

DINO BUZZETTI\*

## TURING E L'ELABORAZIONE AUTOMATICA DEL TESTO

ABSTRACT. – *Turing and Automated Text Processing*. Turing's contention that all mental functions can be reduced to computable operations seems to be questioned precisely by applied computation to text processing. Criticisms have been addressed to the test proposed by Turing for an empirical verification of his conjecture, both from an objective and a subjective point of view, by Penrose and Searle respectively. Automated text processing allows us to transpose Searle's objections into a linguistic context and to show that they raise the same questions as those brought up by Penrose's objections, namely the problems of computability and indeterminacy. These very questions were among Turing's last concerns and he seemed to envisage a coupling of indeterminate descriptions of physical phenomena with scientifically computable predictions of their objective states. A suitable discussion of these problems requires however, as S. Barry Cooper suggests, a full recognition of the new scientific paradigm emerging from the developments in physics in the 20th century. In this regard, Merleau-Ponty's epistemological reflections as well as, on a more formal level, the foundational implications of the new calculus of indications introduced by the English mathematician George Spencer Brown, seem most relevant indeed.

RIASSUNTO. – La convinzione di Turing secondo cui tutte le funzioni mentali sarebbero riducibili a operazioni computabili paiono smentite proprio dai risultati della computazione applicata all'analisi del testo. Al *test* proposto da Turing per la verifica empirica della sua congettura, sono state mosse critiche sia da un punto di vista oggettivo, sia da un punto di vista soggettivo, rispettivamente da Penrose e da Searle. L'analisi automatica del testo permette di trasporre sul piano linguistico le obiezioni di Searle e di mostrare che anch'esse sollevano, così come le obiezioni di Penrose, i problemi tra loro connessi dell'indeterminazione e della computabilità. Lo stesso Turing aveva insistito su queste questioni nelle sue ultime riflessioni e proponeva di affiancare all'indeterminismo della descrizione dei fenomeni fisici la computabilità della previsione scientifica dei loro stati oggettivi. Un'adeguata discussione di questi problemi richiede tuttavia, come suggerisce S. Barry Cooper, la piena accettazione del nuovo paradigma scientifico imposto dagli sviluppi della fisica del Novecento e a questo proposito paiono di rilevanza decisiva le riflessioni epistemologiche di

\* Fondazione per le Scienze Religiose «Giovanni XXIII» – Via San Vitale, 114 – 40125 BOLOGNA. buzzetti@fscire.it

Merleau-Ponty così come, sul piano formale, le implicazioni fondazionali del nuovo calcolo delle indicazioni introdotto dal matematico inglese George Spencer Brown.

1. Il contributo teorico di Alan Turing sulla «macchina universale» che porta il suo nome, viene concordemente posto alla base della fondazione e dello sviluppo dell'informatica moderna<sup>1</sup>. Alcune sue tesi, di portata filosofica più generale, paiono però smentite proprio dai risultati della computazione. È questo il caso, qui discusso, dell'elaborazione automatica del testo, le cui procedure e applicazioni prevalenti sembrano contraddire alcuni assunti fondamentali della cosiddetta intelligenza artificiale (AI)<sup>2</sup>, una disciplina che riconosce proprio nelle idee di Turing il suo originario impulso ispiratore<sup>3</sup>.

Secondo Andrew Hodges, «Turing era un matematico» e «non un filosofo», ma non pare una cosa così «curiosa», come invece Hodges lascia intendere, che «il suo articolo più famoso fosse pubblicato in una rivista di filosofia». Infatti, se è vero che il contributo scientifico di Turing si esprime fondamentalmente «nel suo modo di considerare l'oggetto della logica simbolica come un nuovo ramo della matematica applicata, a cui egli assegnava anche un contenuto di natura fisica e ingegneristica», è pur vero che Turing ha sempre «avuto in mente qualcosa di più grande», ossia, come pare avesse confidato al suo assistente nel 1944, l'idea di «costruire un cervello»<sup>4</sup> e che queste «provocatorie parole [...] presagivano già la relazione posta da Turing tra la sua ingegneria informatica strettamente tecnica e una certa filosofia della mente». Ed è proprio questa sua radicata convinzione che viene posta in dubbio dai risultati stessi della computazione nel campo dell'elaborazione automatica del testo. Conviene quindi insistere ora sul modo in cui Turing metteva in relazione le regole e le operazioni delle «macchine automatiche» con i «processi della mente umana» (Hodges, 2011).

<sup>1</sup> Cfr. Turing (1936-37). «Th[is] paper [...] gave a definition of computation and an absolute limitation on what computation could achieve, which makes it the founding work of modern computer science» (Hodges, 2011).

<sup>2</sup> Usiamo per «intelligenza artificiale» la sigla AI, ricavata dall'espressione inglese corrispondente *Artificial Intelligence* e ormai entrata nell'uso corrente.

<sup>3</sup> Cfr. Turing (1950). «[Its] contention was that the computer, when properly programmed, could rival the brain. It founded the 'Artificial Intelligence' program of coming decades» (Hodges, 2011).

<sup>4</sup> Cfr. Cooper (2012: p. 3). «Turing himself is said by Andrew Hodges to have spoken to Donald Bayley in 1944 of "building a brain"».

2. Fin dal 1945 Turing era convinto che «per tener conto di tutte le funzioni mentali esercitate dal cervello fossero sufficienti operazioni computabili», ma per mettere a confronto le capacità della computazione con le capacità del cervello umano cercò di evitare, nel suo famoso articolo *Computing Machinery and Intelligence*, apparso su *Mind* nel 1950, «ogni discussione sulla natura del pensiero, della mente e della coscienza e di fornire esclusivamente un criterio in termini di osservazione esterna» (Hodges, 2011). Secondo Turing, il problema se «le macchine possano pensare» può così «essere descritto come un gioco, chiamato 'gioco di imitazione'» (Turing, 1950: p. 433), in cui «un essere umano e un computer programmato fanno a gara, usando solo messaggi di testo, per convincere un giudice imparziale a decidere chi dei due sia l'essere umano». Questo «esperimento mentale», che oggi potrebbe essere facilmente realizzato, è ciò che ora viene comunemente chiamato il «Test di Turing». Esso avrebbe dovuto offrire un criterio empirico per verificare l'ipotesi che «la computazione» sia «sufficiente a spiegare l'agire della mente» (Hodges, 2011). Con questa congettura Turing andava al di là della semplice caratterizzazione delle procedure algoritmiche come ciò che è «calcolabile per mezzo di una LCM» (Turing, 1948: p. 7), ossia da una *logical computing machine* – la designazione che egli stesso usava per la macchina che aveva descritto nel suo fondamentale lavoro del 1936, *On Computable Numbers*. Turing, cioè, non si limitava ad affermare che la definizione di procedura algoritmica proposta da Alonzo Church (la cosiddetta «Tesi di Church») poteva essere considerata equivalente alla definizione di «computabilità con una macchina di Turing» (Church, 1937: p. 43). Egli «aveva in mente qualcosa di più» e riteneva «che le capacità computazionali di qualsiasi dispositivo *fisico* dovessero (idealmente) essere equivalenti all'azione di una macchina di Turing». Sicché, a giudizio di Roger Penrose,

pare verosimile che egli concepisse le azioni fisiche in generale – comprese le azioni del cervello umano – come qualcosa sempre riducibile a una certa azione della macchina di Turing. E forse sarebbe opportuno chiamare quest'asserzione (fisica) «Tesi di Turing», distinguendola dall'asserzione originaria (puramente matematica) della «Tesi di Church» (Penrose, 1994: pp. 20-21).

Su quella che Penrose propone di chiamare tesi di Turing si è comprensibilmente aperta un'ampia discussione e l'idea che il «gioco di imitazione» che Turing descrive nel 1950, il cosiddetto «Test di Turing», dovesse costi-

tuire un criterio di verifica empirica della sua ipotesi fisica forte sulla relazione fra le operazioni logiche della macchina di Turing e le operazioni fisiche della mente umana ha suscitato numerose riserve. Ci limiteremo qui a considerare le posizioni critiche espresse rispettivamente da un fisico (Penrose), e da un filosofo (Searle), che esemplificano tipicamente due diversi punti di vista nel modo di affrontare il problema della relazione tra l'aspetto logico e l'aspetto fisico delle operazioni della mente.

3. Come si è visto, Penrose distingue tra la tesi logica, equivalente alla Tesi di Church, e la tesi fisica di Turing, a proposito della quale solleva le sue riserve. Secondo Penrose, le operazioni della mente non sono computabili, perché le leggi che le rendono fisicamente possibili sono di natura quantistica e quindi non deterministiche. Andrew Hodges, in una lezione tenuta ad Amburgo nell'anno 2000, riassume così la posizione di Penrose:

il teorema di Gödel ci dice che possiamo riconoscere la verità di certe affermazioni che non possono essere dimostrate applicando un sistema di regole formali. Se si fa ricorso a macchine di Turing, questo argomento può essere riformulato per mostrare che la mente è capace di eseguire operazioni non computabili. Anche Gödel accettava questa concezione delle capacità mentali, ma Penrose, diversamente da Gödel, insiste sulla presenza di una base materialistica o fisicalistica delle facoltà mentali e ne deduce che ci debbono essere elementi non computabili nelle leggi fisiche di cui si giova il cervello quando esegue il compito non computabile di riconoscere la verità. Penrose colloca questi elementi nelle leggi a tutt'oggi ancora sconosciute che governano la riduzione della funzione d'onda in meccanica quantistica. Quindi Penrose contesta in modo esplicito la Tesi di Turing, espressa nella forma che egli stesso ne ha proposto.

Sicché, mentre negli anni successivi al 1950 l'interesse di Turing si era completamente rivolto «al potenziale della computabilità e alla scoperta che tutte le operazioni computabili potevano essere considerate realizzazioni di un'unica macchina universale» (Hodges, 2000-02), Penrose dà mostra di ritenere «che le funzioni cerebrali non possano essere simulate dal programma di un computer perché la loro base fisica è di natura quantomeccanica».

