

Indice

Prefazione	Pag.	9
I Il problema del contesto	”	19
1 I termini del problema	”	21
1.1 Contesto e contenuto	”	21
1.2 Contesto e variazione di contenuto	”	28
1.3 Contesto e decontestualizzazione	”	31
2 L'emergere del problema del contesto nella tradizione modellistica	”	37
2.1 La semantica estensionale	”	37
2.2 Mondi possibili e intensioni	”	39
2.3 Il ruolo del contesto di produzione	”	42
2.4 Fattori contestuali e indici	”	45
3 La logica dei dimostrativi (LD) di Kaplan	”	49
3.1 Circostanze e contesti	”	49
3.2 La distinzione tra contenuto e carattere	”	52
3.3 Verità in un contesto e LD-validità	”	54
3.4 La formalizzazione di LD	”	56
3.5 Logica classica e LD	”	65
3.6 Discussione	”	67

4	Espressioni indicali, contenuto metafisico e contenuto cognitivo	Pag.	75
4.1	Il problema di Tom Brown	”	76
4.2	Le tesi di trasformabilità debole e forte	”	77
4.3	Indicali e limitatezza epistemica	”	80
4.4	Indicalità essenziale	”	84
4.5	Quale contesto per gli indicali?	”	87
5	La dimensione cognitiva del contesto	”	93
5.1	Contesto e contenuto cognitivo	”	94
5.2	Contesto e linguaggio	”	98
5.3	Contesto e livelli di descrizione	”	100
6	Il ragionamento contestuale	”	107
6.1	Ragionamento intra-contestuale	”	108
6.2	Ragionamento inter-contestuale	”	117
II	Verso una logica del ragionamento contestuale	”	123
7	Le rappresentazioni ripartite (PR)	”	125
7.1	La teoria delle rappresentazioni ripartite	”	126
7.2	Formalizzazione di PR	”	134
7.3	Discussione	”	144
8	La logica dei contesti (LC)	”	149
8.1	Il problema della generalità	”	150
8.2	Le idee base di LC	”	152
8.3	Formalizzazione di LC	”	162
8.4	Discussione	”	169
9	I Sistemi MultiContesto (SMC)	”	171
9.1	Contesto come teoria parziale e approssimata	”	172
9.2	I principi di località e compatibilità	”	174
9.3	Formalizzazione	”	179
9.4	Discussione	”	186

III Conclusioni	Pag.	191
10 Conclusioni	”	193
10.1 Due prospettive sul problema del contesto	”	193
10.2 Ricostruzione concettuale del problema del contesto	”	196
10.3 La logica del contesto cognitivo	”	204
10.4 Contesto e teoria della rappresentazione della conoscenza	”	211
IV Appendici	”	215
A Un approccio multi-contestuale al problema della qualificazione	”	217
A.1 Il problema della qualificazione	”	218
A.2 Il “ <i>tuning</i> ” tra generalità e località	”	221
A.3 Formalizzazione	”	223
B Opacità e trasparenza nei contesti di credenza	”	241
B.1 Sostitutività in contesti di credenza	”	242
B.2 Il problema della doppia lettura	”	243
B.3 Semantica a modelli locali per la doppia lettura	”	247
B.4 Il sistema MC per la doppia lettura	”	250
Bibliografia	”	257
Indice delle figure	”	265
Indice dei nomi	”	267
Indice analitico	”	269

Prefazione

In termini molto generali, un *contesto* può essere pensato come un insieme di fattori “di contorno” che contribuiscono a dare un determinato senso a un evento, a un processo, a una rappresentazione. Per esempio, un uomo che spara a un altro uomo uccidendolo è un soldato che esegue la sentenza di un tribunale nel contesto dell’esecuzione di una condanna a morte, è un killer che compie un assassinio nel contesto di un omicidio su commissione, un attore che recita una parte nel contesto delle riprese di un film poliziesco. Una *routine* informatica può eseguire compiti diversi a seconda del programma in cui viene inserita o dei diversi punti dello stesso programma in cui viene richiamata. Una cartina d’Europa con sopra delle zone di colore diverso può rappresentare le isoterme a una certa ora del giorno nel contesto di un bollettino meteorologico e le zone linguisticamente uniformi in un atlante di geografia umana. Lo stesso insieme di istruzioni di una caccia al tesoro può descrivere percorsi diversi a seconda del punto in cui tali istruzioni vengono consegnate. L’enunciato “Ho fame” dice cose diverse a seconda del contesto in cui è prodotto (per esempio, dice che Carlo ha fame alle 10 del 31 gennaio 1997 se a emetterlo è Carlo alle 10 del 31 gennaio 1997, mentre dice che Fausto ha fame alle 17 del 10 gennaio 1997 in un altro contesto). Il *problema del contesto* è il problema di identificare le condizioni di contorno di un evento, di un’azione, di una rappresentazione che contribuiscono a determinarne il senso e spiegare in che modo queste condizioni influiscono su tale evento, azione o rappresentazione.

