

Sergio Beva

β

La meccanizzazione della grammatica

β

Prefazione

Ogni testo che tratta l'elaborazione computerizzata del linguaggio naturale (in inglese: natural language processing, acronimo NLP) inizia ricordando che essa avviene su tre livelli: sintattico, semantico e pragmatico; poi spiega che la ricerca si sviluppò attraverso la computerizzazione di vari tipi di grammatiche, fra le quali spiccava quella generativa di Chomsky, di corpora testuali, di frames e strutture simili. Purtroppo i risultati non sono stati felici e gli entusiasmi che si accesero negli anni Ottanta del secolo scorso risultarono infondati. In effetti basta portare l'attenzione sulla traduzione automatica, branca dello NLP, per rilevare il disastro che derivò dall'applicazione di metodi sintattici anche alla luce dei suoi successi attuali, prodotti dal sostanziale rifiuto di tali metodi e dalla giustapposizione di frasi tradotte delle persone.

Oggi quasi tutti gli studiosi concordano che è difficile giungere alla comprensione del linguaggio senza che si sia imparato quasi tutto di un certo ambiente. Ciò è stato fatto con successo, ma in ambienti piccolissimi, virtuali, in cui tutto è chiaro e definito: essi possono essere descritti con un linguaggio artificiale. Non è una soluzione: l'ambiente deve essere il mondo reale, la lingua deve essere una di quelle che parlano le persone. Pur apprezzando i buoni risultati ottenuti in ambiti particolari della linguistica, il mio lavoro è volto alla simulazione dell'operare cerebrale umano, da cui devono scaturire le abilità linguistiche. Continuo nella stessa prospettiva nella quale ho studiato la visione.

Ho saputo, pur senza ancora aver letto nulla in merito, che un'università della California sta associando il linguaggio alla visione. E' la strada che ho sempre seguito io, che ho sempre ritenuto la linguistica un aspetto dell'attività cerebrale subordinata alla percezione, in particolare alla visione che è la percezione più importante. Nella mia concezione è la percezione a permettere la previsione dello sviluppo della situazione che, conseguentemente, consente al vivente di avere vantaggi e di evitare danni; il linguaggio affina questa funzione cerebrale. Nell'uomo è importantissima la percezione visiva, su questa con la sua relazione con il linguaggio, concentrerò tutta la mia attenzione.

Negli animali il linguaggio è sostanzialmente una serie di versi per avvertire gli altri animali, in particolare quelli della propria specie, di un pericolo, di un bisogno, ... Tale linguaggio non è convenzionale, un gatto nato nell'America del sud si intende bene, allo stesso modo, con un suo coregionale come con un gatto siberiano. Dialetti locali fra gli animali esistono, ma sono circoscritti a pochi versi e sono rarissime eccezioni. Questo implica che il significato dei versi è trasmesso come patrimonio genetico della specie. Inoltre i versi che sa fare un animale sono pochi rispetto alle parole umane, che sono tante e hanno suoni convenzionali, variabili di epoca in epoca, di zona a zona e che non sono trasmesse geneticamente, ma si devono imparare. Inoltre le singole parole spesso non bastano: se il linguaggio serve per avvertire una persona degli sviluppi di una situazione, la descrizione di questa potrebbe richiedere più parole, di qui la necessità del linguaggio articolato. Come nasce la parola? Un grande ruolo ha l'attenzione, che è richiamata da variazioni ambientali udibili come rumori improvvisi o improvvisi movimenti che isolano la percezione visiva. Il rumore e la percezione visiva sono memorizzati insieme. Darei quindi un gran posto all'onomatopeia nella genesi della parola umana, ma per i fini che mi propongo questa osservazione è inessenziale: basta la convenzionalità della parola. Invece vorrei evidenziare la necessità del controllo della parola sull'ambiente: udito un nome l'oggetto che mi sta davanti nell'ambiente ha quel nome? Questo è stato l'argomento del mio precedente scritto. In questo lavoro mi propongo di progettare un dispositivo che controlli se la frase pronunciata, in qualunque lingua e con qualunque grammatica e la situazione ambientale siano corrispondenti. Compito ben più semplice che non voler capire come il cervello possa costruire una frase. Consideriamo, per esempio, che ci sia un bambino e un serpente nascosto vicino a lui. Un uomo gli urla: "c'è un serpente dietro l'albero". Innanzi tutto l'adulto deve presupporre che il bambino sappia che cosa siano il serpente e l'albero e che sappia che il bambino è in grado di fuggire; poi deve sapere sapere che l'albero è immediatamente visibile anche per il bambino, perché urlare: "c'è un serpente sotto il

fogliame” potrebbe essere un’indicazione inutile per localizzarlo e infine presupporre il bambino conosca la pericolosità del serpente e agisca di conseguenza. Certo la sintassi e la semantica hanno il loro peso, ma è la pragmatica ad essere sovrana e ad essa non si rimedia facendo memorizzare al computer un’enciclopedia ma solo attraverso la costruzione di un cervello analogo a quello umano, dotato del senso della vista e dell’udito, che impari dall’ambiente e che entri in sintonia con i cervelli umani naturali, cogliendone i bisogni, i desideri. Inoltre le descrizioni, che è quanto si può trovare in un’enciclopedia, non sono mai neutre, univoche e tanto meno esaustive. La frase esprime che cosa cogliere nella ridondante informazione che viene dai sensi e che cosa trascurare. Per esempio, la foto di una piazza può essere descritta in moltissimi modi a seconda l’interesse dell’osservatore e tanto è visibile dai diversi moti oculari che comporta ogni descrizione.

L’osservatore può chiedere: a quando risalgono gli edifici che circondano la piazza? O quante persone ci sono? O quanti sono gli uomini e quante le donne? Ci sono bancarelle? Ecc... ecc... Per questo io sono sempre stato molto critico su frame e script: se il computer è in presa diretta con l’ambiente essi non saranno mai esaustivi. Nessuna descrizione sarà mai completa e occorre anche considerare la persona a cui è volto il parlare, per esempio, un conto è parlare a un bambino un altro a un adulto. Tutti questi discorsi implicano una sola cosa: è impossibile pensare di generare frasi sensate senza avere le idee chiare sull’ambiente, ivi comprese le persone a cui ci si rivolge e senza uno scopo.