Penrose, secondo Hodges, «ha ripreso» proprio «i due temi che Turing considerava di più difficile composizione con la sua tesi della computabilità delle funzioni mentali – il teorema di Gödel e il processo quantomeccanico

di riduzione» della funzione d'onda (Hodges, 2008: p. 21)<sup>5</sup>. Ma mentre negli ultimi anni Turing manifestava l'intenzione di riformulare le leggi della meccanica quantistica per risolvere il problema della prevedibilità del processo di riduzione<sup>6</sup>, Penrose non si discosta dalla posizione di Eddington, riferita dallo stesso Turing, secondo cui «tale prevedibilità non è possibile nemmeno teoricamente a motivo del principio di indeterminazione della meccanica quantistica» (Turing, 2004: pp. 112-113)<sup>7</sup>. Il problema pare quindi derivare essenzialmente dal modo di considerare la portata del principio di indeterminazione: sembra che Turing non abbia mai voluto rinunciare al suo programma, che mirava ad estendere il campo di applicazione della computabilità, mentre Penrose insiste sulle conseguenze indeterministiche della fisica quantistica e, in collaborazione col medico Stuart Hameroff, ha recentemente proposto una teoria<sup>8</sup> che cerca di spiegare concretamente i fenomeni mentali non computabili sulla base di processi fisici di «riduzione oggettiva orchestrata», eventi che si produrrebbero nei microtubuli della struttura cellulare dei neuroni cerebrali e che starebbero alla base dell'«agire causale cosciente» (Hameroff, 2012: p. 1). Lo stesso Penrose riassume la sua posizione in questi termini:

Ho cercato di mettere in evidenza che il solo fatto di poter descrivere qualcosa con precisione scientifica non implica che quel fenomeno sia computabile. È molto probabile che l'attività fisica che soggiace al nostro pensiero conscio possa essere governata da leggi fisiche esatte, ma di natura non algoritmica, e che il nostro pensiero conscio possa in realtà essere la manifestazione interiore di un'attività fisica non algoritmica di un certo genere (Penrose, 1990: p. 653).

<sup>5</sup> Cfr. Penrose (1989).

<sup>6</sup> Turing (1953/54): «I'm trying to invent a new Quantum Mechanics but it won't really work».

<sup>7</sup> Su questo testo di Turing, così ci informa B. Jack Copeland (2012: p. 651): «Turing's lecture *Can Digital Computers Think?* was broadcast on BBC Radio on 15th May 1951 (repeated on 3rd July). [...] In modern times, *Can Digital Computers Think?* was virtually unknown until 1999, when I included it in a small collection of unpublished work by Turing (*A Lecture and Two Radio Broadcasts on Machine Intelligence by Alan Turing*, in *Machine Intelligence 15*) and again in *The Essential Turing* in 2004. The [...] published text [...] is from Turing's own typescript and incorporates corrections made in his hand». Quanto ad Eddington, nelle sue Gifford Lectures tenute nel 1927 all'Università di Edinburgo, così scrive (Eddington, 1928: p. 307): «It is just this simple prediction that the principle of indeterminacy expressly forbids».

<sup>8</sup> Cfr. Penrose (1994).

Penrose, quindi, fondandosi sul principio di indeterminazione, critica quella che egli chiama la Tesi di Turing e propone una spiegazione della non computabilità delle operazioni mentali che è di natura chiaramente oggettivistica e di orientamento sostanzialmente riduzionistico.

4. Di tenore completamente diverso sono invece le critiche mosse da Searle all'adeguatezza del Test di Turing e al programma dell'intelligenza artificiale. Searle immagina una realizzazione concreta del «gioco di imitazione» che era stato proposto da Turing «per sostenere che un computer adeguatamente programmato potrebbe mostrare di possedere un'intelligenza di livello umano» (Hodges, 2008: 14). Il *Gedankenexperiment* (Searle, 1980a: p. 417) concepito da Searle sarebbe però tale da negare la validità del criterio suggerito da Turing. Egli stesso presenta in questo modo la sua «confutazione» del Test di Turing:

Si immagini, per esempio, un uomo di lingua madre inglese, che non conosca il cinese, chiuso in una stanza con scatole piene di simboli cinesi (un data base) e con un libro di istruzioni per maneggiarli (il programma). Si immagini poi che qualcuno dall'esterno faccia giungere nella stanza altri simboli cinesi, che l'uomo non conosca e che rappresentino delle domande rivolte in cinese (l'input). E si immagini, infine, che l'uomo nella stanza, seguendo le istruzioni del programma, riesca a inviare all'esterno simboli cinesi che costituiscano le risposte corrette a quelle domande (l'output). Il programma permette alla persona nella stanza di superare il test di Turing, ma egli non comprende nessuna parola di cinese (Searle, 2001: p. 115).

Ora, se l'uomo non è in grado di capire il cinese solo perché esegue le istruzioni del programma, anche il computer non può farlo: «il solo fatto di manipolare dei simboli non è sufficiente a garantirne la conoscenza» (Searle, 1990: p. 26). Dunque, conclude Searle, «programmi messi in azione non costituiscono una mente»: l'uomo supera il Test di Turing ma non capisce il cinese, perché «è in possesso solo della sintassi formale del programma e non del contenuto mentale effettivo o del contenuto semantico che è associato alle parole di una lingua quando chi la parla la capisce». Se le domande gli sono rivolte nella lingua madre l'uomo le capisce, se gli sono rivolte in cinese non le capisce e «si comporta come un computer digitale». Sicché il Test di Turing non riesce a distinguere le reali capacità mentali dalla simulazione di

tali capacità: «una simulazione non è una duplicazione e il Test di Turing non riesce a far notare la differenza» (Searle, 2001: p. 115).

Come è stato detto, «l'argomento della stanza cinese» di Searle «è forse l'argomento più autorevole e più ampiamente citato contro le tesi sostenute dall'intelligenza artificiale (AI)» (Hauser, 1997: p. 199), o più precisamente contro «un test *à la* Turing sull'intelligenza delle macchine» (Bishop, 2012: p. 581). E «benché negli ultimi trent'anni abbiamo assistito a tremende discussioni sulla validità dell'argomento della stanza cinese, si è però formato un ampio consenso sulla grande influenza che esso ha esercitato» (Bishop, 2004: p. 47). Così, anche uno di coloro che lo hanno criticato, giudica l'argomento di Searle «un criterio che rivaleggia col Test di Turing nel porsi come pietra di paragone per le ricerche filosofiche sui fondamenti dell'AI» (Rapaport, 1988: p. 83). Ed è effettivamente l'intelligenza artificiale il bersaglio polemico di Searle. La sua critica è tuttavia intenzionalmente rivolta solo contro la cosiddetta intelligenza artificiale forte, o *strong AI*, cioè contro la tesi che «un elaboratore digitale [...] che soddisfi il Test di Turing sia necessariamente dotato di una mente», e non contro le tesi della cosiddetta intelligenza artificiale debole, o *weak AI*, secondo cui un computer è semplicemente «uno strumento utile per simulare e quindi per studiare i processi mentali», senza che la capacità di mettere in azione un programma gli «garantisca la presenza di stati mentali» (Searle, 2001: p. 115). Ciò che l'argomento della stanza cinese dimostra è solo che «la *computazione*, così com'è definita da Alan Turing e da altri, cioè come manipolazione formale di simboli, non è di per se stessa costitutiva del pensare».

Infatti Searle non sostiene che una macchina o un computer «non possano pensare», perché anche «il cervello è una macchina», una macchina biologica, ma pur sempre una macchina capace di pensare e di eseguire computazioni. Searle, poi, non pensa nemmeno che «solo i cervelli possano pensare», perché «non c'è nessun ostacolo logico» a che una macchina dotata di «potenze causali» pari a quelle di un cervello possa duplicarne l'azione e «produrre il processo biologico del pensare». Quindi, anche per Searle il pensiero è il prodotto dell'azione causale di una macchina, ma egli esclude categoricamente che i processi mentali prodotti dal cervello, o da una macchina che ne «duplichi le specifiche potenze causali» (Searle, 2001: p. 116), siano riducibili a pure e semplici «manipolazioni formali, o sintattiche, di simboli». Le operazioni mentali non possono essere «definite in termini di manipolazioni puramente

sintattiche» e, su questa base, «non c'è alcun modo per passare dalla *sintassi* alla *semantica*». Infatti,

le menti hanno contenuti mentali o semantici (ad esempio, per pensare o per comprendere una lingua si deve avere qualcosa di più della mera sintassi e si debbono associare dei significati, dei contenuti di pensiero, alle parole o ai segni) (Searle, 2001: p. 115).

Insomma, per esprimerci «in termini linguistici», le manipolazioni formali di simboli «hanno solo una sintassi, ma non hanno una semantica» (Searle, 1980a: p. 422) e «la sintassi, di per sé, non è né costitutiva della semantica, né sufficiente alla semantica» (Searle, 1990: p. 27).

È importante però osservare che nel saggio del 1980, in cui espone l'argomento della stanza cinese, Searle presenta le sue considerazioni in termini di filosofia della mente e descrive i contenuti mentali prodotti dalle «proprietà causali» del cervello come «stati intenzionali» (Searle, 1980a: p. 421). A proposito della nozione di «intenzionalità», e benché se ne dissocia «per certi aspetti», Searle si richiama ad una «lunga tradizione filosofica» che concepisce l'intenzionalità come «quella proprietà di molti stati ed eventi mentali grazie alla quale essi sono direzionati verso, oppure sono intorno a, o di, oggetti e stati di cose nel mondo» (Searle, 1983: p. 1). Quindi «molti dei nostri stati mentali» sono «direzionati in questo modo ovvero intenzionali» (Searle, 1979: p. 74) e possono essere «definiti in termini di contenuto», per esempio «come un certo contenuto mentale con condizioni di soddisfazione, una direzione di adeguamento (Searle, 1979)<sup>9</sup> e cose simili» (Searle, 1980a: p. 423). Sicché il punto di vista assunto da Searle è chiaramente soggettivistico. Più precisamente, facendo propria la nozione di intenzionalità intesa come stato mentale cosciente, Searle postula l'esistenza di una vera e propria «soggettività ontologica» (Searle, 1991: p. 46; 2002: pp. 22-23) e giudica scientificamente ammissibile il «punto di vista in prima persona» (Searle, 1980b: p.