Nel lavoro che qui presento, il problema del contesto è affrontato dal punto di vista di quella che si potrebbe chiamare una *teoria della rappresentazione della conoscenza*, cioè uno studio trasversale a varie discipline – quali la filosofia del linguaggio, l’epistemologia

(nel senso di teoria filosofica della conoscenza), l'Intelligenza Artificiale (IA), la psicologia cognitiva, la linguistica – che ha per oggetto una spiegazione sistematica da un lato del fatto che un linguaggio può essere usato per rappresentare la conoscenza che un agente (non necessariamente umano) ha sul mondo, dall'altro del fatto che la conoscenza rappresentata mediante un linguaggio può essere utilizzata per inferire nuova conoscenza mediante ragionamento. Gli “oggetti” di cui ci occuperemo saranno dunque descrizioni (rappresentazioni) di tipo linguistico e il problema che affronteremo sarà il seguente: quali sono i fattori contestuali che contribuiscono a far sì che una certa espressione linguistica esprima la conoscenza che esprime per un determinato agente? In che modo questi fattori contestuali influenzano sul modo in cui la conoscenza linguisticamente rappresentata è usata nel ragionamento?

Il punto di partenza del mio lavoro è l'osservazione che le nozioni di contesto implicitamente usate o esplicitamente introdotte negli ambiti di ricerca che ho menzionato sembrano riconducibili a una di queste due intuizioni di fondo:

- da un lato, il contesto è pensato come la “posizione” (sia in senso spazio-temporale, sia in senso logico) in cui una certa espressione linguistica è usata;
- dall'altro, il contesto è pensato come lo “sfondo” (fatto di assunzioni implicite, credenze, intenzioni, prospettive, ecc.) sul quale un agente assegna un contenuto determinato a un'espressione linguistica (in una certa situazione).

La prima nozione di contesto, che nel seguito indicherò con il termine di *contesto metafisico*¹, è quella più largamente accettata tra i filosofi del linguaggio, soprattutto di tradizione analitica. L'interesse per il contesto in questa tradizione nasce nell'ambito della teoria

1. Il termine ‘metafisico’ mi è stato suggerito da Carlo Penco, il quale a sua volta si rifà alla terminologia introdotta da Kaplan in [52]: “The contexts of Demonstratives are metaphysical, not cognitive. They reach well beyond the cognitive range of the agent”. Non sono sicuro che sia il termine più esatto per caratterizzare la nozione di contesto come posizione spazio-temporale e logica, ma altri termini a cui avevo pensato (per esempio contesto pragmatico, contesto semantico) sembrano portarsi dietro un certo numero di implicazioni indesiderate. Nel seguito userò dunque l'aggettivo ‘metafisico’ con il preciso significato di qualcosa che va al di là dell'ambito cognitivo (credenze, facoltà di percezione, comprensione, ecc.) di un agente.

(formale) del significato, cioè dello studio del legame esistente tra espressioni di un linguaggio e mondo mediante l'uso di strumenti logici. Il paradigma dominante in questo studio è la cosiddetta semantica model-teoretica (o semplicemente semantica modellistica). In termini modellistici, il legame tra un linguaggio e un (modello del) mondo è concepito come una funzione che assegna un opportuno riferimento a ogni espressione grammaticalmente corretta (ben formata). Questa funzione prende come argomento un'espressione e, in base a un opportuno insieme di fattori, ne calcola il riferimento (ad esempio un oggetto in un certo dominio per i termini individuali, un insieme di oggetti per i predicati, un valore di verità per gli enunciati). In generale, i fattori da cui dipende il valore della funzione hanno il ruolo di identificare la circostanza (o stato di cose) rispetto a cui un'espressione è interpretata. Infatti, è facile osservare che una stessa espressione (per esempio, la descrizione definita 'il Presidente della Repubblica italiana') può avere un riferimento diverso a seconda dello stato di cose rispetto a cui è interpretata (per esempio Cossiga nel 1990 e Scalfaro nel 1997). L'assunzione di base di questo approccio è che il significato di un'espressione possa essere identificato proprio con la funzione (chiamata anche *intensione*) che assegna un riferimento a un'espressione in ogni possibile stato di cose. Tuttavia, come vedremo in dettaglio nel capitolo 2, ci sono alcune espressioni, le cosiddette *espressioni indicali*, che non rientrano in questo schema. Infatti, il loro riferimento può variare non solo al variare dello stato di cose, ma anche rispetto a un singolo stato di cose. Ad esempio, il riferimento dell'indicale 'io' cambia a seconda dell'agente a cui è riferito senza che questo richieda alcun cambiamento nello stato di cose che si sta considerando. Qualcosa di analogo succede per tutti gli altri indicali, come 'qui' e 'ora', il cui riferimento cambia a seconda del luogo e del tempo rispetto a cui sono valutati. Il comportamento delle espressioni indicali costringe dunque a includere tra i fattori da cui dipende il riferimento di un'espressione linguistica anche una collezione di coordinate che identificano la posizione (spazio-temporale e logica) in cui si trova l'agente rispetto a cui un'espressione è valutata. Questa posizione è chiamata il contesto di produzione di un'espressione, e il valore delle coordinate che la identificano serve a determinare il significato di quelle espressioni (come 'io', 'qui' e 'ora') il cui riferimento è dato

non in forma assoluta, ma relativa al punto in cui sono usate (da un certo agente).