La descrizione della scena visiva è importantissima ma va integrata con un’altra capacità del nostro sistema sensoriale e non solo visivo: l’attenzione; infatti il riconoscimento della situazione per prevedere il suo sviluppo quasi sempre procede dalla sua individuazione e dall’isolamento di un suo particolare dall’ambiente, a causa dell’attenzione. Quello che ci appare come una variazione ambientale, per esempio un rumore, un odore diverso o un movimento, è spesso causa di conseguenze ed attira l’attenzione. Le trappole molto spesso sono costruite in modo da nascondere questi avvisi. Limitandoci alla visione, il movimento, o meglio la sua variazione, di solito è connesso a un qualcosa, che possiamo chiamare agente. Spesso l’agente non è importante in se ma è importantissimo per la trasformazione, che è conseguenza della sua azione, di qualcos’altro che possiamo chiamare paziente. Inoltre la sua azione può essere varia quindi con l’agente è importante precisare la sua azione. Per esempio, in una situazione in cui vi siano un topo e del formaggio, il topo è lui ad essere rilevato per il suo movimento, ma l’importante, per i fini umani, è il formaggio e quello che gli capiterà. Tuttavia se il topo fosse visto in un contesto di sassi la sua azione sarebbe prevedibilmente diversa e si avranno due previsioni differenti. Discernere fra i due diversi comportamenti del topo (frames) e ciò che ne deriva possibile per opera dell’emissione stimolata. La rilevazione dell’agente avviene a livello cerebrale, è un risultato dell’evoluzione, se ne conosco bene i meccanismi e, ragionevolmente dobbiamo aspettarci, un riflesso che nella lingua parlata, che esso sia facilmente individuabile. Ancor più importante è la sua azione che viene prevista dal cervello, attraverso un metodo analogo a quello con cui si impara una poesia a memoria e che ho chiamato emissione stimolata.

Per capire il linguaggio è necessario costruire un uomo artificiale ovvero una macchina che sia in presa diretta con l’ambiente e che sia finalizzata analogamente ai nostri istinti. Non ho certo queste capacità e inoltre, guardandomi allo specchio e leggendo la mia carta di identità, neanche tutto questo tempo. Circa questo scritto i miei ragionamenti riguarderanno soltanto il controllo della frase sull’ambiente, ovvero la meccanizzazione della grammatica e non, salvo qualche accenno, la formazione della frase.

Poiché una singola percezione visiva comporta un dubbio riconoscimento della situazione, nel senso che i suoi sviluppi possono essere imprevedibili, l’uomo rimedia isolando in essa i particolari discriminanti che avrebbero poco peso in un’unica percezione. La visione umana risulta quindi essere un insieme di percezioni collegate in una rete geometrica. Queste mie considerazioni sono confermate dal lavoro di Yarbus che ha scoperto dei moti oculari che comportano fissazioni dell’occhio su particolari della scena visiva. A mio avviso, da questi moti oculari e fissazioni traspare il formarsi dello spazio euclideo per la possibilità di definire la reciproca posizione dei particolari della scena visiva. Così come le singole percezioni possono avere un nome, anche i moti

oculari lo possono avere; un nome lo può avere anche ogni cambiamento di stato cerebrale; un nome l'importanza da attribuire ad ogni percezione ai fini della previsione. Anche la combinazione di percezioni, o di cambiamenti di stati cerebrali, quando si presentano con frequenza, può avere un nome. Di qui deriva il linguaggio articolato. Esso non solo permette di definire la situazione e evidenziare in essa i particolari atti a generare un buon rapporto causa effetto ma è anche un potente mezzo per trasmettere le conoscenze agli altri, alle generazioni future, che potranno accrescerle e migliorarle.

Accettate queste idee, si nota immediatamente una discrepanza fra l'ordine dei controlli che l'occhio svolge sulla scena visiva e quello delle parole della frase. Per esempio se si deve controllare la scena: "la mosca vola sopra il tavolo", l'occhio cerca prima il tavolo, poi l'occhio sale verso la mosca. Solo un insensato cercherebbe prima la mosca e poi il tavolo, eppure nella frase la parola mosca precede la parola tavolo e, peggio ancora, la parola sopra che, ragionevolmente, fa ruotare l'occhio verso l'alto, segue la parola mosca e indurrebbe lo sguardo a salire alla ricerca del tavolo. Siamo nel disordine più assoluto. Inoltre si può anche dire: "sopra il tavolo vola la mosca" in tal caso però il tavolo, punto da cui l'occhio deve partire per ruotare verso l'alto, è nominato dopo il comando della rotazione. Questa situazione, la mosca che vola sopra il tavolo, sarà espressa in altre lingue con costruzioni diverse della frase, ma il controllo che l'occhio fa sull'ambiente deve sempre essere lo stesso: prima l'occhio cerca il tavolo poi ruota verso l'alto e cerca la mosca. Pertanto occorre un dispositivo cerebrale che accordi l'ordine delle parole nella frase, che è molteplice, con quello dei controlli che è sempre lo stesso. Questo dispositivo è il supporto fisico di ogni grammatica. Richiederò che passaggio fra l'ordine delle parole nella frase e quello dei controlli sull'ambiente, sia appreso da chi impara la lingua in modo human like, attraverso esempi, disegni, indicazioni manuali, ... e non attraverso la memorizzazione di regole di trasformazione. La progettazione e la descrizione del funzionamento di apparati che simulano quelli cerebrali e che permettono la comprensione del linguaggio naturale è l'argomento di questo scritto che è nel solco, quasi parte, del precedente "Meccanica Cerebrale" che richiamerò raramente ma del quale, a causa dei molti addentellati, è preferibile la lettura prima di affrontare la presente.

Villanova Canavese, 17 dicembre 2022

Temi essenziali dello scritto

- E' definita l'emissione stimolata come un modo per scegliere il contenuto di una cella di memoria.
- Sono definiti due tipi di memoria: orizzontale e verticale.
- E' definito il concetto di attuatore, che compie azioni a livello cerebro-sensoriale. Forzato a compiere un'azione esso emette gli stessi impulsi che lo indurrebbero a compiere tale azione. Per esempio, consideriamo un attuatore ha il compito di far ruotare l'occhio a sinistra: se esso riceve un certo impulso, esso fa ruotare l'occhio a sinistra; inversamente se l'occhio viene forzato a ruotare a sinistra esso emette lo stesso impulso che gli fa compiere questa rotazione. Un apparato costituito da attuatori costituirà il dispositivo principale per comprendere le varie strutture grammaticali.
- Una conclusione: funzionamento di queste apparecchiature mi induce ad affermare che le parole possono derivare da convenzioni, mentre la grammatica è subordinata al funzionamento cerebrale, quindi le varie grammatiche devono ricondursi ad esso e non sono affatto libere e convenzionali.
- Un'altra conclusione: funzionamento cerebrale basilare è assai distante dalla logica booleana. In esso scorso solo due operazioni logiche: la negazione e l'implicazione e in un contesto di logica fuzzy. Il resto della logica è un'astrazione, che volendo, si può derivare da queste operazioni, ma, a mio avviso, non riflette il funzionamento di alcun organo cerebrale.

1. Il linguaggio

Questa sezione del libro è dedicata alle idee che stanno alla base dello studio. Idee opinabili, di filosofia, che hanno indirizzato o si sono contestualmente formate e precisate nello sviluppo del lavoro. Le esplicito perché il lettore possa intendere che cosa mi ha guidato nel concepire gli apparati che descrivo.

