» (J. Kendal, J. J. Tehrani, J. Odling-Smee, *Human niche construction in interdisciplinary focus*, p. 785).

<sup>21</sup> Cfr. J. Sutton, *Distributed Cognition. Domain and dimensions*, “Pragmatics & Cognition”,

14/2, 2006, pp. 234-247.

<sup>22</sup> Cfr. E. O. Wilson, *Sociobiology: The new synthesis*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.) 1975.

<sup>23</sup> Cfr. H. V. D. Parunak *A survey of environments and mechanisms for human-human stigmergy*, in D. Weyns, H. V. D. Parunak, F. Michel, a cura di, *Environments for multi-agent systems II*, Springer, Heidelberg 2006, pp. 163-186.

<sup>24</sup> Cfr. B. Hölldobler, E. O. Wilson, *The Superorganism. The Beauty, Elegance, and Strangeness of Insect Societies*, Norton & Company, New York 2009.

<sup>25</sup> Heylighen, *Stigmergy as a universal coordination mechanism I: Definition and components*.

<sup>26</sup> Laland & O'Brien, *Cultural Niche Construction: An Introduction*, p. 197.

<sup>27</sup> Heylighen, *Stigmergy as a universal coordination mechanism I: Definition and components*.

<sup>28</sup> Cfr. L. Marsh, C. Onof, *Stigmergic epistemology, stigmergic cognition*, "Cognitive Systems Research", 9/1-2, 2008, pp. 136-149.

<sup>29</sup> Cfr. nota 13.

<sup>30</sup> Cfr. H. Jonas, *Lo Gnosticismo*, SEI, Torino 2002.

<sup>31</sup> Cfr. nota 26.

<sup>32</sup> A. Clark, D. Chalmers, *The Extended Mind*, "Analysis", 58, 1998, pp. 10-23.

<sup>33</sup> Cfr. J. Sutton, *Exograms and Interdisciplinarity: History, the Extended Mind, and the Civilizing Process*, in R. Menary, a cura di, *The Extended Mind*, MIT Press, Cambridge (Mass.) 2010, p. 204.

<sup>34</sup> K. Sterelny, *Minds: extended or scaffolded?*, "Phenomenology and the Cognitive Sciences", 9, 2010, pp. 465-481.

<sup>35</sup> D. Kirsh, *The intelligent use of space*, "Artificial Intelligence", 73, 1995, pp. 31-68.

<sup>36</sup> R. M. Keesing, *Theories of Culture*, "Annual Review of Anthropology", 3, 1974, p. 89.

<sup>37</sup> *Idem*, p. 91.

<sup>38</sup> F. Remotti, *Cultura. Dalla complessità all'impoverimento*, Laterza, Roma-Bari 2011, p. 290.