La seconda nozione di contesto, che nel seguito indicherò con il termine di *contesto cognitivo*, è quella più generalmente utilizzata da coloro che studiano il linguaggio da una prospettiva cognitiva. In particolare, la nozione cognitiva di contesto è ampiamente studiata e utilizzata sia in quella parte dell'IA nota come rappresentazione della conoscenza, sia in autori interessati al problema della rappresentazione mentale. In entrambi i casi, le motivazioni per introdurre la nozione di contesto possono essere rintracciate nell'osservazione che ogni rappresentazione linguistica presuppone un certo livello di interpretazione del fatto che si vuole rappresentare. Per esempio, l'enunciato "Sul tavolo ci sono due oggetti" descrive una situazione in cui ci sono due libri su tavolo solo se si assume che sia chiaro a quale tavolo ci si riferisce, che solo i libri (e non le loro pagine o i granelli di polvere) contano come oggetti, che la preposizione 'su' significa che gli oggetti sono appoggiati sul tavolo (e non levitano su di esso), e così via. Queste assunzioni, sebbene non formulate linguisticamente, contribuiscono in modo essenziale a determinare il significato dell'enunciato "Sul tavolo di sono due oggetti". Pertanto, si dice che esse costituiscono il contesto in cui l'enunciato in questione viene interpretato. Analogamente, il significato di un enunciato come "Holmes abita in Baker Street" dipende dal contesto in cui è interpretato: esso esprimerà il fatto (vero) che il protagonista dei celebri racconti di Conan Doyle abita in Baker Street nel contesto delle storie di Sherlock Holmes, mentre esprimerà il fatto (falso) che Larry Holmes abita in Baker Street nel contesto di una biografia del pugile Larry Holmes. La nozione di contesto cognitivo è dunque usata per formalizzare la dipendenza del significato da assunzioni (per lo più implicite) in base a cui una certa espressione è interpretata ed è usata per rappresentare un certo contenuto.

Queste due intuizioni sembrano così lontane da portare a dubitare che esista un unico problema del contesto. Per usare una terminologia un po' *naïve*, quello che ho chiamato contesto metafisico è inteso come parte dello *stato del mondo* rispetto a cui un enunciato è valutato, mentre quello che ho chiamato contesto cognitivo è pensato come parte dello *stato cognitivo* (o stato mentale) dell'agente a cui un enunciato è attribuito. Rispetto a questa dualità, l'obiettivo della

prima parte del lavoro sarà quello di mostrare:

- (a) che la nozione di contesto metafisico e quella di contesto cognitivo possono essere viste come due risposte allo stesso problema, affrontato però da prospettive molto diverse;
- (b) che, nel quadro di una teoria della rappresentazione della conoscenza, la nozione di contesto cognitivo sembra in grado di offrire una spiegazione alternativa (e, in un certo senso, più “essenziale”) anche al fenomeno dell’indicalità (cioè il fenomeno che ha storicamente motivato l’introduzione della nozione di contesto metafisico nella semantica modellistica);
- (c) che questa spiegazione alternativa permette di vedere l’indicalità non più come un problema completamente diverso rispetto alle forme di dipendenza dal contesto studiate in altri ambiti (per esempio l’IA), ma piuttosto come una delle forme in cui il fenomeno della dipendenza dal contesto si manifesta e che, come tale, può dunque essere affrontata in modo uniforme a tutte le altre.

La discussione di questi tre punti passerà attraverso la proposta di un percorso concettuale costituito da quattro fasi:

- nella prima fase, oggetto del capitolo 2, ripercorrerò le tappe che hanno portato la filosofia del linguaggio di tradizione analitica a occuparsi del problema del contesto. A partire dai lavori di Frege e di Tarski, farò vedere come all’interno della teoria del significato sia avvenuta una sorta di *escalation* che alla fine ha condotto a includere anche le coordinate del punto di produzione (coordinate contestuali) nell’insieme dei fattori (o *indice*) da cui dipende il riferimento di un’espressione linguistica;
- nella seconda fase, oggetto del capitolo 3, presenterò e discuterò la logica dei dimostrativi (LD) di David Kaplan, ancora oggi considerata il punto di riferimento paradigmatico rispetto al trattamento dell’indicalità nella tradizione modellistica. In particolare, insisterò sull’idea di Kaplan che le coordinate contestuali non possono essere trattate alla stregua di ulteriori

parametri che identificano lo stato di cose rispetto a cui il riferimento è determinato, ma devono essere tenute concettualmente distinte. Questo, come farò vedere, portò dunque Kaplan a definire una logica in cui il riferimento di ogni espressione (e in particolare di ogni espressione indicale) dipende da due insiemi di fattori distinti, chiamati rispettivamente *indice* e *contesto*;