1. La necessità del linguaggio e i limiti alla nostra conoscenza

Il cervello, fondamentalmente, serve a predire lo sviluppo di una situazione e ha come scopo quello di salvaguardare il vivente e la sua specie. Il linguaggio articolato riflette scelte e valorizzazioni di particolari entro la percezione, per rendere più precisa la previsione. Inoltre il linguaggio permette la trasmissione di queste conoscenze fra gli uomini, che le possono anche accrescere. Quando io ero studente di fisica, avevo notato che andava per la maggiore l'idea che una teoria fosse buona se, data una serie di misure, prese su delle grandezze, essa permetteva di predire un'altra serie di misure su altre grandezze, che avrebbero dovuto essere soggette a verifica sperimentale. Ne conseguiva che grandezze avrebbero dovuto essere misurabili, avrebbero dovuto essere espresse con dei numeri, non con aggettivi come grande, piccolo, caldo o tiepido, ... la cui verifica sperimentale avrebbe portato a discussioni inconcludenti. In questo modo implicitamente si pretendeva che ogni teoria fisica fosse espressa in forma matematica. Molto meno si approfondiva il fatto che una teoria fisica che fornisse risultati probabilistici era da considerarsi una teoria insoddisfacente. Una teoria che concludesse che la Luna avrebbe potuto trovarsi in quel posto nel cielo, alla tal ora, con il 70% di probabilità, dovrebbe considerarsi una formulazione provvisoria, un passo verso una teoria migliore. Volendo si potrebbe dire che l'interpretazione probabilistica di una teoria permette la misura del valore della teoria stessa. Sono passati più di cento anni da quando Einstein, con la spiegazione dell'effetto fotoelettrico ha mostrato l'esistenza dei quanti di luce, ipotizzati da Planck come artificio matematico e da quando de Broglie ha ipotizzato la natura ondulatoria della materia, poi verificata sperimentalmente da Davisson e Germer. Dopo quei tempi non si hanno più teorie soddisfacenti del microcosmo ma solo teorie che danno luogo a risultati che sono corretti se e solo se interpretati attraverso statistiche, quindi in termini di probabilità. Pochi ammettono l'ignoranza, i più si affidano alla matematica, sciaguratamente la fisica teorica moderna è diventata fisica matematica, dimenticando che la matematica è una mera tautologia. Perché è successo questo? Perché dopo gli anni Venti del secolo scorso le scoperte della fisica, dovuti a macchinari sempre più potenti, non riescono a collegarsi in una teoria organica ma, quando va bene, in frammenti di teorie, di scarsissimo e settoriale potere predittivo, destinate ad essere modificate da nuovi risultati sperimentali? L'assurdo è appunto questo: le teorie invece di avere potere predittivo, risultano essere dei tentativi di spiegare a posteriori risultati sperimentali. Perché fino agli anni Venti del secolo scorso la fisica ha fatto passi da gigante, poi la stasi? Risulta ancor più sconcertante rilevare che i progressi erano avvenuti quando la gente che studiava era pochissima e le attrezzature erano modestissime. Siamo diventati tutti stupidi? Queste riflessioni mi avevano indotto, ventenne, a ridurre lo studio della fisica, che giudicavo inconcludente e a riflettere sul funzionamento cervello e i suoi limiti: perché sospettavo che lì fosse la causa del ristagno nel suo progresso. Questi studi mi hanno portato, relativamente alla fisica atomica e alla cosmologia, alle pessimistiche conclusioni che riassumo, partendo da riflessioni sul nostro cervello e sul suo rapporto con il mondo esterno ad esso. David Hume spiega il modo di associare le idee. Parla di causa ed effetto, derivanti dall'abitudine e della somiglianza, come modo classificare le cose. Per abitudine associamo il gatto al miagolio, formando così il rap-

porto causa effetto. Identicamente si forma la legge fisica, così essa risulta non avere alcuna validità ontologica: esattamente come se il gatto abbaiasse, assoceremmo tale verso al gatto e non vi è alcuna ragione perché il gatto miagoli e non abbai. Va ancora detto che due gatti uguali al mondo non ci sono, ma anche che un bambino di due anni riconosce, per somiglianza, i gatti, li distingue dalle caprette e si aspetta che i primi miagolino. Concordo pienamente con questa impostazione di Hume ma, a mio avviso, essa richiede un approfondimento.

Porrei innanzi tutto l'accento sul riconoscimento: se non si riesce a riconoscere il gatto, se si sbaglia a riconoscerlo, confondendolo con un altro animale, sarà insicura anche la previsione del miagolio. Il riconoscimento visivo, alla portata di un bambino piccolo, è uno dei compiti più difficili della teoria dell'intelligenza artificiale. Comunque, vorrei notare che la visione non è il primo modo con cui gli esseri viventi hanno riconosciuto gli oggetti ¹: l'ameba è cieca e assaggia le particelle sospese nel suo brodo prima di nutrirsi. La membrana dell'ameba riconosce le particelle in due categorie: quelle nutrienti, che le fagocita e quelle non nutrienti, che rigetta. Il comportamento della sua membrana si può interpretare come:

- 1) l'embrione dell'attività cerebrale, in quanto essa permette la previsione;
- 2) l'evidenziazione dell'inopportunità della distinzione sensi cervello e
- 3) l'embrione del sistema chemiosensorio. E' evidente che la membrana del protozoo serve quando si deve operare una scelta, se il brodo fosse costituito da soli nutrienti la sua funzione non avrebbe senso. La membrana diventa adatta a scegliere attraverso l'evoluzione, per tentativi, che si risolvono in inenarrabili stragi. Cambiando ambiente, la membrana potrebbe non essere più in grado di riconoscere i nutrienti dai veleni. In ultimo posso affermare che
- 4) la membrana riconosce gli oggetti in base a un fine, nel caso l'essere nutrienti e il resto del mondo le sfugge. Il riconoscimento degli oggetti non è generale ma limitato ai bisogni primari del vivente. La membrana si forma per tentativi volti ad ottenere un certo effetto, nella fattispecie soddisfare un bisogno primario e limitatamente ad un certo ambiente.

Con l'evoluzione è cambiato ben poco, nulla di essenziale direi, gli stessi discorsi fatti per l'ameba non sono diversi per l'uomo. Nell'uomo, ma già negli animali superiori, l'effetto desiderato può essere un po' lontano dai bisogni primordiali e questo finalizza l'attività cerebrale, ma va sempre tenuto presente che l'evoluzione ha formato sensi per i bisogni primordiali, allontanandoci da questi bisogni il potere predittivo può svanire. Con altro tipo di linguaggio si può asserire che i bisogni primordiali sono interpretabili come istinti che finalizzano il pensiero, in modo visibilissimo per gli animali meno evidente per l'uomo. Ancora una volta concordo con Hume, anche se preferisco parlare di bisogni primordiali e non di istinti perché i primi si possono definire attraverso grandezze misurabili: la fame scatta quando nel sangue cominciano a mancare certe molecole. Preferisco parlare di attività cerebrale e non di pensiero perché la prima può e deve essere definita attraverso il funzionamento meccanicistico del cervello, mentre il pensiero risulta una parola vaga e indefinita. Inoltre, nel mio precedente lavoro già citato, ho specificato come il cervello sia un organo meccanicistico, deterministico che si collega in modo approssimato e malsicuro al mondo attraverso i sensi. Se il mondo sia o non sia riducibile al modello democriteo è ancora un altro discorso, la varietà dei modi di prevedere ci giunge dall'approssimazione del collegamento fra il mondo cervello. Non è il caso di invocare la meccanica quantistica per capire il funzionamento cerebrale perché ogni sua operazione coinvolge un gran numero di elettroni, di molecole, quindi la fisica classica lo deve spiegare benissimo. Inoltre mentre non ho alcuna speranza in progressi concettuali della fisica del microcosmo e del macrocosmo, perché in tali ambiti in modello meccanicistico fallisce. Invece, pro-

¹ La parola oggetto, fino ad avviso contrario, non va considerata nel senso che oggi ha acquisito nella filosofia e nella psicologia. Essa va intesa a significare: qualcosa di indefinito nel mondo esterno al cervello.

prio perché il funzionamento del cervello è meccanicistico, sono sicuro che potremmo costruire un cervello artificiale, il cui funzionamento sarà identico a quello umano.