<sup>9</sup> La locuzione «direzione di adeguamento» (*direction of fit*) «fu usata per la prima volta» (Humberstone, 1992: 60) dal filosofo J. L. Austin (1953). Essa esprime sia l'atto di «fare in modo che le parole (o più precisamente il loro contenuto proposizionale) corrispondano al mondo (*get the words... to match the world*)», sia quello di «fare in modo che il mondo corrisponda alle parole (*get the world to match the words*)» (Searle, 1985: p. 3). La nozione così espressa richiama manifestamente la dottrina della *adaequatio rei et intellectus* di Tommaso d'Aquino.

451). Supponendo che la mente sia sostanzialmente costituita da «esperienze cosce» (Searle, 1992: p. 63) di tipo «privato» e «introspeztivo» (Hauser, 1997: p. 206), questa convinzione o «tesi», come è stata definita da Hauser (2005), afferma che «l'ontologia del mentale è essenzialmente un'ontologia in prima persona» (Searle, 1992: p. 20). Così non sorprende che proprio nel descrivere la condizione dell'uomo situato nella stanza cinese, Searle si riferisca esplicitamente al «punto di vista» personale di quell'uomo, al «suo» punto di vista (Searle 2001: p. 115), vale a dire a quello che l'uomo percepisce in prima persona come proprio stato mentale cosciente; e che lo faccia a ragion veduta, anche se, a giudizio dei suoi critici, è proprio «privilegiando la prima persona» che Searle «pregiudica fatalmente l'esperimento mentale» che lui stesso ha proposto (Hauser, 1997: p. 205). Ma ciò che Searle intende sostenere è precisamente una concezione soggettivistica e antiriduzionistica della mente. A suo modo di vedere, infatti, il possesso di capacità mentali è legato alla presenza accertata di stati intenzionali e «qualunque stato intenzionale è, o effettivamente o potenzialmente, uno stato intenzionale cosciente», sicché

l'attribuzione di qualsiasi fenomeno intenzionale a un sistema, sia «computazionale» che di natura diversa, dipende dall'aver preventivamente accettato la nozione ordinaria che abbiamo della mente, ossia la mente «fenomenologica» cosciente (Searle, 1991: p. 47).

**5.** L'argomento della stanza cinese proposto da Searle non affronta direttamente le questioni dell'indeterminazione e della computabilità. Searle insiste piuttosto sugli aspetti soggettivi dell'attività mentale e riporta l'attenzione sulle capacità che la mente deve necessariamente possedere e che non possono essere ridotte alla pura e semplice manipolazione di simboli. Tuttavia un'analisi più attenta riesce a mettere in luce che proprio quelle questioni che a prima vista parevano essere state, se non ignorate, quanto meno accantonate – la questione dell'indeterminazione e la questione della computabilità su cui invece insiste Penrose – vengono indirettamente riproposte dalle argomentazioni che Searle avanza, in primo luogo, sulla capacità della mente di associare ai simboli contenuti semantici adeguati e, in secondo luogo, sulla presenza nella mente di esperienze cosce e di stati intenzionali. Si può così mostrare, tenendo conto delle conseguenze dell'applicazione di procedure computazionali all'analisi del testo letterario, che le critiche mosse alla tesi di Turing da Penrose e da Searle, da punti di vista rispettivamente diversi, l'uno oggettivi-

vo e l'altro soggettivo, possono essere considerate di fatto complementari e sostanzialmente convergenti. Al di là dei risultati concreti ottenuti sul piano linguistico e letterario, l'elaborazione automatica del testo rivela infatti tutta la sua portata teorica nel rendere esplicitamente evidenti le implicazioni linguistiche dell'argomento di Searle e della tesi di Turung e nel mostrare con ciò la complementarità intrinseca dei due diversi orientamenti che mettono in discussione la validità sostanziale del test di Turing.

Ora, da un punto di vista informatico, il testo è considerato come un *dato*, ossia come forma di rappresentazione dell'informazione testuale, e precisamente come «informazione codificata come caratteri o come sequenze di caratteri» (Day, 1984: p. 1). Ci si deve quindi chiedere se questa forma di rappresentazione dell'informazione testuale sia adeguata, sia dal punto di vista dell'esaustività della rappresentazione, sia dal punto di vista della sua funzionalità. Quanto all'esaustività, è facile rendersi conto che la pagina stampata o manoscritta, ossia la forma di rappresentazione convenzionale del testo, inteso come «materiale letterario qual è originariamente scritto da un autore» (*ibid.*), contiene molta più informazione di quanta ne contenga la pura e semplice sequenza dei caratteri. Si è quindi cercato di risolvere il problema inserendo, nella sequenza o «stringa» dei caratteri che costituisce il dato e forma la rappresentazione digitale del testo, dei marcatori (*tags*) capaci di rappresentare le specifiche proprietà linguistiche e testuali di determinate parti della stringa. Oltre a provvedere l'informazione mancante, la marcatura (*markup*) del dato, o come nell'uso corrente comunemente si dice, la «codifica del testo» (*text encoding*), svolge anche la funzione di assegnare una struttura alla stringa dei caratteri, in modo che si possano «elaborare i dati testuali come informazione strutturata» (Buzzetti, 2009: p. 48) e che si possa così riuscire, auspicabilmente, a «tener conto delle strutture testuali e degli attributi del testo necessari a distinguere l'informazione e la conoscenza dal mero 'materiale digitale' (*digital stuff*)» (Cover, 1991: pp. 197-198), cioè dal semplice e «piatto» dato testuale (*flat text*) costituito dalla stringa non strutturata dei caratteri.

A ben vedere però, questa soluzione risulta inadeguata, non solo per quanto riguarda l'esaustività, ma anche e soprattutto per quanto riguarda la funzionalità della rappresentazione. Dal primo punto di vista, basti ricordare che la stringa di caratteri, o una sua parte, non costituisce una «catena» di «segni» (cioè di frasi, parole, o simboli alfabetici che rappresentano fonemi), così come viene definita da Hjelmslev:

I segni formano una *catena*, e anche gli elementi di ogni segno formano una catena. Chiamiamo *relazione* la funzione (dipendenza, rapporto) che esiste fra i segni o fra gli elementi all'interno di una stessa catena: i segni o gli elementi sono *relati* fra loro nella catena (Hjelmslev, 1970b: p. 37).

Quindi, ciò che il computer elabora, non è la rappresentazione di un segno linguistico o degli elementi che lo compongono, ma solamente la rappresentazione di una sequenza di caratteri. Tuttavia il limite maggiore che incontra l'elaborazione della rappresentazione digitale del testo costituita dalla stringa di caratteri codificati, riguarda la sua funzionalità, ossia la sua capacità di permettere l'esecuzione di tutte le operazioni analitiche e critiche necessarie allo studio del testo. In termini informatici, tale capacità dipende da quali operazioni possono essere applicate alla struttura di dati prodotta dall'inserimento dei marcatori nella stringa dei caratteri. Ora, il sistema di marcatura (*markup*) standard adottato dalla comunità scientifica per la codifica dei testi letterari<sup>10</sup>, assegna alla stringa una struttura gerarchica ad albero. Ma se, da un punto di vista letterario, si considera più propriamente la struttura del testo come «l'assieme delle relazioni latenti» tra tutte le sue parti (Segre, 1985: p. 44), risultano immediatamente evidenti i limiti della struttura imposta dal *markup* alla rappresentazione digitale del testo, sia per quanto attiene alla sua esaustività, sia per quanto attiene alla sua funzionalità all'analisi e all'elaborazione automatica.

L'origine della difficoltà può ricondursi, a quanto pare, al mancato riconoscimento della vera natura del testo, ossia del fatto che «il testo non ha una natura materiale», ma che è «sempre un'immagine» e «soltanto un'immagine» (Segre, 1985: p. 378). Di conseguenza, si tende a non considerare che «il segno è un'entità generata dalla connessione fra un'espressione e un contenuto» (Hjelmslev, 1968: p. 52) e a pensare invece che elaborando la struttura di dati che si ottiene con la marcatura (*markup*) del testo si elabori il testo stesso, confondendo con ciò la struttura vera e propria del testo con la sola struttura della sua espressione. E tutto questo sembra confermare, sul piano linguistico, l'obiezione di Searle, vale a dire che l'elaborazione di dati testua-

<sup>10</sup> Cfr. *TEI: Text Encoding Initiative*: «The Text Encoding Initiative (TEI) is a consortium which collectively develops and maintains a standard for the representation of texts in digital form. Its chief deliverable is a set of Guidelines which specify encoding methods for machine-readable texts, chiefly in the humanities, social sciences and linguistics» (<http://www.tei-c.org>).

li non equivale, in generale, all'esercizio della competenza linguistica che è propria dell'autore e del lettore del testo. Manipolare i simboli, in questo caso la stringa di caratteri, non significa elaborarne i contenuti semantici e la computazione applicata all'elaborazione del testo pare così rafforzare le critiche rivolte al Test di Turing.

6. La risposta dell'intelligenza artificiale a questa obiezione di natura linguistica e testuale consiste sostanzialmente nel tentativo di assicurare la «congruenza della sintassi e della semantica» e anche quando si ammette che «non si dà nessun esempio di linguaggio o di formalismo in cui la sintassi e la semantica siano congruenti», si pensa tuttavia che la soluzione possa consistere in un «formalismo rappresentazionale» che soddisfi tale condizione, in modo da evitare che «la *struttura* delle costruzioni sintattiche non sia correlata alla *struttura* dei costrutti semantici» (Goldfarb, 2008: p. 1888). I sostenitori della *strong AI* ritengono che a questo scopo sia sufficiente la formalizzazione del linguaggio ordinario, dato che formalizzare o «assegnare una forma logica» ad una proposizione significa, per citare Donald Davidson, «descriverla in modo tale da poterla ricondurre nell'ambito di una teoria semantica» (Davidson, 2001: 144). Questa posizione è stata espressa nel modo più chiaro ed esplicito da John Haugeland con l'enunciazione del cosiddetto «Motto del Formalista: 'Provvedi alla sintassi e la semantica provvederà a se stessa'» (Haugeland, 1985: p.106). Questo principio discende direttamente dalla *Physical Symbol System Hypothesis* (PSSH) formulata da Newell e Simon nel celebre articolo vincitore del Premio Turing, ossia dal presupporre che «un sistema simbolico di natura fisica [sia] dotato delle capacità necessarie e sufficienti per compiere azioni intelligenti» (Newell e Simon, 1976: p. 116). Da quest'ipotesi si ricava che sistemi simbolici di natura fisica, come gli elaboratori digitali, «quando siano dotati di programmi appropriati per l'elaborazione dei simboli, possano compiere azioni intelligenti» (Nilsson, 2007: p. 9).