- nella terza fase, oggetto del capitolo 4, sosterrò che una logica delle espressioni indicali basata sulla nozione di contesto metafisico – come per esempio LD – non permette di render conto di un aspetto fondamentale della dipendenza dal contesto degli indicali stessi, e cioè del fatto che un'espressione indicale e una non indicale con lo stesso riferimento possono non essere equivalenti dal punto di vista dell'agente che le usa. Questa non equivalenza è dovuta al diverso tipo di conoscenza che è richiesta all'agente per interpretare i due tipi di espressione. Quello che cercherò di mostrare è che LD, astruendo da ogni fattore di carattere cognitivo, non permette di formalizzare questo scarto, dato che esso non può essere spiegato se non facendo appello a ciò che un agente sa (o non sa) sul punto in cui egli (o un altro agente) produce un certo enunciato;
- nella quarta fase, oggetto dei capitoli 5 e 6, farò vedere che quanto detto nel capitolo 4 sul problema dell'indicalità equivale a richiedere una spiegazione di tale aspetto del linguaggio nei termini di quello che ho chiamato contesto cognitivo. Infatti, ciò che un agente sa sul punto di produzione (e che quindi è usato per interpretare gli indicali) è solo uno dei possibili tipi di informazione contestuale che un agente può usare per assegnare un significato a un enunciato. Nel capitolo 5, mediante esempi tratti dalla linguistica, dalla teoria della rappresentazione mentale e dall'IA, farò vedere che la dipendenza dal contesto intesa come dipendenza da uno sfondo di assunzioni implicite è molto più vasta della dipendenza dall'informazione sul contesto di produzione, e copre aspetti dell'uso del linguaggio che non sono normalmente collegati al problema del contesto in filosofia del linguaggio. Nel capitolo 6, farò vedere che questa forma di dipendenza dal contesto ha effetti molto rilevanti anche sul

modo in cui un agente usa la conoscenza a sua disposizione nel ragionamento.

Una conseguenza di questa prima parte del lavoro sul problema del contesto è che LD non è una logica adeguata a formalizzare la dipendenza dal contesto nella sua generalità. Pertanto, nella seconda parte analizzerò alcuni tentativi che sono stati fatti di studiare la logica del contesto dal punto di vista cognitivo. In particolare, prenderò in considerazione la logica delle rappresentazioni ripartite (PR) di John Dinsmore (cap. 7), la logica dei contesti (LC) di McCarthy e del suo gruppo (cap. 8), e i Sistemi MultiContesto (SMC) di Giunchiglia e del suo gruppo (cap. 9). Di queste logiche cercherò di evidenziare non tanto (o non solo) gli aspetti tecnici, quanto il modo in cui esse propongono di formalizzare le forme di dipendenza dal contesto e di ragionamento contestuale discusse nei capitoli 5 e 6. Cercherò anche di giustificare la conclusione che i SMC non solo sono la più radicale delle tre proposte, ma che essi forniscono il nocciolo di un nuovo approccio alla rappresentazione della conoscenza, un approccio alla cui base non sta più la nozione di mondo possibile, ma quella di contesto.

Per mostrare in cosa consista questo nuovo approccio, presenterò un uso dei SMC per risolvere due significativi problemi di rappresentazione della conoscenza in IA: il primo, chiamato *problema della qualificazione*, riguarda la formalizzazione del ragionamento su azioni in IA (appendice A); il secondo riguarda il *problema dell'opacità referenziale* nei cosiddetti contesti indiretti, in particolare in contesti di credenza (appendice B). La soluzione a questi due problemi è presentata in appendice perchè è di natura piuttosto tecnica. Tuttavia, si tratta di una parte integrante del lavoro, che ha lo scopo di dare al lettore interessato un'idea più precisa del nuovo approccio a cui accennavo poco sopra.

Questo lavoro è forse il primo tentativo di abbracciare in un unico schema concettuale il lavoro sulla nozione di contesto che negli ultimi decenni è stato prodotto in discipline quali la filosofia del linguaggio, la linguistica, la psicologia cognitiva, l'IA. Questa analisi ha prodotto alcuni risultati che mi sembrano interessanti. In particolare, vorrei ricordare i seguenti:

- innanzitutto, la distinzione tra la nozione di *contesto metafisico*

e quella di *contesto cognitivo*. L'aver esplicitato questa distinzione mi pare infatti una base di partenza indispensabile per un confronto tra lavori appartenenti a tradizioni così diverse come quella filosofica e quella cognitiva;

- in secondo luogo, la critica all'approccio di Kaplan basata sulla distinzione tra contenuto metafisico e contenuto cognitivo di un'espressione indicale. Questa critica non riguarda particolari aspetti tecnici di LD, ma la prospettiva generale da cui è affrontato il problema degli indicali (e della dipendenza dal contesto) in LD, astraendo cioè dallo stato cognitivo dell'agente a cui una certa espressione è attribuita;
- in terzo luogo, la proposta di una continuità tra un trattamento dell'indicalità basato sulla nozione di contenuto cognitivo e un trattamento di fenomeni di dipendenza dal contesto legati alla tradizione cognitiva che nulla hanno a che vedere con l'indicalità e il contesto di produzione di un enunciato. Questa continuità è basata sull'idea di contesto non tanto come punto spazio-temporale e logico in cui si trova un agente, ma come "spazio cognitivo" definito da una collezione di assunzioni implicite;
- in quarto luogo, il confronto sistematico – basato su una visione unitaria del problema del contesto – tra alcune formalizzazioni della nozione di contesto proposte in ambiti non strettamente filosofici.