Seguendo l'evoluzione si nota che accanto al sistema chemiosensorio si sviluppa il sistema visivo. Il sistema chemiosensorio collega l'ambiente e l'essere vivente con delle molecole, quello visivo con dei fotoni. Dapprima il sistema visivo non serviva per il riconoscimento degli oggetti ma per evitare di urtarli muovendosi o per accorgersi di un oggetto che veniva incontro e vi sono ancora degli animali che "vedono" l'oggetto solo se si muove. Per quel sistema visivo non era importante riconoscere l'oggetto ma il suo moto relativo, l'oggetto era riconosciuto in base al sistema chemiosensorio. E' facile osservare che gli animali, anche quelli superiori, si fidano di più del sistema chemiosensorio rispetto a quello visivo per riconoscere gli oggetti. Nell'uomo invece il sistema visivo ha soppiantato quello chemiosensorio anche nel riconoscimento degli oggetti.

Vorrei evidenziare l'importanza che hanno le variazioni ambientali ai fini della previsione degli sviluppi di una situazione. Nel sistema visivo esse risultano connesse al movimento (relativo) e vi sono evidenze neurofisiologiche e psicologiche che è la variazione nel movimento, più che il movimento, ad attirare l'attenzione e a permettere all'occhio di isolare quanto sta variando. Dell'importanza dell'attenzione si dovrà trovare traccia nel linguaggio.

Dopo queste parole sulla visione, vorrei ritornare alla somiglianza, con riferimento soprattutto a quella visiva, criterio che Hume evidenziava per associare le idee, direi che essa può risultare una parola vuota, come l'uguaglianza, che merita di essere discussa prima della somiglianza, perché è più semplice da trattare. Il mondo esterno al cervello non può essere conosciuto che attraverso i sensi e l'uguaglianza è definita da questi. Se vi fosse il solo senso della vista, una mela di marmo e una vegetale sarebbero indiscriminabilmente identiche pur essendo due cose diverse. Scordiamoci di cogliere l'uguaglianza come una qualità del mondo esterno. Piuttosto, sotto un altro aspetto, la mela di marmo e quella vegetale, uguali per il senso della vista, ma sostanzialmente differenti, se lo scopo è di avere un soprammobile temporaneo, sono uguali. Quindi l'uguaglianza è tale anche rispetto ai fini. Quanto detto per l'uguaglianza vale per la somiglianza. L'evoluzione ha formato il senso della vista perché permettesse di riconoscere come simili le forme che hanno gli stessi effetti, pur con gran possibilità di errore. Ho studiato il riconoscimento visivo ed ho capito che la somiglianza è meccanizzabile soprattutto attraverso l'elaborazione degli angoli sul contorno delle figure. Le cause che ci appaiono simili (chissà cosa sono nel mondo esterno al cervello) generano effetti (relativi ai bisogni primari) identici o accettabilmente simili. L'uguaglianza o la similitudine delle cause sono definite attraverso gli effetti sui bisogni primari. Emergono due problemi:

1) uscendo dall'ambiente in cui si sono formati i sensi essi potrebbero non cogliere più i segni per attuare le previsioni, esattamente come trasferire un protozoo in un nuovo brodo esso potrebbe non riuscire più a cogliere gli elementi nutrienti.

2) Nell'uomo i fini o gli effetti desiderati, che dir si voglia, possono essere a piacere e parecchio lontani dai bisogni primari. Il fine può essere una percezione visiva che si scopre seguire un'altra percezione visiva. Attenzione perché il rapporto causa effetto si forma, con tutti i suoi limiti, nell'evoluzione, due forme ci appaiono simili o uguali per un fine che è un bisogno primario.

Certo nell'informazione visiva vi sono delle ridondanze, inoltre l'oggetto può essere scomposto in più percezioni, visive e non e si può notare che ad esse segue un'altra serie di percezioni. In tal modo si ha una previsione più precisa e un pochino più staccata da quanto concesso dall'evoluzione. Se poi le percezioni sono formate da grandezze misurabili si arriva alla proposizione che si insegnava a fisica: una teoria è valida quando da una serie di misure si arriva a un'altra serie di misure. Chi si interessa di fisica atomica, subatomica o di cosmologia, deve tenere conto dei precedenti punti 1) e 2) e di conseguenza che la funzione predittiva del cervello può risultare malsicura.

Chi si interessa di fisica atomica, subatomica o di cosmologia, deve tenere conto dei precedenti punti 1) e 2) e di conseguenza che la funzione predittiva del cervello può risultare malsicura.

Lo stesso collegamento fra i sensi e quei mondi deve far sospettare: non mi pare che possa essere assicurato dalle molecole, come nel sistema chemiosensorio: descrivere il mondo atomico con odori e sapori è un cimento che dubito sarà mai tentato, ma neanche i fotoni che reagiscono in modo inopinato, ripeto inopinato, con le particelle elementari, sono un collegamento adatto. Così di quell'ambiente non è possibile avere un modello predittivo entro cui scoprire leggi fisiche e poi scriverle in forma matematica, per avere una verifica sicura. In sostanza: il campione di bigliardo ha in testa il modello predittivo, senza conoscere la meccanica razionale. Il fisico può studiare su quel modello e arrivare alle leggi di conservazione della quantità di moto, dell'energia, ecc... Su quale modello invece può studiare il mondo subatomico? Quale saranno le "particelle" che collegano cervello e quel mondo, che permettano il formarsi un modello predittivo di esso? Naturalmente occorre anche progettare organi di senso e cervello adatti. Su quali basi? Su un mondo che non si conosce e per fini che non sono chiari.

L'impresa è disperata.

Solo la natura, attraverso l'evoluzione, le stragi, casualmente, forma gli organi di senso e il cervello adatti. Il fisico rimedia pensando che valgano i principi di conservazione che sono abitudini tratte sul mondo visibile? Il mondo esterno non è quello di Democrito, modello poi ripreso da Newton, Laplace,...: lo dimostrano i fallimenti che si hanno avuti in questi ultimi cento anni nella cosmologia e nella fisica atomica. Per la pietra tombale su questa concezione l'aveva già posto il rilevare l'assenza dell'etere come supporto delle onde elettromagnetiche. Da studente mi tormentavo: se c'è onda, mi chiedevo, ci deve essere qualcosa che ondeggia. Pensare alle onde e.m. senza etere per me era come pensare a delle onde senza il mare. Io e i miei professori non avevamo la stessa sensibilità: a loro questa questione non se la ponevano. Il modello meccanicistico del mondo ha portato enormi progressi nella chimica e nella fisica, è alla base del calcolo infinitesimale, purtroppo Democrito stesso, per tacere degli illuministi francesi, pensavano che questa fosse la realtà fisica. Esso invece è il riflesso del funzionamento del nostro sistema visivo, non solo quello della corteccia visiva ma anche di quello della visione mesencefalica.