L'ipotesi di Newell e Simon non tiene conto, tuttavia, di una fondamentale proprietà del linguaggio letterario, cioè del fatto che tra la struttura dell'espressione e la struttura del contenuto del testo non si può dare una corrispondenza biunivoca, perché la relazione che sussiste tra i costrutti sintattici e i costrutti semantici è sostanzialmente una relazione di indeterminazione. Di conseguenza, il tentativo di normalizzare il linguaggio, per assicurare la congruenza delle due strutture, lo priverebbe di quella che può essere invece considerata la caratteristica principale su cui si fonda essenzialmente la sua

capacità espressiva. Come si è visto, l'*espressione* e il *contenuto* costituiscono le due componenti fondamentali del testo. Nella sostanza, si può dire che «il piano dell'espressione si riferisce all'aspetto materiale del segno linguistico e il piano del contenuto all'aspetto semantico, ma [che] non si dà necessariamente una corrispondenza biunivoca tra l'uno e l'altro aspetto del segno linguistico» (Bußmann, 2002: p. 256). Questa mancanza di corrispondenza si comprende se si pensa che l'aspetto materiale, ovvero l'«immagine» del testo letterario, non è univoca, ma soltanto una delle possibili espressioni del suo contenuto, così come, se si considera una determinata espressione o «immagine» del testo, il contenuto che le si associa è soltanto una delle sue possibili interpretazioni. Samuel Beckett ha mirabilmente illustrato, in modo straordinariamente illuminante, questo aspetto essenziale del testo:

There are many ways in which the thing I am trying in vain to say may be tried in vain to be said (Beckett, 1965: p. 123).

In termini più specialistici e specificamente linguistici, questa relazione tra l'espressione e il contenuto, ovvero «tra la forma [linguistica] e il significato» del testo, può essere descritta come una relazione di interdipendenza tra i due fenomeni, propri di ogni linguaggio naturale, della *sinonimia* – «più di una forma dotata dello stesso significato» – e della *polisemia* – «la stessa forma dotata di più significati» (Leech, 1974: pp. 101-102). Tale relazione presenta tutte le caratteristiche di una relazione di indeterminazione: se si fissa l'espressione, il contenuto resta indeterminato, così come, se si fissa il contenuto, l'espressione resta indeterminata. E se il significato di un termine dipende dalle regole d'uso (Wittgenstein, 1953) e dalle sue potenziali relazioni con tutti gli altri termini, è del tutto evidente che la sua specificazione resta potenzialmente aperta e indeterminata.

I limiti della formalizzazione e l'assenza di corrispondenza biunivoca tra la struttura sintattica e la struttura semantica delle lingue naturali attestano la presenza oggettiva di fenomeni di indeterminazione nei processi di associazione di contenuti semantici a segni linguistici di natura materiale. La critica di Searle, che considera gli elaboratori digitali privi delle capacità mentali necessarie ad associare ai puri simboli sintattici effettivi contenuti semantici, trova riscontro oggettivo nella natura indeterministica dei fenomeni linguistici legati al funzionamento semantico del linguaggio. L'analisi automatica del testo fondata sull'elaborazione di stringhe di caratteri codificati si riduce in-

fatti alla semplice manipolazione della struttura dell'espressione del testo e non risolve il problema dell'elaborazione della sua struttura semantica, confermando con ciò l'insufficienza della *Physical Symbol System Hypothesis* di Newell e Simon. L'analisi linguistica che presiede all'elaborazione automatica del testo offre dunque un riscontro oggettivo alla critica mentalistica di Searle e ne mette in luce tutte le implicazioni indeterministiche.

7. Accanto alla natura indeterministica della relazione tra struttura sintattica e struttura semantica, le lingue naturali presentano un'altro fenomeno che si rivela anch'esso di notevole importanza per la nostra analisi. Tullio De Mauro parla a più riprese della «metalinguisticità riflessiva» propria dei linguaggi naturali (De Mauro, 1982: pp. 93-94; 2002: pp. 89, 91-93) e Louis Hjelmslev afferma che «a motivo dell'universalismo<sup>11</sup> della lingua quotidiana, una lingua quotidiana può essere usata come metalinguaggio per descrivere se stessa come linguaggio oggetto» (Hjelmslev, 1970a: p. 132). Il linguaggio letterario è dunque autoriflessivo, una caratteristica le cui implicazioni riguardano direttamente il problema della computabilità. Il tentativo di evitare la circolarità di affermazioni autoriflessive porta inevitabilmente ad innescare un procedimento di regresso all'infinito. L'argomento platonico del terzo uomo<sup>12</sup> propone una soluzione che trova il suo corrispettivo logico-formale nell'introduzione della moderna teoria dei tipi, a proposito della quale Gödel dimostrò il suo famoso teorema sulle proposizioni indecidibili dei *Principia mathematica* (1931) e fornì la prova che il sistema di Russell e Whitehead contiene proposizioni vere ma non dimostrabili. Nella sostanza, trasponendo sul piano della «teoria formale della prova» il celebre «paradosso del mentitore», al quale afferma di essersi ispirato, (Longo, 2010: p. 234), Gödel mostrò, con tutta la cogenza di una prova rigorosa, che una proposizione circolare, o auto-

<sup>11</sup> «In generale, ciò che distingue la lingua quotidiana dalle altre specie di lingua (per esempio dal linguaggio simbolico del matematico o dalle formule del chimico) è il fatto di non essere costruita in vista di certi scopi particolari, ma di essere applicabile a tutti gli scopi; nella lingua quotidiana si può formulare qualsiasi cosa [...]. Ecco perché il logico polacco Tarski ha ragione di dire [...] che le lingue quotidiane, contrariamente alle altre lingue, sono caratterizzate dal loro 'universalismo'» (Hjelmslev, 1970b: p. 120).

<sup>12</sup> «Platone non fa mai riferimento a nessun argomento chiamato del 'Terzo Uomo.' L'epiteto deriva da Aristotele, che in diversi luoghi (p.es., *Metaphysica* 990b17 = 1079a13, 1039a2; *Sophistici elenchi* 178b36 ss) discute (qualcosa di simile a) l'argomento in *Parmenides* 132a-b» (Rickless, 2012).

referenziale, non può essere dimostrata ricorsivamente e comporta un regresso all'infinito – è in questo senso che Penrose (1996) afferma, p. es., che una «gödelizzazione<sup>13</sup> ripetuta non ci offre una procedura meccanica per stabilire la verità di enunciati» indecidibili riguardanti la terminazione di un processo di computazione.

Questo risultato puramente logico e astratto, ottenuto a partire da considerazioni linguistiche e formali, influenzò in modo decisivo non solo gli sviluppi della teoria della computazione e impose precise limitazioni al programma dell'intelligenza artificiale, ma risulta ricco di conseguenze anche sul piano della filosofia della mente. Motivata di fatto dalle convinzioni platoniche di Gödel, la prova dell'esistenza di formule vere non dimostrabili suggerisce che «ci sono alcuni problemi che la mente può risolvere, ma che non possono essere risolti da [...] elaboratori digitali» (Schimanovich, 1989: pp. 77-78). Il teorema di Gödel mette in evidenza che la portata semantica dell'autoriflessità linguistica non può essere spiegata, riduzionisticamente, in termini esclusivamente sintattici, così come, in modo del tutto analogo, l'esperienza in prima persona e la capacità autoriflessiva della mente cosciente non possono essere riportate a pure descrizioni oggettive e in terza persona, anche se prodotte dallo stesso soggetto cosciente direttamente interessato. Il nodo semantico del rapporto tra linguaggio e metalinguaggio eccede le sue soluzioni meramente sintattiche e, allo stesso modo, la pura e semplice capacità di computazione non riesce a fungere interamente per l'insieme delle nostre facoltà mentali. Il «linguaggio naturale», come si vede, «supera prontamente la nostra capacità di computazione» (Cooper, 2011: p. 134).

Di nuovo, riportate sul piano linguistico, come impone l'esame dell'elaborazione automatica del testo, le considerazioni di Searle sulla natura ontologica della soggettività e segnatamente sulla sua dimensione cosciente, intenzionale e autoriflessiva, rendono evidente e del tutto esplicito il nesso concettuale con la questione della computabilità. I teoremi di incompletezza

<sup>13</sup> La cosiddetta «gödelizzazione» o *Gödel numbering* è la tecnica usata da Gödel per rappresentare mediante numeri naturali le asserzioni di un sistema formale: «Gödel si servì di un codice che rappresentava le stringhe di simboli che costituivano le espressioni di un sistema formale mediante numeri naturali. Dal momento che questi sistemi formali erano concepiti proprio per trattare i numeri naturali, ecco che enunciati riguardanti il sistema formale potevano, tramite il codice, essere trasformati in enunciati riguardanti i numeri naturali, e dunque essere espressi nel sistema stesso» (Davis, 2008: p. 52).

di Gödel, un dato logico oggettivo riguardante la natura dei sistemi simbolici formali, risultano affatto congruenti con le osservazioni di Searle sulla soggettività e sulla natura della facoltà mentali.

8. La discussione fin qui condotta, attraverso l'esame delle implicazioni teoriche dell'analisi automatica del testo, pone in primo piano, in termini squisitamente teoretici, il tema del rapporto tra il soggetto e l'oggetto, ovvero il problema della distinzione metafisica fondamentale tra la soggettività e l'oggettività assolute<sup>14</sup>. Non possiamo qui affrontare radicalmente la questione e ci limiteremo ad alcune osservazioni riferite alle considerazioni precedentemente svolte, nel tentativo di illustrare i termini del problema.