Vorrei infine spendere due parole sul contesto in cui si è svolta la ricerca qui presentata. L'approccio scelto al problema del contesto deve molto al modo in cui esso è affrontato in IA. I primi nuclei di questo lavoro si sono sviluppati attorno a tematiche discusse nella tradizione dell'IA simbolica, in particolare a quell'area di ricerca che va sotto il nome di rappresentazione della conoscenza (*knowledge representation*). Questo interesse è nato grazie alla possibilità che mi è stata offerta di collaborare con il *Gruppo di Ragionamento Meccanizzato*, guidato da Fausto Giunchiglia, dapprima presso l'*Istituto per la Ricerca Scientifica e Tecnologica* (I.R.S.T.) di Trento e poi presso il *Dipartimento di Informatica e Studi Aziendali* dell'Università di Trento.

La formalizzazione del ragionamento contestuale è da anni una delle principali tematiche di ricerca del gruppo guidato da Giunchiglia. La definizione dei SMC [41] ha fornito il *framework* formale e concettuale entro cui il lavoro del gruppo si è svolto. Nei primi anni tale lavoro ha prodotto soprattutto una serie di importanti risultati tecnici, tra cui vale certamente la pena di menzionare la dimostrazione dell'equivalenza di una sottoclasse di SMC con i principali sistemi di logica modale [48] e la definizione di una classe di SMC per la formalizzazione dei cosiddetti contesti di credenza [48, 49, 23]. Recentemente, l'interesse maggiore si è spostato verso la definizione di una semantica che permetta di catturare in modo adeguato i due principi fondamentali che stanno alla base dei SMC, cioè il principio di località e quello di compatibilità (cfr. cap. 9).

Negli ultimi anni ha cominciato a farsi strada l'idea che i SMC non fossero solo un *framework* molto potente per risolvere problemi interni all'IA come disciplina, ma anche un nuovo punto di vista sul problema della rappresentazione della conoscenza in generale. Questa idea è stata una delle motivazioni implicite di molti lavori di natura formale di Giunchiglia e del suo gruppo, in particolare del lavoro sul rapporto tra SMC e logiche modali (dato che queste ultime costituiscono tuttora uno dei paradigmi dominanti non solo in filosofia del linguaggio, ma anche in IA). Questo libro è un primo tentativo di analizzare questa "pretesa" dal punto di vista di una teoria (filosofica) della rappresentazione della conoscenza.

Ringraziamenti

Il lavoro che qui viene presentato è frutto di una collaborazione diretta e costante con Fausto Giunchiglia, al quale è dovuta l'intuizione iniziale che – al di là delle differenze di approcci e di soluzioni – ci fosse un nesso tra la nozione di contesto utilizzata in filosofia del linguaggio e quella utilizzata nella tradizione cognitiva, in particolare in IA. Aggiungo che la mia riconoscenza nei suoi confronti non riguarda solo la preparazione di questo libro, ma in generale la mia formazione personale e professionale negli anni in cui ho lavorato insieme a lui a Trento.

Il mio lavoro ha beneficiato in misura importante degli stimoli di tutti i componenti del *Gruppo di Ragionamento Meccanizzato*

di Trento e Genova; in particolare vorrei ricordare il contributo di Massimo Benerecetti, Alessandro Cimatti, Chiara Ghidini, Enrico Giunchiglia, Roberto Sebastiani, Luciano Serafini, Paolo Traverso.

Buona parte del materiale che compare in questo libro è stato elaborato durante i quattro anni di Dottorato presso il *Dipartimento di Filosofia* dell'Università di Genova, dove ho trovato un ambiente molto aperto e stimolante. Il lavoro che presento deve molto alle proficue discussioni con Carlo Penco e Margherita Benzi, spesso condotte sullo sfondo incantato dei tetti di Genova. Un grazie anche a Luisa Montecucco e a Dario Palladino, nonché al professor Evandro Agazzi, che ha contribuito a rendere possibile la pubblicazione di questo lavoro.

Dal punto di vista della mia formazione, non posso non citare l'ospitalità che mi è stata offerta da John McCarthy presso il *Computer Science Department* della *Stanford University* (inverno 1994) e da Vladimir Lifschitz presso il *Computer Science Department* della *University of Texas at Austin* (inverno–primavera 1995). Inoltre vorrei ricordare le discussioni che ho avuto la fortuna di poter fare con Richard Weyhrauch, una delle persone con le intuizioni più profonde e stimolanti che io abbia mai conosciuto.