Per quanto rischi di andare fuori tema vorrei precisare alcune parole che ho usato nello stendere queste pagine.

Ho parlato di oggetti che si assomigliano, dunque che io vedo. Che cosa sia la visione, perché avvenga, non lo. E' da quando avevo quindici anni che me lo chiedo: perché quando mi affaccio alla finestra vedo il monte? Che succede nel mio cervello? Questo mi sono chiesto per anni e ora mi sono rassegnato a non capire. Dopo decenni di studio, sono giunto alla conclusione che è un problema affine alla consapevolezza, alla coscienza: troppo grande per me. Ho capito che la visione avviene nella corteccia visiva perché l'uomo privato della corteccia visiva non vede. Il sistema visivo più antico tuttavia ha sede nel mesencefalo e un uomo, privato della corteccia visiva, identifica gli ostacoli sul suo percorso e indica la posizione delle luci pur non avendo alcuna percezione visiva. La differenza sostanziale che noto fra mesencefalo e corteccia sta nel riconoscimento delle forme, quindi il confronto fra memoria e situazione presente. Nel mesencefalo la memoria delle forme non c'è, almeno io non vedo nessun apparato neurofisiologico a cui possa attribuire questa funzione ed in effetti quel sistema visivo era atto a prevedere gli esiti dei movimenti dei corpi, corpi che erano riconosciuti con il sistema chemiosensorio. Questo può essere indicato come un discriminante ma non spiega nulla. La mia macchina confronta quanto le viene dalla telecamera con quanto ha in memoria: vede? La stessa cosa può dirsi circa la percezione dei suoni, degli odori,... mah... Tuttavia ho quantificato la similitudine fra le forme e ne ho dato una definizione operativa. Se la macchi-

na veda o no non si saprà mai: l'importante è che si comporti come se vedesse. Di fronte a questi problemi assumo la posizione canonica del fisico: l'ipotesi di Dio è inutile per spiegare il mondo. Dio esiste? Io sono sicuro che gran parte, il più di ciò che esiste non lo conosciamo e non lo potremo mai conoscere perché i nostri sensi e il nostro cervello non sono adatti a tale scopo. Dunque io credo in questo Aldilà dei sensi, credo anche abbia poca interferenza con noi perché altrimenti l'evoluzione avrebbe formato i sensi adatti a coglierlo. Fatti inspiegabili, paranormali, rarissimi, non sono da escludere, anzi ci sono. Capire queste cose? Lo escludo: sono troppo poco frequenti per poter aver formato sensi e cervello atti a coglierle e non si ripetono a comando per poterle studiare. Concordo con Anassimandro che afferma che l'indeterminato sia il divino. Almeno se ἄπειρον può essere tradotto con indeterminato. Per quanto rischi di andare fuori tema vorrei precisare alcune parole che ho usato nello stendere queste pagine.

Ho parlato di oggetti che si assomigliano, dunque che io vedo. Che cosa sia la visione, perché avvenga, non lo so. E' da quando avevo quindici anni che me lo chiedo: perché quando mi affaccio alla finestra vedo il monte? Che succede nel mio cervello? Questo mi sono chiesto per anni e ora mi sono rassegnato a non capire. Dopo decenni di studio, sono giunto alla conclusione che è un problema affine alla consapevolezza, alla coscienza: troppo grande per me. Ho capito che la visione avviene nella corteccia visiva perché l'uomo privato della corteccia visiva non vede. Il sistema visivo più antico tuttavia ha sede nel mesencefalo e un uomo, privato della corteccia visiva, identifica gli ostacoli sul suo percorso e indica la posizione delle luci pur non avendo alcuna percezione visiva. La differenza sostanziale che noto fra mesencefalo e corteccia sta nel riconoscimento delle forme, quindi il confronto fra memoria e situazione presente. Nel mesencefalo la memoria delle forme non c'è, almeno io non vedo nessun apparato neurofisiologico a cui possa attribuire questa funzione ed in effetti quel sistema visivo era atto a prevedere gli esiti dei movimenti dei corpi, corpi che erano riconosciuti con il sistema chemiosensorio. Questo può essere indicato come un discriminante ma non spiega nulla. La mia macchina confronta quanto le viene dalla telecamera con quanto ha in memoria: vede? La stessa cosa può dirsi circa la percezione dei suoni, degli odori,... mah... Tuttavia ho quantificato la similitudine fra le forme e ne ho dato una definizione operativa. Se la macchina veda o no non si saprà mai: l'importante è che si comporti come se vedesse. Di fronte a questi problemi assumo la posizione canonica del fisico: l'ipotesi di Dio è inutile per spiegare il mondo. Dio esiste? Io sono sicuro che gran parte, il più di ciò che esiste non lo conosciamo e non lo potremo mai conoscere perché i nostri sensi e il nostro cervello non sono adatti a tale scopo. Dunque io credo in questo Aldilà dei sensi, credo anche abbia poca interferenza con noi perché altrimenti l'evoluzione avrebbe formato i sensi adatti a coglierlo. Fatti inspiegabili, paranormali, rarissimi, non sono da escludere, anzi ci sono. Capire queste cose? Lo escludo: sono troppo poco frequenti per poter aver formato sensi e cervello atti a coglierle e non si ripetono a comando per poterle studiare. Concordo con Anassimandro che afferma che l'indeterminato sia il divino. Almeno se ἄπειρον può essere tradotto con indeterminato.

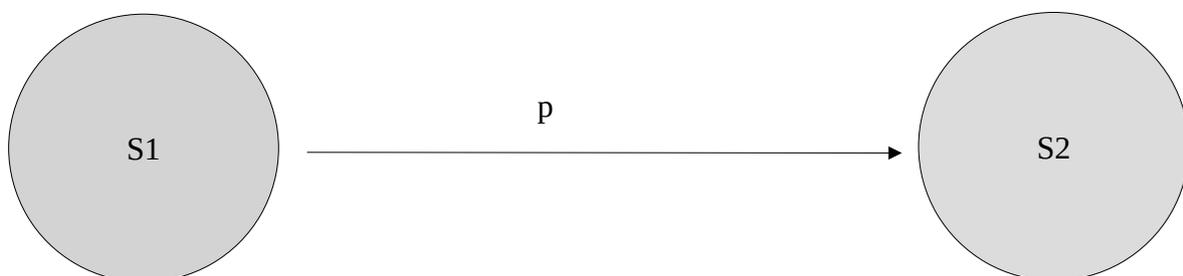
3. La frase

Ho detto che il cervello si attrezzato per cogliere l'agente ma l'importante è il paziente e la sua trasformazione. Tale regola non è assoluta ma la si ritrova nella maggioranza delle situazioni. Questo modo di vedere le cose trova un parallelo nella forma passiva delle frasi in lingua italiana, francese, inglese... In esse il complemento d'agente (o di causa efficiente) è ben evidenziato, come il soggetto, che in tal caso è il paziente. Secondo me, nelle prime lingue, ritengo più vicine al