Abbiamo mostrato che sono state mosse obiezioni al test di Turing sia da un punto di vista oggettivo, come nel caso di Penrose, sia da un punto di vista soggettivo, come nel caso di Searle. L'oggettivismo di Penrose riconduce all'*indeterminazione* dei processi fisici cerebrali la non *computabilità* delle operazioni mentali. Il soggettivismo di Searle, a sua volta, insiste sulla necessità di associare ai simboli contenuti semantici intenzionali e sulla natura ontologicamente soggettiva della coscienza e degli stati mentali, ma abbiamo cercato di mettere in luce che anche le tesi soggettivistiche di Searle fanno emergere con tutta evidenza, attraverso le rispettive implicazioni linguistiche, l'*indeterminazione* della relazione tra sintassi e semantica e la non *computabilità* delle strutture autoriflessive dei linguaggi naturali.

Lo stesso Turing si era già cimentato con queste questioni. Andrew Hodges ci conferma che negli ultimi anni Turing «si arrovellava sulla concezione standard della riduzione della funzione d'onda in meccanica quantistica» (Hodges, 1999: p. 54). Come abbiamo già ricordato, Turing cercava di «inventare una nuova meccanica quantistica», a proposito della quale parlava a Robin Gandy in questi termini: «la descrizione deve essere non lineare, la predizione deve essere lineare» (Turing, 1953/54). Con ciò egli invertiva radicalmente il punto di vista classico che al «determinismo forte (*strong determinism*)»<sup>15</sup>,

<sup>14</sup> Cfr. Merleau-Ponty (1999).

<sup>15</sup> Penrose definisce *strong determinism* (Penrose, 1987: pp. 106-107) la concezione secondo cui «non è solo questione del futuro che sarebbe determinato dal passato; ma *l'intera storia dell'universo è fissata*, in conformità con un preciso schema matematico, *per l'intero corso del tempo*» (*ibid.*, 1989: p. 559). Tale concezione moderna è stata descritta come «una variante dello scenario laplaciano» (Calude *et al.*, 1995: p. 117).

fisico e oggettivo, associava l'incertezza probabilistica, epistemica e soggettiva. La nozione classica di probabilità, infatti, intesa in senso laplaciano, è di natura epistemica e «relativa soltanto alla nostra ignoranza» (Vuillemin, 1996: p. 261), mentre la nozione di «ampiezza di probabilità», introdotta dalla meccanica quantistica, non consiste più nella «misura di una ignoranza», ma «è fisica», oggettiva, e «descrive la natura» (Vuillemin, 1996: p. 265). La *descrizione* probabilistica di uno stato fisico oggettivamente indeterminato può così essere considerata come una *previsione* soggettivamente certa della conoscenza che ci è scientificamente dato di averne. Sicché, secondo Turing, stando a quanto si riesce a ricavare dalle sue scarse indicazioni, la linearità della funzione d'onda renderebbe computabilmente prevedibile la conoscenza di stati fisici oggettivi, peraltro descritti in termini indeterministicamente probabilistici:

da una parte, abbiamo un'evoluzione continua deterministica attraverso l'equazione di Schrödinger. Dall'altra, abbiamo un cambiamento non locale discontinuo e probabilistico dipendente dalla misura (Cooper, 2011: pp. 138-139).

Si può quindi presumere che Turing intendesse associare all'indeterminismo oggettivo della descrizione fisica dei fenomeni la certezza epistemica della previsione scientifica del nostro modo di conoscerli. Se il punto di vista classico coniugava il determinismo fisico all'incertezza epistemica, il punto di vista quantistico coniuga invece l'indeterminismo fisico alla prevedibilità epistemica.

9. Questa singolare forma di inversione non è così imbarazzante come a prima vista potrebbe sembrare. Da un lato, essa mette in discussione il «modello laplaciano», senza peraltro indicare con chiarezza un modello alternativo. La «scoperta dell'incomputabilità» mostra infatti che «il problema consiste nel fatto che modellare l'universo non è affatto un processo algoritmico» (Cooper, 2011: p. 134), ovvero che la descrizione dell'universo può non essere computabile, come lo è invece la previsione del suo stato, ancorché descritto in modo indeterministico. Così, di fronte a fenomeni di complessità non computabile, come la teoria del «caos deterministico» e della «dinamica non lineare» (Bischi, 2004), oppure alla possibilità di «modellizzazione matematica» della «connessione tra l'attività mentale e il funzionamento del cervello»

lo» vista in modo non «grossolano» e «meccanico», resta aperta la questione «se le difficoltà computazionali o predittive dipendano dalla mera complessità di procedure computazionali concrete o dalla loro effettiva incomputabilità» (Cooper, 2011: p. 153). Ma la convinzione «che non ci sia una differenza avvertibile tra le due possibilità» (*ibid.*: p. 137) equivale ad una mancata «risposta» a un «cambio di paradigma» che, allo stato, resta «ancora incompleto» (*ibid.*: p. 134).

Dall'altro lato, però, l'inversione tra una concezione oggettiva e una concezione soggettiva dell'indeterminazione e della computabilità, richiama la figura del «chiasma» o della «reversibilità» introdotta e discussa da Merleau-Ponty (1999: p. 274) e offre con ciò la possibilità di una via d'uscita alle perplessità sollevate dal cambio di paradigma teorico imposto dagli sviluppi della fisica del Novecento, che porta a «contestare il principio stesso» della «scissura» fra soggetto e oggetto e a «far entrare nella definizione del 'reale' il contatto fra l'osservatore e l'osservato» (Merleau-Ponty, 1999: p. 43). L'idea seminale del «chiasma», appena abbozzata nell'opera incompiuta di Merleau-Ponty *Il visibile e l'invisibile*, nasce dalla messa in questione della «distinzione 'coscienza' – 'oggetto'» e dalla consapevolezza che «a partire da questa distinzione non si comprenderà mai» (*ibid.*: p. 215) la relazione «fra me e il mondo, fra il corpo fenomenico e il corpo 'oggettivo,' fra il percipiente e il percepito». Infatti, tale relazione è una relazione di «scambio» e di «rovesciamento» continuo (*ibid.*: p. 229) tra «un interno e un esterno», tra un «visibile» e un «vedente» (*ibid.*: p. 283), tra un soggetto e un oggetto, poiché sempre e immancabilmente «ciò che comincia come cosa finisce come coscienza di cosa» e «ciò che comincia come 'stato di coscienza' finisce come cosa» (*ibid.*: p. 229). Ciò significa che il «sensibile» deve essere inteso «nel doppio senso di ciò che sentiamo e di ciò che sente» e che «il rapporto del mio corpo come sensibile con il mio corpo come senziente (questo corpo che io tocco, questo corpo che tocca)» consiste nell'«immersione dell'essere-toccato nell'essere toccante e dell'essere toccante nell'essere-toccato» (*ibid.*: p. 271). In altri termini «c'è un corpo della mente [*esprit*], e una mente del corpo e un chiasma tra di essi» (*ibid.*: p. 271)<sup>16</sup>.

<sup>16</sup> Traduco con «mente» anziché con «spirito», come nell'edizione italiana (Merleau-Ponty, 1999), il termine francese *esprit*.

La struttura del chiasma risulta essere una struttura complessa, che comporta al tempo stesso identità e distinzione. Essa, «questa struttura» – il «toccante-toccato» – esiste infatti «in un sol organo»:

ogni dito è fenomenico e oggettivo, fuori e dentro del dito in reciprocità, in chiasma, attività e passività accoppiate. L'una sopravanza sull'altra, si trovano in rapporto di opposizione reale [...] Non c'è coincidenza del vedente e del visibile. Ma ciascuno attinge all'altro, prende o sopravanza sull'altro, si incrocia con l'altro, è in chiasma con l'altro.

Eppure, al tempo stesso, c'è un senso in cui

è *lo stesso* che è vedente e visibile: lo stesso non nel senso dell'idealità, né dell'identità reale. Lo stesso nel senso strutturale: [...] di apertura di un'altra dimensione del 'medesimo' essere.

Un essere che consiste nell'«unità *preliminare* io-mondo», che è

unità prima di segregazione, prima di dimensioni molteplici [...] Non architettura di noesi-noemi, posti l'uno sull'altro, che si relativizzano vicendevolmente senza riuscire a unificarsi: ma c'è anzitutto il loro legame profondo per *non-differenza*.

Infatti «il chiasma collega, come diritto e rovescio, degli insiemi anticipatamente unificati in via di differenziazione» (*ibid.*: pp. 272-273). E esso è di natura trascendente, «identità nella differenza»; esso va «contro la dottrina della contraddizione, della negazione assoluta, dell'*o... oppure...*» (*ibid.*: p. 238) e costituisce «un mondo che non è né *uno* né *2* nel senso oggettivo» (*ibid.*: p. 273). L'opposizione tra soggettivo e oggettivo non si presenta quindi come un'opposizione statica, ma come reversibilità, rovesciamento e inversione continua dei due punti di vista.

**10.** La posizione di Merleau-Ponty non mette in discussione «la *verità* della scienza» che si fonda sul «parallelismo deduzione scientifica-fatti sperimentali». Essa «non è né da contestare», ma nemmeno «da intendere come prova del *realismo* della scienza» (Merleau-Ponty, 1999: p. 239), dell'idea cioè «che l'oggetto fisico preesist[a] in sé alla scienza» (*ibid.*: p. 42). Al contrario,

oggi quando il rigore stesso della sua descrizione [...] costringe [la scienza] a riconoscere come esseri fisici ultimi e di pieno diritto certe relazioni fra l'osservatore e l'osservato, certe determinazioni che non hanno senso se non per una data situazione dell'osservatore (*ibid.*: p. 42),

si impone un cambio di paradigma e una «revisione» dell'«ontologia oggettivistica» attraverso un «riesame delle nozioni di 'soggetto' e di 'oggetto'» (*ibid.*: p. 49) e il riconoscimento «dell'inerenza del soggetto e dell'oggetto di scienza» (*ibid.*: p. 239) nell'interconnessione della relazione chiasmatica.