Negli anni che ho trascorso a Trento dal 1990 a ora sono stato generosamente ospitato dall'*Istituto per la Ricerca Scientifica e Tecnologica* (IRST) dell'*Istituto Trentino di Cultura* (ITC) e dal *Dipartimento di Informatica e Studi Aziendali* (DISA) dell'Università di Trento. Tra le persone che ho incontrato, vorrei ringraziare in modo particolare Ileana Collini, Massimo Dal Zotto, Carola Dori, Paolo Furlani, Loris Gaio, Vittorio Mortara, Ornella Mutinelli, Cinzia Parolari, Ricardo Alberto Marques Pereira, Barbara Tessaro e Alessandro Zorat.

Infine, ci tengo in modo particolare a ringraziare i miei genitori per il loro costante incoraggiamento e per la straordinaria fiducia con cui mi hanno sempre sostenuto. E mia moglie Laura, i cui commenti da “profana” mi hanno spesso aiutato a dipanare il groviglio di idee che avevo in testa e il cui lavoro con nomadi ed extra-comunitari mi ha aiutato a tenere sempre presente che nel mondo non ci sono solo problemi di filosofia e di logica.

Parte I

Il problema del contesto

1. I termini del problema

Prima di esaminare diversi approcci al problema del contesto, mi pare importante chiarire in modo generale i termini del problema, cercando di tracciare una sorta di griglia concettuale su cui proiettare le varie proposte di soluzione che prenderò in esame nel seguito. In particolare, vorrei chiarire tre aspetti del problema:

- cosa si intende quando si dice che il contenuto di un'espressione dipende dal contesto?
- in base a quale regola (se ne esiste una) il contenuto di un'espressione varia al variare del contesto?
- esiste un modo per rappresentare il contenuto di un'espressione che dipende dal contesto in modo indipendente dal contesto?

Su ognuna di esse mi soffermerò brevemente, cercando di far emergere la complessità dei problemi in gioco mediante una serie di esempi.

1.1 Contesto e contenuto

Non è difficile osservare che il contenuto di molte delle frasi che usiamo ogni giorno non dipende esclusivamente dal significato delle parole che le compongono. Per determinare cosa esse dicano è necessario fare appello a fattori esterni, che in un certo senso ne “completano” il significato aggiungendo informazione mancante. A questi fattori esterni si dà molto spesso – anche nella conversazione quotidiana – il nome di contesto.

Immaginiamo di partecipare a una caccia al tesoro per le vie della città la cui mappa è rappresentata nella figura 1.1 (i rettangoli sono

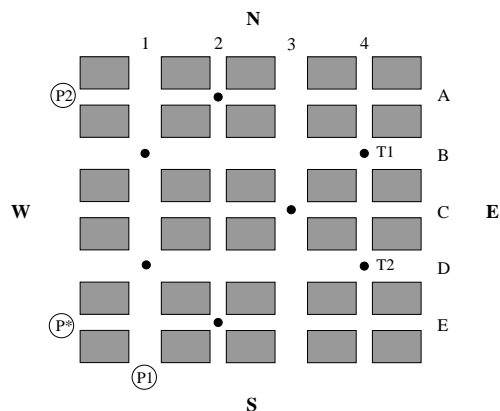


Figura 1.1: Mappa della caccia al tesoro

isolati della città e i pallini neri al centro di alcuni incroci sono semafori). Supponiamo inoltre che istruzioni fornite dagli organizzatori per raggiungere il tesoro siano le seguenti:

- (a) al secondo isolato girare a destra;
- (b) proseguire per tre isolati;
- (c) girare a sinistra e proseguire fino al primo semaforo.

È chiaro che il contenuto di queste istruzioni non può essere determinato solo in base a (a)–(c). Infatti, un elemento cruciale (che è implicito nel significato delle istruzioni) è che esse devono essere eseguite a partire dal luogo in cui esse vengono consegnate. Senza questa precisazione, le istruzioni (a)–(c) non descriverebbero alcun percorso preciso sulla mappa, ma solo uno “schema di percorso” che può essere seguito a partire da punti diversi. Se, per esempio, le istruzioni fossero eseguite a partire dal punto **P1** sulla mappa, esse condurrebbero al punto segnato con **T1**; se il punto di consegna fosse invece **P2**, le istruzioni condurrebbero a **T2**¹.

1. Per inciso, osserviamo che ci sono punti di consegna che non sono “compatibili” con le istruzioni (a)–(c). Per esempio, se esse fossero consegnate al punto indicato con **P***, non sarebbe possibile eseguire gli spostamenti previsti dalle istruzioni a partire da quel punto.

Molti enunciati del linguaggio ordinario hanno proprietà simili a quelle delle istruzioni (a)–(c) della caccia al tesoro. Consideriamo, per esempio, l’enunciato:

Ho fame (1.1)

Esso non ha un contenuto determinato finchè non si conosca chi lo ha usato e quando. Se per esempio (1.1) fosse usato da Carlo il 31 gennaio 1997, il suo contenuto sarebbe che Carlo è affamato il 31 gennaio 1997; qualora, invece, (1.1) fosse usato da Fausto il 10 gennaio 1997, esso esprimerebbe il fatto che Fausto ha fame il 10 gennaio 1997. Pertanto, per capire cosa dice (1.1), è necessario completare l’informazione linguistica con l’informazione su chi lo ha emesso e quando. Senza non è letteralmente possibile stabilire il suo contenuto.