funzionamento cerebrale elementare di quelle che le seguiranno, l'agente e il paziente avrebbero dovuto essere ben marcati. In Europa, i baschi, quelli privi di studi linguistici, spiegavano ai forestieri che la loro era una lingua strana, che ha solo la forma verbale passiva. Io credo perché avevano rilevato che nel passivo dello spagnolo o del francese il complemento d'agente (o di causa efficiente) era ben marcato come nella loro lingua, ma soprattutto perché il passivo pone in evidenza il paziente, chi subisce l'azione che è poi la cosa più importante per intuire la previsione. In quest'ottica, quella dell'importanza del paziente, si capisce perché nel basco, come in qualunque lingua ergativa, il nostro soggetto dei verbi intransitivi venga marcato come marcano paziente; infatti nella frase: "io cammino" è il camminatore a subire lo spostamento, la fatica,... le trasformazioni prodotte dal camminare. Secondo la moderna linguistica questa è la chiave che permette di stabilire se una lingua sia o non sia ergativa. Per i miei fini questa invece è una finezza inessenziale: l'importante è la forma passiva, che evidenzia agente e paziente. Pare che le prime lingue fossero ergative. Io ritengo questa supposizione con validata dal fatto che siano lingue ergative il berbero, i dialetti dei nativi americani e degli aborigeni australiani. Ora queste lingue sono in forte regresso, in Europa rimangono il basco, benché notevoli tracce dell'ergatività si rilevino nelle lingue caucasiche e c'è chi deboli tracce dell'ergatività le riscontra anche nell'italiano. Le particelle che stanno fra le percezioni, ad indicare relazioni geometriche, topologiche, temporali hanno un nome esse possono aggiungersi ai nome delle percezioni e dar luogo alle lingue agglutinanti. Poi queste particelle si possono unire in varie combinazioni e queste unioni avere dei nomi. In inglese going to diventa gonna, fra le strida dei puristi, in piemontese so sì (=questo) diventa sòn.

Inoltre, poiché le sillabe sono ben marcate sotto il profilo dell'acustica fisica e tutte le persone al mondo sanno sillabare correttamente, ritengo che le prime lingue fossero formate da parole monosillabiche.

In conclusione, dalle mie osservazioni sull'operare cerebrale, risulta che lingue primitive potrebbero essere ergative, monosillabiche e agglutinanti. Poi si sarebbero evolute. Non sono però un linguista. Riprendo l'idea che una buona teoria dovesse consistere in una formulazione matematica dalla quale in data una serie di misure avrebbe dovuto discendere un'altra serie di misure. Con misure si intendeva misure su grandezze fisiche, per evitare questioni su dati e risultati di prove che sarebbero sorte se in luogo di numeri le grandezze fossero state quantificate con aggettivi come leggero, tiepido, veloce,... Tale idea è schematizzata in Fig. 7 e non perde molto del suo valore se le grandezze percepite non fossero misurabili. S1 è la situazione di partenza, definita da più percezioni. Le percezioni che, per semplificare assumo come solo visive, sono collegate in una rete geometrica e temporale e costituiscono la base del linguaggio articolato e della lingua agglutinante. Con p indico la probabilità di esattezza della previsione, essa al fine di guidare le scelte umane deve essere pari ad 1. In linea di principio $p < 1$ è inevitabile, dato che il mondo esterno si conosce con i sensi e la previsione porta i limiti di questa conoscenza.



tempo

Fig. 7 - Schema innaturale dell'attività predittiva del cervello.

Questa asettica descrizione della previsione, secondo me è un'innaturale astrazione.

Nella formazione della frase è fondamentale l'attenzione, che agisce in due modi:

1. coglie le variazioni di movimento (limitandoci alla visione) ed isola l'agente;
2. a volte l'agente non è evidente nell'ambiente e allora occorre indirizzare l'occhio di chi ascolta la frase su esso, partendo da oggetti più evidenti, che attirano l'attenzione. La stessa procedura si attua quando è importante in sé un oggetto, non evidente, che non agisce. Questa collocazione spaziale dell'oggetto importante, ma non evidente, basata su dei punti di riferimento, è analoga alla collocazione temporale, di un fatto importante ma poco noto che viene riferito a un fatto noto. Per ora non tratterò la collocazione temporale.

La frase è un termine che non è definito, quindi anche il sintagma, parte della frase non lo può non essere. Userò comunque questa terminologia per migliorare l'esposizione. Io vedo la frase formata da tre sintagmi:

- 1) il sintagma verbale, che descrive l'azione;
- 2) il sintagma posizionale, di posizione geometrica, che permette di giungere all'agente e
- 3) il sintagma temporale, che permette la collocazione temporale della situazione.

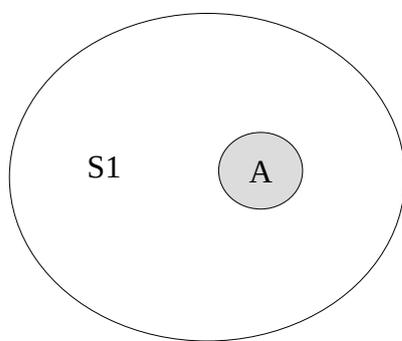
Del punto 3) non parlerò in questo scritto.

Circa il punto 1, con riferimento alla Fig. 8, l'agente A attira l'attenzione su di lui, questo pone la cella a lui collegata in grado di emettere. La contestuale presenza del paziente P1 stimola l'emissione della cella eccitata da A. Per esempio sia A un topo e P1 del formaggio: l'emissione della cella eccitata da A sarà l'azione del mangiare il formaggio. Se invece P1 fosse un sasso non vi sarebbe l'emissione stimolata dell'azione del mangiare. A e P1 costituiscono la situazione di partenza S1. La situazione di arrivo potrebbe essere P2, ovvero la previsione del formaggio rosicchiato.

La prima volta che la persona vede un topo non sa certo le sue abitudini, di conseguenza non ha alcuna emissione stimolata che gli permetta di prevedere, ma impara, vedendo o perché gli viene spiegato.

Questo modo di ragionare si avvicina molto ai frames e agli scripts ma essi devono essere il risultato di un apprendimento sull'ambiente derivato dall'attenzione, con il ricordo precisato dall'emissione stimolata.

L'agente in prima battuta attira l'attenzione, ma spesso (la maggior parte delle volte, non sempre!) l'importante è la sua azione sul paziente. Azione che normalmente va descritta perché è diversificata ed è l'importante: ad esempio, una persona può avvicinarsi a un gatto per dargli da mangiare o per accarezzarlo. Quest'azione spesso è chiamata verbo (V) ed esso risulta la parte centrale della frase.