Ora, pare proprio che sia questo mancato riconoscimento a portare Penrose e Searle, per versi opposti, a misconoscere il vero carattere dei fenomeni di *indeterminazione* e di *incomputabilità*, che nascono proprio da questa intrinseca inerenza e inseparabilità della dimensione soggettiva e oggettiva e che impongono la piena accettazione del nuovo paradigma. Penrose si sforza di ricondurre i due fenomeni sul piano oggettivo, mentre Searle argomenta a difesa dell'irriducibilità della loro dimensione soggettiva. In questo modo Penrose, rendendo fisica e oggettiva l'incomputabilità logica, deve risolvere il problema di una *teoria* adeguata «che contenga elementi non algoritmici essenziali di qualche natura» e che non resti «deterministica» pur risultando «non computabile», come ad esempio le teorie del caos deterministico; sicché tenta di proporre una teoria, com'egli dice, di natura «più sofisticata», che eviti lo scoglio deterministico della predittività delle generalizzazioni scientifiche (Penrose, 1989: p. 559). Searle, a sua volta, rivendicando la natura essenzialmente soggettiva dei fenomeni di incomputabilità deve riuscire a proporre un'*ontologia* adeguata, che assicuri una dimensione oggettiva e scientificamente fondata alla sua tesi che «la coscienza abbia un'ontologia in prima persona e non possa così essere di natura materiale, perché le cose e i processi materiali hanno tutti un'ontologia oggettiva in terza persona» (Searle, 1998: p. 51). La necessità di rispondere al «materialista», secondo cui «non esiste qualcosa come la coscienza, con un'ontologia soggettiva in prima persona» (*ibid.*: p. 45) lo porta a distinguere tra un'«oggettività epistemica» e un'«oggettività ontologica», così come tra una «soggettività epistemica» e una «soggettività ontologica», al fine di giustificare la natura «epistemicamente oggettiva» della «soggettività ontologica»<sup>17</sup>. Con ciò Searle ammette

<sup>17</sup> «Molti filosofi e scienziati pensano che la soggettività degli stati coscienti renda impossibile avere una scienza rigorosa della coscienza. Infatti, essi argomentano, se la scienza è per definizione oggettiva, e la coscienza è per definizione soggettiva, ne consegue che non ci può essere una scienza della coscienza. Questo argomento è fallace. Incorre nella fallacia dell'ambiguità a proposito dei termini oggettivo e soggettivo. Ed ecco l'ambiguità: dobbiamo distinguere *due sensi diversi* della *distinzione oggettivo-soggettivo*. In un primo senso, il senso *epistemico* ('epistemico' significa qui ciò che ha che fare con la conoscenza), la scienza è effettivamente obiettiva. [...] Ma c'è un altro

però che «la scienza [sia] per definizione oggettiva» (Searle, 2002: p. 43), così come, per converso, Penrose suppone che l'attività cerebrale sia incomputabile in senso fisico e oggettivo, senza che né l'uno, né l'altro riconoscano che «si ovvierà a quest[e] difficoltà solo rinunciando alla biforcazione della 'coscienza di' e dell'oggetto» (Merleau-Ponty, 1999: p. 157) e che «lo sdoppiamento del [...] corpo in interno ed esterno» e «lo sdoppiamento delle cose (il loro interno e il loro esterno)» è precisamente ciò che realizza il «chiasma», ossia la reversibilità dell'oggettivo e del soggettivo, in una relazione in cui «non c'è identità, né non-identità o non-coincidenza» (*ibid.*: p. 275), non c'è «rovesciamento» e «sintesi» dialettica (*ibid.*: p. 170), ma «interno ed esterno che ruotano l'uno attorno all'altro» (*ibid.*: p. 275), ovvero «sopravanzamento (*empiétement*)» (*ibid.*: p. 218), eccedenza, sconfinamento, o «sovradeterminazione» (*ibid.*: p. 281).

11. Si pone così il problema di un modello formale adeguato a rappresentare la struttura concettuale del rapporto tra il soggettivo e l'oggettivo, in grado non solo di esprimere in modo rigoroso la specificità dei fenomeni linguistici di indeterminazione e di autoreferenzialità, ma di ricomprendere l'intera struttura concettuale del nuovo paradigma scientifico imposto dagli sviluppi della fisica e della biologia nel Novecento. Un significativo contributo in tal senso può essere offerto dal «calcolo delle indicazioni», proposto dal matematico inglese George Spencer Brown in un'opera, *Laws of Form* (1969), pubblicata su «raccomandazione» di Bertrand Russell al suo editore (Spencer Brown, 2010: p. vii)<sup>18</sup> e recensita da Stafford Beer su *Nature* come «un libro straordinario» che riesce a «gettare le basi appropriate per una nuova epistemologia» (Spencer Brown, 1969: p. 1392).

La nozione primitiva a partire dalla quale Spencer Brown fonda lo sviluppo di tutta la matematica è il concetto di «distinzione». L'«idea di distinzione» è presupposta «come data» e «di conseguenza» è «la forma della distinzione» che viene assunta come «la forma» in quanto tale (*ibid.*: p. 1). E

sensu della distinzione oggettivo-soggettivo, ed è il senso *ontologico* ('ontologico' significa qui ciò che ha che fare con l'esistenza)», (Searle, 2002: p. 43), corsivi miei.

<sup>18</sup> Sul risvolto di copertina della prima edizione inglese delle *Laws of Form* (London, George Allen e Unwin, 1969), a firma di Bertrand Russell, si legge: «In this book Mr. Spencer Brown has succeeded in doing what, in mathematics, is very rare indeed. He has revealed a new calculus of great power and simplicity. I congratulate him» (Blackwell e Ruja, 1994: p. 464).

poiché la distinzione «non è una descrizione» (*ibid.*: p. 77), ma un «atto» in cui «uno spazio è diviso o scisso in due parti», così anche la forma viene concepita come «il modo in cui rappresentiamo una simile scissione». Quest'atto di separazione da cui un intero «universo trae origine» è, come l'autore stesso dichiara all'esordio, «il tema di questo libro». Esso costituisce

il nostro primo tentativo di distinguere cose diverse in un mondo, dove, all'inizio, i confini possono essere tracciati dovunque ci piaccia. In questa fase, l'universo non può essere distinto dal modo in cui si agisce su di esso (v).

E così come in quest'atto non ci può essere separazione tra l'oggetto della distinzione e il soggetto che la opera, altrettanto avviene nella forma che lo rappresenta e che ne riassume in sé tutta l'ambivalenza. La «prima proposizione in questo libro» ha quindi un carattere operativo e «costruttivo», che coinvolge il soggetto, e non è una semplice descrizione oggettiva, ma «un'ingiunzione» (von Foerster, 1970: p. 14), proprio come dev'essere, secondo Spencer Brown, «la forma primaria di comunicazione matematica» (Spencer Brown, p. 1969: p. 77). E si deve accettare questo «comando» iniziale (von Foerster, 1970: p. 14) – «Traccia una distinzione» (Spencer Brown, 1969: p. 3) – lo si deve eseguire, «altrimenti non succede assolutamente niente» (Luhmann, 2006: p. 43). Questa prima proposizione, infatti, è «un'esortazione a compiere l'atto primordiale di creazione»,

dopodiché, praticamente ogni altra cosa segue senza difficoltà: una rigorosa fondazione dell'aritmetica, dell'algebra, della logica, di un calcolo delle indicazioni, delle intenzioni e dei desideri; uno sviluppo rigoroso delle leggi della forma, siano esse di relazioni logiche, di descrizioni dell'universo da parte di fisici e cosmologi, o di funzioni del sistema nervoso che genera descrizioni dell'universo di cui esso stesso è parte (von Foerster, 1970: p. 14).

L'atto del «tracciare una distinzione» è dunque il «concetto primario» di Spencer Brown, la nozione primitiva che egli assume come unico punto di partenza per «la fondazione della matematica» e per le sue applicazioni nelle altre scienze (Whyte, 1972: p. 291). Le *Laws of Form* sono infatti «un modo di trattare la matematica e l'epistemologia, che comincia e finisce con la nozione di distinzione» (Kauffman, s.d.: p. 1).

La nozione di distinzione contiene in sé «sia una distinzione che un'indicazione» (Luhmann, 2006: p. 44) e «Spencer Brown distingue tra 'distinzioni' e 'indicazioni' dicendo» (Ene, 2013: p. 203) che «una distinzione si traccia fissando un confine che tiene le due parti separate in modo tale che un punto da una parte non possa raggiungere l'altra parte senza attraversarlo» (Spencer Brown, 1969: p. 1). Così, anche «la divisione di uno spazio in un sottospazio distinto (lo stato indicato – *marked*) e in un sottospazio indistinto (lo stato privo di indicazione – *unmarked*)» viene assunta con tali stati tra «i suoi termini primitivi (*basic*) non definiti» (Gould, 1977: p. 317) e se «si indica una delle due parti come *qualcosa*, l'altra parte rimane priva di indicazione come *tutte le altre cose*», mentre «se non si traccia nessuna distinzione non c'è assolutamente nessuna parte che possa essere indicata o lasciata priva di indicazione» (Ene, 2013: p. 203). Tutto questo dà origine al «segno (*mark*)», chiamato «croce (*cross*)», l'unico del sistema: «si indichi con un segno uno stato distinto dalla distinzione» (Spencer Brown, 1969: p. 4):

⌋

A questo proposito,

si deve osservare che condensando tutte le distinzioni in una distinzione primaria e tutte le indicazioni in uno stesso nome o in uno stesso segno, l'unico simbolo esplicito di questo calcolo acquista un senso duplice. Da una parte rappresenta l'atto di distinzione, l'atto di attraversare il confine nello spazio dell'indicazione (*indicational*). Dall'altra parte esso è il valore, il contenuto di una distinzione (Varela, 1979: p. 111).

L'unico simbolo del calcolo rappresenta quindi non solo il contenuto o il *valore* di una distinzione, lo stato indicato che essa distingue, ma anche l'*operatore* che ne produce l'atto. Nel calcolo delle indicazioni di Spencer Brown, i due aspetti della rappresentazione che si dà tra un soggetto che rappresenta e un oggetto rappresentato restano così intimamente collegati nella loro interconnessione chiasmatica. L'ambivalenza del simbolo permette di rappresentare operativamente la loro intrinseca reversibilità.