Un terzo esempio possiamo trarlo dal linguaggio usato per interagire con il sistema operativo dei comuni computer. Immaginiamo che la figura 1.2 rappresenti una porzione di un *file system*, cioè della struttura gerarchica in base a cui sono organizzati i contenuti di un disco (rigido o meno) di un moderno computer². Supponiamo che la *directory* corrente (cioè la *directory* in cui ci troviamo) sia D2 e che un utente desideri passare da D2 alla *directory* D1, che si trova immediatamente “a monte” della *directory* corrente. Il modo più semplice è quello di usare il comando “`cd . .`”, il cui significato è: vai nella *directory* a genitore della *directory* corrente. Come nel caso delle istruzioni della caccia al tesoro o dell’enunciato “Ho fame”, il comando “`cd . .`” non esprime un comando determinato finchè non si specifichi in quale *directory* esso è eseguito. Dalla prospettiva del sistema operativo, il comando “`cd . .`” ha dunque un significato determinato solo perchè viene eseguito in una certa *directory* e

2. Il *file system* può essere rappresentato come un albero capovolto (cfr. figura 1.2), alla cui base c’è una *directory* unica (detta anche *root*); nel sistema operativo Unix, per esempio, *root* è indicata con il simbolo / (questa è la notazione che ho usato nella figura); in MS-DOS è indicata con \. Ogni *directory* (compresa *root*) può essere vista come una specie di contenitore al cui interno si possono trovare (in numero finito) dei *file* (documenti di qualsiasi genere, rappresentati con pallini grigi nella figura) o altre *directory* (rappresentate con pallini neri). Come la figura illustra, ogni *directory* può contenere un certo numero di *file* e *directory*, detti “figli”, ma ogni *file* o *directory* può avere un solo “genitore” (ad eccezione di *root*, che non ne ha nessuno). Grazie a questa strutturazione, ogni *directory* occupa una posizione univocamente determinata nel *file system*.

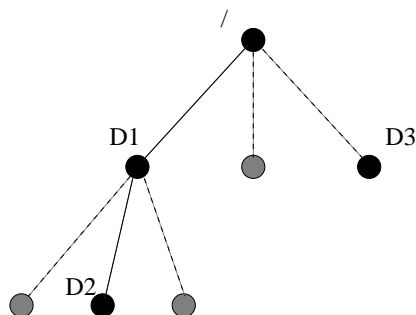


Figura 1.2: Rappresentazione di una porzione di *file system*

il computer “sa” quale (nel senso che l’informazione sulla *directory* corrente fa parte del suo stato in ogni fase di una sessione di lavoro).

Nei tre esempi precedenti abbiamo visto che il luogo e il tempo in cui un certo parlante usa una certa espressione possono servire a completare l’informazione effettivamente contenuta in un certo enunciato e permettere così di determinarne esattamente il contenuto. Tuttavia, proprio nel parlare quotidiano, capita di sentir fare riferimento alla dipendenza dal contesto senza alcun riferimento al tempo e al luogo in cui un enunciato è usato. Per esempio, si sente parlare di contesto di una conversazione, intendendo dire che magari una certa frase aveva un senso in una certa conversazione, ma avrebbe potuto averne un altro in una conversazione diversa. Oppure, è frequente sentire qualche personaggio pubblico lamentarsi del fatto che i giornalisti hanno estrapolato una sua frase dal contesto, facendo sì che il suo significato fosse frainteso. Ci sono anche esempi molto più semplici. Per esempio, la parola ‘conversione’ significa un radicale cambiamento di stile di vita in un trattato di morale, inversione di marcia in un test per il conseguimento della patente di guida, la trasformazione di un *file* da un formato a un altro in un manuale di informatica. Durante una riunione del Consiglio di Amministrazione della Fiat, la frase “Il Presidente è assente” sarà probabilmente riferita a Giovanni Agnelli, mentre durante una riunione del Consiglio dei Ministri essa sarà riferita a Romano Prodi (dicembre 1997). A seconda del contesto, il nome ‘Holmes’ può riferirsi al pugile Larry

Holmes, al giudice della Corte Suprema americana Thomas Holmes, all'attore John Holmes, oppure al celebre protagonista delle storie scritte da Conan Doyle. La descrizione “gli avversari” si riferirà ai giocatori della squadra s_2 se attribuita a un giocatore (o a un tifoso) di una squadra s_1 contro cui la squadra s_2 sta giocando, mentre si riferirà ai giocatori della squadra s_1 se attribuita a un giocatore (o a un tifoso) della squadra s_2 . Una temperatura di 37 gradi centigradi sarà giudicata normale nel contesto della fisiologia umana, mentre sarà considerata alta nel contesto di un bollettino meteorologico riferito a Trento³. Un “modello” è una struttura matematica in logica, una persona che posa per un pittore o per un fotografo in campo artistico, una riproduzione in scala nel modellismo. In tutti questi casi ciò che manca nella formulazione linguistica per determinare il contenuto non sembra riguardare tanto il luogo o il tempo in cui un parlante ha usato una certa espressione, quanto piuttosto una serie di informazioni che chi usa una certa espressione assume essere disponibili (perchè memorizzate, perchè facilmente deducibili, perchè appartenenti al “senso comune”) a chi deve interpretare le sue parole.