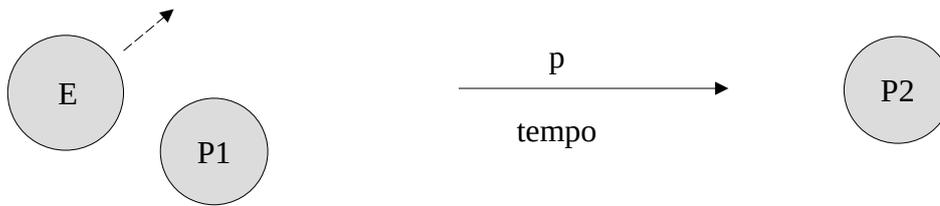


Fig. 9 - Schema naturale dell'attività predittiva del cervello.

Gli effetti dell'azione sul paziente, che portano P1 a P2, vengono intuiti da chi vede quindi spesso non sono esplicitati in una nuova frase, che descrive P2, a meno che non si voglia insegnare. Anche l'agente che pur attira l'attenzione può venire sottinteso. E' una questione di pragmatica.

Circa il punto 2. L'agente che normalmente attira l'attenzione, a volte non è evidente nell'ambiente ed occorre collegarlo con moti oculari ad un oggetto E più evidente nell'ambiente. E nello schema in fig. 9 che aiuta ad individuare l'agente A o anche un oggetto inattivo, importante ma non evidente.

In conclusione, io penso che la frase debba riflettere la situazione S1 e essa debba essere formata da un agente, dalla descrizione di un'azione e da un paziente. Se l'azione e l'agente non sono evidenti allora ci deve essere un riferimento spaziale evidente (e/o temporale noto) E a cui collegare l'azione e l'agente. Anche l'esito dell'azione ovvero la trasformazione che ha subito il paziente può venire descritta, di solito è data per scontata, perché chi formula la frase sceglie gli oggetti per far intuire all'altra persona quello che accadrà. Pragmatica. Muovendosi in un ottica human like si rileva che la funzione predittiva cerebrale è modellata come in fig. 9 e viene escluso l'innaturale schema di Fig. 7.

La fig. 9 trova riscontro nella forma passiva delle frasi, grosso modo come avviene nelle lingue ergative, che sono pressoché estinte. I motivi del loro declino sarebbero da ricercarsi nel maggior affaticamento cerebrale, attestato da studi di neurologia, che comporta la formazione della frase nelle lingue che hanno il caso ergativo rispetto a quelle che tal caso non hanno. Economia cerebrale, che si inquadra nella semplificazione che è una costante delle lingue parlante, non è un fenomeno di adesso: il duale era una reliquia già nel greco antico ai tempi di Democrito, esso c'era pure nell'old English, ma nel middle English non c'era già più. Io parlo usualmente piemontese e noto che in esso la forma passiva è sparita, come il passato remoto e il futuro sta sparendo; mentre restano vivissimi i congiuntivi. Invece in francese, lingua vicinissima al piemontese, che molti considerano, a ragione, un dialetto del piemontese, il congiuntivo non si usa più nelle normali conversazioni e in inglese esso è scomparso. Invece in inglese sono vivissimi passato remoto e forma passiva. Come nel sud Italia! Non saprei il perché di queste differenze, che comunque sono volte alla semplificazione.

Lo schema in fig. 9 è perfettamente aderente alla forma passiva della frase ma l'agente e la sua azione sono ben chiari anche nella forma attiva. L'agente è il soggetto, il paziente è l'oggetto, che pur importantissimo, nella maggior parte dei casi è trascurato. Anche qui: pragmatica, nel formulare una frase il parlante avvisa di una situazione, tacendo il suo sviluppo, se lo considera noto all'ascoltatore.

Il linguaggio non è un sistema formale e neanche importa che lo sia. Descrive il mondo in modo approssimativo e incompleto e sarebbe inutile chiedere di più, perché il rapporto fra mondo e cervello, assicurato dai sensi, è approssimativo. La grammatica non è una scienza esatta, io posso dire: "la pentola scoppia" chi subisce l'azione? Posso anche dire: "io cammino" chi subisce l'azione dello spostarsi? Anche con un verbo transitivo il soggetto può subire l'azione; infatti posso dire "Giovanni beve un veleno".

In genere l'azione è più importante che l'agente ed essa di solito è collegata ad un verbo.

Mi ricordo che la maestra ci insegnava che, per capire la frase bisognava cercare l'azione, poi ci spiegava che l'azione si chiamava verbo. In effetti i verbi, nella maggior parte, indicano azioni: parlare, scrivere, mangiare,... ma altri non sono azioni per nulla: che azione indica, per esempio, il verbo essere? Mettere sotto la stessa etichetta di "verbo" sia parole che indicano azioni che altre parole che non le indicano affatto mi sembra inadeguato, ma tant'è. Il ruolo del verbo essere (ove non sia quello di ausiliare) non sta nell'azione ma entra nella descrizione, di uno o più oggetti di una scena visiva, che sono, saranno o furono o sarebbero,... in essa. Infatti questa descrizione può essere nel passato, nel presente o nel futuro, può essere certa o probabile, può avere una durata, il verbo essere, nelle lingue in cui esiste, si coniuga come i verbi che esprimono un'azione nei modi e con i tempi propri delle varie lingue. Se io dico il lampadario: è, sarà, fu, sarebbe,... non indico alcuna azione ma relazioni spaziali, temporali e probabilistiche fra le varie immagini della scena visiva.

I tre sintagmi che formano la frase io li considererei concettualmente distinti, poi vengono inglobati in parole messi in posti che sono diversi da lingua a lingua.

Poiché, per ora, mi interessa descrivere con una frase una scena visiva, indipendentemente dal suo sviluppo, inizierò con il "verbo" essere, potrebbero anche andare bene il verbo stare o il verbo esistere. Estendere il discorso ad altri verbi sarà naturale. In una prima analisi, non importano i tempi e i modi, penserò di aver sempre a fare con un indicativo presente, quindi scriverò il verbo all'infinito. Inoltre in questa prima fase trascurerò anche gli articoli. Per descrivere la scena in Fig. 7, io direi: sopra il tavolo c'è il lampadario, ma più semplicemente:

sopra il tavolo essere il lampadario (3).