La «scelta ingegnosa di un operatore  $\lrcorner$  che fa diverse cose allo stesso tempo» è quindi la «chiave» dello sviluppo dell'intero sistema (von Foerster, 1970: p. 14). Così, Spencer Brown usa questo simbolo «sia per denotare (chiamare) lo stato indicato, sia come un'istruzione per attraversare il confine

tra lo stato indicato e lo stato privo di indicazione», e allo stesso modo «usa uno spazio bianco sia per denotare lo stato privo di indicazione, sia come un'istruzione per rimanere dove ci si trova» (Gould, 1977: pp. 317-318). Oltre a ciò, «queste operazioni possono operare l'una sull'altra generando un'aritmetica primaria» e sono definite da due assiomi (von Foerster, 1970: p. 14), che sono la «legge del chiamare» o denominare, o «forma della condensazione» (a) e la «legge dell'attraversare», o «forma della cancellazione» (b) (Spencer Brown, 1969: pp. 1-2, 5):

$$(a) \quad \sqcap \sqcap = \sqcap$$

$$(b) \quad \sqcap \sqcap =$$

Questi due assiomi «sono usati per provare che ogni espressione aritmetica può essere ridotta o a un solo segno di indicazione o a uno spazio vuoto» e per provare altri teoremi; «un' 'algebra' viene poi costruita incorporando variabili nel linguaggio oggetto» e usando come assiomi due equazioni precedentemente dimostrate. Per quest'«algebra primaria» è possibile dimostrare un teorema di «completezza» (Spencer Brown, 1969: p. 50) «analogo ai teoremi di completezza per sistemi assiomatici dell'algebra di Boole» (Kauffman, s.d.: pp. 30-31). Successivamente «vengono considerate espressioni infinite che 'ri-entrano' in se stesse»; le equazioni che comportano questo «rientro» (*re-entry*) «sono chiamate 'equazioni booleane di ordine superiore' e viene mostrato che possono avere zero, una, o due soluzioni in termini di stati indicati e stati privi di indicazione» (Gould, 1977: p. 318).

**12.** È a questo punto che lo sviluppo del sistema si rivela di particolare interesse a proposito di dibattute questioni teoriche espressamente rilevanti ai fini della nostra discussione. Spencer Brown mostra che la sua «algebra primaria» può essere sviluppata «ad un punto tale da poter essere usata come [...] un'algebra dei numeri» e

una volta fatto questo, possiamo chiaramente vedere almeno in parte le prove (*evidence*) necessarie ai teoremi di decisione di Gödel e di Church. Ma con la riabilitazione delle equazioni paradossali intrapresa nel capitolo 11, il senso e l'applicazione di questi teoremi debbono ora essere riconsiderati. Essi paiono certamente meno distruttivi di quanto si fosse finora supposto (Spencer Brown, 1969: pp. xiv-xv).

La «riabilitazione» delle «equazioni paradossali» a cui Spencer Brown accenna nell'*Introduzione* alla prima edizione inglese dell'opera, si compie attraverso l'introduzione nell'«algebra della logica» di «valori complessi» e immaginari, «analoghi ai numeri complessi dell'algebra ordinaria», un risultato che Spencer Brown definisce «la cosa forse più importante» che il suo calcolo delle indicazioni ci permette di fare (Spencer Brown, 1979: p. xiii). Ora, il fatto di «estendere il concetto» di numero immaginario «alle algebre di Boole»

significa che un argomento valido può contenere non solo tre classi di affermazioni, ma quattro: affermazioni vere, false, prive di senso e immaginarie. Le implicazioni di questo fatto nel campo della logica, della filosofia, della matematica e anche della fisica sono profonde (*ibid.*, p. xv).

Mentre nell'«algebra ordinaria» i valori complessi sono normalmente ammessi, nell'«algebra di Boole» essi non sono permessi. Infatti, «Whitehead e Russell hanno introdotto una regola speciale, che hanno chiamato Teoria dei Tipi, per fare esattamente questo», impedendo con ciò lo sviluppo delle «tecniche più avanzate» che vengono correntemente applicate nell'algebra ordinaria. Per superare questo grave impedimento che ostacola «ogni nostro processo di ragionamento» (*ibid.*, p. xiii)

tutto ciò che dobbiamo mostrare è che i paradossi dell'autoriferimento, eliminati con la Teoria dei Tipi, non sono per nulla peggiori degli analoghi paradossi autoreferenziali che sono considerati assolutamente accettabili nella teoria ordinaria delle equazioni (*ibid.*, p. xiv).

Le ripercussioni che l'introduzione di valori immaginari in logica può avere sul teorema di Gödel e sulla tesi di Church e Turing riguardante la natura della computazione sono immediatamente evidenti. Chiaramente, «il fatto che certe equazioni *non possano* essere risolte senza l'uso di valori immaginari» significa che «*ci debbono essere affermazioni matematiche* (la cui verità o non verità è di fatto perfettamente decidibile) *che non possono essere decise dai metodi di ragionamento ai quali ci siamo finora limitati*». Ragionando coi metodi logici ordinari «dobbiamo *aspettarci* di trovare teoremi che eluderanno sempre ogni possibilità di decisione», ma la potenza del calcolo delle indicazioni ci mostra «che essi *possono* essere decisi con ragionamenti di ordine

superiore» che facciano uso di valori immaginari e di espressioni autoreferenziali «contenenti al loro interno la propria forma» (Spencer Brown, 1969: pp. 99-100).

Le implicazioni non solo logiche, ma epistemologiche e scientifiche del calcolo delle indicazioni sono manifestamente enormi. Secondo Luhmann, che usa il calcolo di Spencer Brown per le sue «applicazioni alla teoria dei sistemi» in sociologia, «l'analisi della forma» che esso permette «potrebbe essere estesa molto al di là della teoria dei sistemi», tanto da poter «dire, forse, che la semiologia e la semiotica potrebbero essere 'riscritte' valendosi dei suoi strumenti» (Luhmann, 2006: pp. 44-45). Ma oltre alle possibili applicazioni nel campo della linguistica, che interessano specificamente l'analisi del testo, il calcolo delle indicazioni di Spencer Brown e le «leggi della forma» che esso permette di esprimere, hanno come si è visto un'«importanza filosofica» e «scientifica» (Whyte, 1972: p. 291) ancor più generale, tale da investire direttamente le questioni qui discusse dell'indeterminazione e della computabilità. A proposito dei problemi di incomputabilità e di indeterminazione dei fenomeni linguistici e mentali, Barry Cooper sostiene che «una grossolana connessione meccanica tra l'attività mentale e il funzionamento del cervello non risolve il problema» e che «per districare la matassa è necessario ricorrere alla modellizzazione matematica» (Cooper, 2011: p. 53). Ma se, a questo proposito, «ci sono buone ragioni per cercare un modello matematico più fondamentale» di quelli attualmente proposti (*ibid.*, p. 55), capace di descrivere «interazioni elementari locali tra le componenti» del sistema osservato (*ibid.*, p. 47) sulle quali «basare emergenze definibili» in modo matematico, e se «la ragione principale sta nella necessità di trovare una struttura matematica di generalità sufficiente per ospitare altre strutture di diversa complessità computazionale» (*ibid.*, p. 55), non è azzardato congetturare, sulla base delle considerazioni fin qui svolte, che si possano accampare altrettante buone ragioni per considerare proprio il calcolo di Spencer Brown come uno dei più attendibili e promettenti candidati.

## BIBLIOGRAFIA

- AUSTIN J.L., 1953. *How to Talk: Some simple ways*. Proceedings of the Aristotelian Society, n.s., 53: 227-246.
- BECKETT S., 1965. *Proust and Three Dialogues*. London.
- BEER S., 1969. *Maths Created*. Review of G. Spencer Brown, *Laws of Form*, London, Nature, 223: 1392-1393.
- BISCHI G.I., 2004. *Sulle orme del caos: comportamenti complessi in modelli matematici semplici*. Matematica e dintorni, Mondadori B. editore.
- BISHOP J.M., 2004. *A Short Visit to the Chinese Room*. The Philosophers' Magazine, 28, 4: 47-51.
- BISHOP J.M., 2012. *The Phenomenal Case of the Turing Test and the Chinese Room*. In: S.B. COOPER, J. VAN LEEUWEN (eds.), *Alan Turing: His work and impact*. Amsterdam: 580-586.
- BLACKWELL K., RUJA H., 1994. *A Bibliography of Bertrand Russell*. vol. 1, *Separate Publications*, with the assistance of Bernd Frohmann et al., London (The collected papers of Bertrand Russell, s.n.).
- BUSSMANN H., 2002. *Lexikon der Sprachwissenschaft*. 3 ed., Stuttgart.
- BUZZETTI D., 2009. *Digital Editions and Text Processing*. In: M. DEEGAN, K. SUTHERLAND (eds.), *Text Editing, Print, and the Digital World*. Aldershot: 45-62.
- CALUDE C., CAMPBELL D. I., SVOZIL K., STEFANESCU D., 1995. *Strong Determinism vs. Computability*. In: W. DEPAULI-SCHIMANOVICH, E. KOEHLER, F. STADLER (eds.), *The Foundational Debate: Complexity and constructivity in mathematics and physics*. Dordrecht: 115-131 (Vienna Circle Institute Yearbook, 3).
- CHURCH A., 1937. *Review of A. M. Turing, On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem*. Proceedings of the London Mathematical Society, 2 s., vol. 42, 1936-7: 230-265; The Journal of Symbolic Logic, 2(1): 42-43.
- COOPER S.B., 2011. *Definability in the Real Universe*. In: S.B. COOPER, A. SORBI (eds.), *Computability in Context: Computation and logic in the real world*. London: 131-167.
- COOPER S.B., 2012. *Pushing Back the Incomputable: Alan Turing's ten big ideas*. Asia Pacific Mathematics Newsletter, 2(1): 1-6.
- COPELAND B.J., 2012. *Turing and the Physics of the Mind*. In: S.B. COOPER, J. VAN LEEUWEN (eds.), *Alan Turing: His work and impact*. Amsterdam: 651-659.
- COVER R., DUNCAN N., BARNARD D. T., 1991. *The Progress of SGML (Standard Generalized Markup Language): Extracts from a comprehensive bibliography*. Literary and Linguistic Computing, 6(3): 197-209.
- DAVIDSON D., 2001. *Essays on Actions and Events*. Oxford.
- DAVIS M., 2008. *I fondamenti dell'aritmetica*. In: *La matematica* (a cura di C. Bartocci e P. Odifreddi), vol. 2, *Problemi e teoremi*. Torino: 33-60.
- DAY A. C., 1984. *Text Processing*. Cambridge.

- DE MAURO T., 1982. *Minisemantica dei linguaggi non verbali e delle lingue*. Bari.
- DE MAURO T., 2002. *Prima lezione sul linguaggio*. Bari.
- EDDINGTON A.S., 1928. *The Nature of the Physical World: The Gifford Lectures, 1927*. Cambridge.
- ENE P., 2013. *Descriptions as Distinctions: George Spencer Brown's calculus of indications as a basis for Mitterer's non-dualistic descriptions*. *Constructivist Foundations*, 8(2): 202-209.
- FOERSTER H. VON, 1970. *Review of G. Spencer Brown, Laws of Form*. London 1969, Whole Earth Catalog, Spring: 14.
- GÖDEL K., 1931. *Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme, I*. *Monatshefte für Mathematik und Physik*, 38: 173-198.
- GOLDFARB L., 2008. *Representational Formalism in Which Syntax and Semantics Are Congruent: Towards the resolution of Searle's Chinese room challenge*. In: B.C. LOVE, K. MCRAE, V.M. SLOUTSKY (eds.), *Proceedings of the 30th Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Austin, Tex.: 1988-1993.
- GOULD W.E., 1977. *Review of G. Spencer Brown, Laws of Form*. New York 1972, *The Journal of Symbolic Logic*, 42(2): 317-318.
- HAMEROFF S., 2012. *How Quantum Brain Biology Can Rescue Conscious Free Will*. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 6(93): 1-17.
- HAUGELAND J., 1985. *Artificial Intelligence: The very idea*. Cambridge, Mass.
- HAUSER L., 1997. *Searle's Chinese Box: Debunking the Chinese room argument*. *Minds and Machines*, 7(2): 199-226.
- HAUSER L., 2005. voce *Chinese Room Argument*. In: *The Internet Encyclopedia of Philosophy*, ISSN 2161-0002, <http://www.iep.utm.edu/chineser/>, 27/07/2005.
- HJELMSLEV L., 1968. *I fondamenti della teoria del linguaggio [1943]*, introduzione e traduzione di G. C. Lepschy, Torino.
- HJELMSLEV L., 1970a. *Language: An introduction*. Translated from the Danish by F. J. Whitfield, Madison, Wis.
- HJELMSLEV L., 1970b. *Il linguaggio*. A cura di G.C. Lepschy, traduzione di A. Debenedetti Woolf, Torino.
- HODGES A., 1999. *Turing*. *The Great Philosophers*, 3, New York.
- HODGES A., 2008. *Alan Turing and the Turing Test*. In: R. EPSTEIN, G. ROBERTS, G. BEBER (eds.), *Parsing the Turing Test: Philosophical and methodological issues in the quest for the thinking computer*. New York: 13-22.
- HODGES A., 2012. *Uncomputability in the work of Alan Turing and Roger Penrose: A lecture*, 2000-02, <http://www.turing.org.uk/philosophy/lecture2.html>, 13/04/2012.
- HODGES A., 2012. voce *Alan Turing*. In: E.N. ZALTA (ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Summer 2011 Edition). <http://plato.stanford.edu/archives/sum2011/entries/turing/>, 15/04/2012.
- HUMBERSTONE I.L., 1992. *Direction of Fit*. *Mind*, n.s., 101(401): 59-83.

- KAUFFMAN L.H., 2012. *Laws of Form: An Exploration in Mathematics and Foundations*. Rough Draft, <http://homepages.math.uic.edu/~kauffman/Laws.pdf>, 12/10/2012.
- LEECH G.N., 1974. *Semantics: The Study of Meaning*. Harmondsworth.
- LONGO G., 2010. *Incompletezza*. In: *La matematica* (a cura di C. Bartocci e P. Odifreddi), vol. 4, *Pensare il mondo*. Torino: 219-255.
- LUHMANN N., 2006. *System as Difference*. *Organization*, 13(1): 37-57.
- MERLEAU-PONTY M., 1999. *Il visibile e l'invisibile* [1964]. Traduz. it. di A. Bonomi, 2. a ed. a cura di M. Carbone, Milano.
- NEWELL A., SIMON H.A., 1976. *Computer Science as Empirical Inquiry: Symbols and search*. *Communications of the ACM*, 19(3): 113-126.
- NILSSON N.J., 2007. *The Physical Symbol System Hypothesis: Status and prospects*. In: M. LUNGARELLA, F. IIDA, J. BONGARD (eds.), *50 Years of Artificial Intelligence: Essays dedicated to the 50th Anniversary of Artificial Intelligence*. Berlin: 9-17 (Lecture Notes in Computer Science, 4850).
- PENROSE R., 1987. *Quantum Physics and Conscious Thought*. In: B.J. HILEY, F.D. PEAT (eds.), *Quantum Implications: Essays in honour of David Bohm*. London: 105-120.
- PENROSE R., 1989. *The Emperor's New Mind: Concerning computers, minds, and the laws of physics*. Oxford.
- PENROSE R., 1990. *Précis of The Emperor's New Mind*. *The Behavioral and Brain Sciences*, 13(4): 643-655.
- PENROSE R., 1994. *Shadows of the Mind: A search for the missing science of consciousness*. Oxford.
- PENROSE R., 1996. *Beyond the Doubting of a Shadow: A reply to commentaries on Shadows of the Mind*. *Psyche*. An interdisciplinary journal of research on consciousness, 2(23). <http://www.theassc.org/files/assc/2338.pdf>, 18/04/2012.
- RAPAPORT W.J., 1988. *Syntactic Semantics: Foundations of computational natural language understanding*. In: J. FETZER (ed.), *Aspects of Artificial Intelligence*. Dordrecht: 81-131.
- RICKLESS S., 2012. *Voce Plato's Parmenides*. In: E.N. ZALTA (ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Winter 2012 Edition, <http://plato.stanford.edu/archives/win2012/entries/plato-parmenides/>, 16/04/2012.
- SCHIMANOVICH W., 1989. *Kurt Gödel and his Impact on AI*. *ÖGAI-Journal*, 8(3): 77-87.
- SEARLE J.R., 1980a. *Minds, Brains, and Programs*. *The Behavioral and Brain Sciences*, 3(3): 417-424.
- SEARLE J.R., 1980b. *Intrinsic Intentionality*. *The Behavioral and Brain Sciences*, 3(3): 450-457.
- SEARLE J.R., 1983. *Intentionality: An essay in the philosophy of mind*. Cambridge.
- SEARLE J.R., 1985. *Expression and Meaning: Studies in the theory of speech acts*. Cambridge.
- SEARLE J.R., 1990. *Is the Brain's Mind a Computer Program?* *Scientific American*, 262(1): 25-31.

- SEARLE J.R., 1991. *Consciousness, Unconsciousness and Intentionality*. In: E. VILLANUEVA (ed.), *Consciousness*. Philosophical Issues, 1: 45-66.
- SEARLE J.R., 1992. *The Rediscovery of the Mind*. Cambridge, Mass.
- SEARLE J.R., 1998. *Mind, Language and Society: Doing philosophy in the real world*. New York.
- SEARLE J.R., 2001. *Voce Chinese Room Argument*. In: R.A. WILSON, F.C. KEIL (eds.), *The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences (MITECS)*. Cambridge, Mass.: 115-116.
- SEARLE J.R., 2002. *Consciousness and Language*. Cambridge.
- SEGRE C., 1985. *Avviamento all'analisi del testo letterario*. Einaudi.
- SPENCER BROWN G., 1969. *Laws of Form*. London.
- SPENCER BROWN G., 1979. *Preface to the first American edition [1972]*. In: G. SPENCER BROWN, *Laws of Form*. New York: xiii-xvi.
- SPENCER BROWN G., 2010. *Preface to the fifth English edition*. In: G. SPENCER BROWN, *Laws of Form*, revised fifth English edition. Leipzig: vii-ix.
- TURING A.M., 1936-37. *On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem*. Proceedings of the London Mathematical Society, ser. 2, 42: 230-265.
- TURING A.M., 1950. *Computing Machinery and Intelligence*. *Mind*, n.s., 59(236): 433-460.
- TURING A.M., 1969. *Intelligent Machinery*. National Physical Laboratory Report (1948). B. MELTZER, D. MICHIE (eds.), *Machine Intelligence*. Vol. 5, Edinburgh: 3-23.
- TURING A.M., 2004. *Can Digital Computers Think?* In: S.M. SHIEBER (ed.), *The Turing Test: Verbal behavior as the hallmark of intelligence*. Cambridge, Mass.: 111-116.
- TURING A.M., 2012. Lettera a Robin O. Gandy, non datata, su cui Gandy ha annotato '1953 or 54,' in The Turing Archive, King's College, Cambridge, section D/4; on-line in The Turing Digital Archive, <http://www.turingarchive.org/>, 11/04/2012.
- VARELA F., 1979. *Principles of Biological Autonomy*. General Systems Research, 2, New York.
- VUILLEMIN J., 1996. *Necessity or Contingency: The Master Argument*. Stanford, Calif. («CISLI Lecture Notes» 56).
- WHYTE L.L., 1972. *Review of G. Spencer Brown, Laws of Form*. London 1969, *The British Journal for the Philosophy of Science*, 23(3): 291-292.
- WITTGENSTEIN L., 1953. *Philosophical Investigations*, Oxford.

ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

ANNO CDXI - 2014

CONTRIBUTI DEL  
CENTRO LINCEO INTERDISCIPLINARE  
«BENIAMINO SEGRE»

N. 129

---

Convegno

PER IL CENTENARIO DI ALAN TURING  
FONDATORE DELL'INFORMATICA

(Roma, 22 novembre 2012)

*ESTRATTO*



ROMA 2014  
SCIENZE E LETTERE  
EDITORE COMMERCIALE