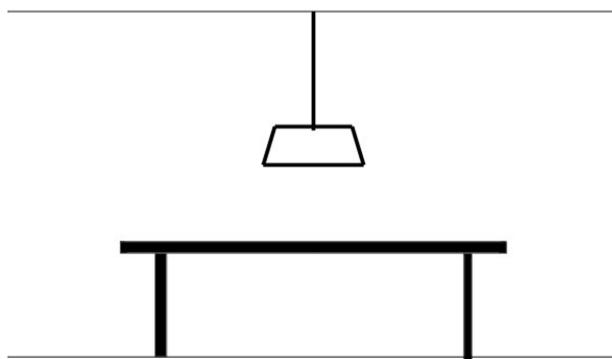


Fig. 7

Va notato che la collocazione del lampadario è definita attraverso il tavolo. Vi sono due oggetti, in senso fisico: uno il tavolo, il più evidente, quello che salta subito all'occhio e un secondo, che è quello importante, collegato al verbo, che si trova attraverso la relazione spaziale con il primo. Individuare l'oggetto più evidente della scena e porlo in relazione agli altri, è una caratteristica dell'operare umano, legata ai dispositivi attenzionali, che sono uguali in tutte le persone. Solo un insensato formerebbe la seguente frase del tipo: sotto la mosca naviga il bastimento. In questo ragionamento c'è molta pragmatica, conoscenza dell'altro da parte di chi formula la frase, che da per scontato che l'interlocutore noti con più facilità alcune cose rispetto ad altre. Riflessioni da rimandare perché per ora stiamo discutendo del controllo della frase sull'ambiente, non della sua formazione nel cervello.

Tornando alla Fig. 7, udita la frase, l'occhio deve cercare per prima cosa il tavolo e il cervello controllare che esso ci sia, poi il cervello farà muovere l'occhio verso il lampadario, controllerà anche stavolta che esso ci sia e che sia nella giusta posizione, non, ad esempio, per terra a destra del tavolo. Non ho dubbi che il controllo vada fatto in questa sequenza: l'occhio individua il tavolo, poi ruota verso l'alto e trova il lampadario:

tavolo > ruota su > lampadario (é) (4).

Tuttavia le parole della frase (3) non sono in tale ordine ma in questo: sopra, tavolo, essere, lampadario. Il verbo essere, fornendo solo relazioni di probabilità, di collocazione spazio temporale, per quello che abbiamo detto, può essere trascurato. In effetti mi sovviene che nell'arabo il verbo essere non esiste.

Ancora la frase, che descrive la fig. 7, potrebbe essere detta come: il lampadario è sopra il tavolo, ovvero:

il lampadario è sopra il tavolo (5),

che, rispetto alla sequenza dei controlli (4), è ancora più disordinata della (3). Come fa il cervello, udita una delle due frasi, a capire che il tavolo è l'oggetto da cercare per primo?

L'ordine dei controlli nella (5) non muta se al posto del verbo essere vi fosse il verbo dondolare: invece di trascurare semplicemente il verbo occorrerebbe associare il dondolio e controllare che esso dondoli. Il dondolio è un movimento che si associa a un oggetto come un aggettivo, che per esempio ne definisca la luminosità.

In entrambe le frasi, la (3) e la (5), si ritrovano i due sintagmi, uno che contiene l'azione (in questo caso la non azione) di un oggetto e un oggetto evidente, che permette di individuare l'oggetto importante, quello collegato al verbo.

4. Il sistema uditivo e quello visivo

Un tentativo dell'evoluzione di mettere in collegamento il mondo esterno al cervello con il cervello è stato attraverso le onde acustiche. Limitatamente all'uomo è una strada che si è sviluppata poco: è vero che il belare permette di riconoscere la pecora dalla mucca, senza vederla o sentirne l'odore, è anche vero che nel pipistrello..., ecc... ma il sistema uditivo non raggiunge l'efficacia predittiva di quello visivo. L'udito nell'uomo serve soprattutto a cogliere i rumori improvvisi che attirano l'attenzione e invece risulta importantissimo per ricevere le comunicazioni dagli altri uomini attraverso il linguaggio. Quindi nelle pagine che seguono tratterò dell'udito solo in relazione al linguaggio e non ad altre sue interazioni con il mondo esterno.

Questo sfrondamento della funzione dell'udito permette di richiedere che le parole siano inequivocabilmente riconoscibili: la parola cane non si deve confondere con la parola canne, anche se esse si assomigliano. Questo pone il riconoscimento della parola su un piano diverso da quello delle immagini nel sistema visivo, che è solo probabilistico e approssimato. La pretesa, che deriva dall'osservazione del parlare umano, non è assurda se al sistema uditivo non è richiesto di riconoscere un oggetto nel mondo esterno dal rumore che produce, ma solo delle parole che sono degli artefatti, voluti precisi, distinti e riconoscibili.

In queste pagine non tratterò del riconoscimento vocale, ovvero di come giungere dalle onde acustiche, emesse da un parlante, alle lettere alfabetiche. Non me ne sono mai interessato, non ho competenze in merito, mi sono solo limitato a leggere i lavori degli altri. Qui do il problema per

risolto anche perché, per gli scopi di questo scritto, che è il progetto di un macchinario, le parole, che devono essere precise, potrebbero essere immesse attraverso una tastiera. Quindi porrò fonemi e grafemi, in corrispondenza biunivoca e con grafemi intenderò quelli dell'alfabeto latino, non quelli di un alfabeto fonetico. Per gli scopi di questo scritto i grafemi potrebbero essere due 0 e 1 ma ciò complicherebbe l'esposizione. Inoltre chiamerò parole l'unione dei grafemi, saltando le sillabe e infine chiamerò frase l'insieme di più parole. Compierò questi abusi di linguaggio solo per la chiarezza espositiva.

A margine, dopo aver ripetuto che non ho mai approfondito il riconoscimento vocale, devo dire che il concetto di fonema non mi sembra legato alla neurofisiologia piuttosto, ma piuttosto all'extrapolazione della felice idea dei fenici. Il fatto stesso che esistano più alfabeti fonetici mostra come questi siano collegati alla psicologia e non alla fisiologia o alla fisica; in effetti voler associare una forma d'onda acustica ad un fonema mi pare essere come voler associare una lunghezza d'onda elettromagnetica a un colore: non è così semplice. Se prendiamo le lettere alfabetiche il suono della r ha forme d'onda acustiche diverse a seconda della parola in cui si trova e a seconda del parlante e non si riesce a trovare un modo razionale per collegare queste diverse forme. Così per tutte le lettere alfabetiche, invero la situazione migliora un po' per le vocali. Di sicuro non esiste nessuna persona, anche se ha passato tutta la vita a studiare riconoscimento vocale, che vista la forma di un'onda acustica sappia a riconoscere la parola che l'ha generata. Nel mio precedente libro ho parlato dello stato dell'arte del riconoscimento vocale, ho anche detto che ha buoni risultati, tutti noi li vediamo quando dettiamo al cellulare. Tuttavia il modo con cui si arriva ad essi non è nelle mie corde. Se io dovessi intraprendere questi studi partirei dalla neurofisiologia del sistema uditivo e dalle sillabe che sono chiaramente marcate da forme d'onda iniziali e finali. Inoltre chi ha detto che alla base del riconoscimento acustico vi siano i fonemi e non le sillabe? Vi sono troppi indizi a favore di queste come unità del linguaggio. Mi dovrebbero però regalare un'altra vita. Ripeto: non è il mio campo e per gli scopi di questo scritto il linguaggio potrebbe essere scritto in forma binaria. L'importante è che la combinazioni di questi elementi del linguaggio sia inequivocabile. Associando il riconoscimento visivo, dubbio, perché derivante dalla natura, con il precisissimo linguaggio, che è un artefatto umano, si ottiene un potente strumento per migliorare la previsione.