La dipendenza del significato da assunzioni implicite non riguarda solo l'uso del linguaggio naturale per la comunicazione. Un fenomeno analogo si manifesta quando, nella progettazione di sistemi artificiali intelligenti in IA, si cerca di rappresentare mediante linguaggi logico-formali la conoscenza che un artefatto (per esempio un robot) dovrebbe avere sul mondo per potersi comportare in un modo che, in un essere umano, definiremmo intelligente. Anche se non era ancora stato pienamente realizzato, questo problema è alla base di molte delle critiche che fin dagli anni '70 furono fatte al progetto di usare linguaggi logici per realizzare programmi “intelligenti” (un classico è l'articolo del 1975 di Marvin Minsky dal titolo *A Framework for representing knowledge* [77]). Il primo a porre esplicitamente il problema della dipendenza dal contesto anche di formule di linguaggi formali usate per rappresentare conoscenza (soprattutto quella che in [66] è chiamata conoscenza di senso comune) nella memoria di un calcolatore fu John McCarthy nell'articolo *Generality in Artificial Intelligence* del 1987:

It was obvious in 1971 and even in 1958 that AI programs suffe-

3. L'esempio è tratto, modificando i luoghi, da [92].

red from a lack of generality. It is still obvious, and now there are many more details. [...] When we take the logic approach to AI, lack of generality shows up in that the axioms we devise to express common sense knowledge are too restricted in their applicability for a general common sense database. [...] Whenever we write an axiom, a critic can say that the axiom is true only in a certain context. With a little ingenuity the critic can usually devise a more general context in which the precise form of the axiom doesn't hold. Looking at human reasoning as reflected in language emphasizes this point. Consider axiomatizing *on* so as to draw appropriate consequences from the information expressed in the sentence, 'The book is on the table'. The critic may propose to haggle about the precise meaning of *on*, inventing difficulties about what can be between the book and the table, or about how much gravity there has to be in a spacecraft in order to use the word on and whether centrifugal force counts. Thus we encounter Socratic puzzles over what the concept mean in complete generality and encounter examples that never arise in life. There simply isn't a most general context [...] [70]

Qui il contesto è pensato come una serie di assunzioni da cui implicitamente dipende il fatto che una formula (o un insieme di formule) rappresenti o meno un certo contenuto (per esempio, l'informazione che un oggetto *A* si trova sopra un oggetto *B*). Una semplice rappresentazione di questo fatto è la formula $on(A, B)$. Tuttavia, affinché questa formula rappresenti ciò che un essere umano conosce sulla proprietà di "essere sopra", è necessario riconoscere che essa si basa su un elevato numero di assunzioni. Un esempio molto immediato è l'assunzione che i due nomi *A* e *B* stiano per oggetti distinti⁴. Inoltre, essa lascia implicito il fatto che $on(A, B)$ è riferita a un certo tempo, per cui è possibile che alle 11 del 2 febbraio 1997 sia vera e che alle 16 dello stesso giorno non lo sia più. Questo sempli-

4. Si tratta di un'"ovvietà" con la quale si scontrarono duramente i primi tentativi di usare linguaggi logici per rappresentare conoscenza di senso comune. Solo a un certo punto ci si rese conto una rappresentazione come $on(A, B)$ implicitamente si basa sulla cosiddetta *assunzione dell'unicità dei nomi* (*unique names assumption*), cioè sull'assunzione che a nomi diversi corrispondano oggetti diversi (a meno che non sia esplicitamente detto il contrario). La formalizzazione di questa assunzione, a sua volta, procurò non pochi problemi. Cfr. per esempio [35].

ce esempio, secondo McCarthy, dimostra che un “critico” fantasioso potrebbe continuare il gioco di creare contesti sempre nuovi in cui interpretare $on(A, B)$ molto a lungo, forse indefinitamente. E quanto sia serio questo gioco diventa evidente quando si tenti di progettare robot in grado di usare una conoscenza come $on(A, B)$ per eseguire compiti in situazioni diverse (nel mondo dei blocchi, in un mondo di sfere, in un salotto, in una navicella spaziale, ecc.). In ognuna di queste situazioni, qualcuna delle assunzioni implicite diventa cruciale e il robot deve essere in grado di capirlo.

Proprio per la sua semplicità, quest’ultimo esempio aiuta a vedere con chiarezza come ogni rappresentazione di un fatto, per quanto banale, comporti un certo livello di interpretazione di quel fatto. Questa interpretazione si basa su assunzioni che sono implicite nella formulazione linguistica e ne costituiscono il contesto. Ecco come Winograd e Flores si esprimono nel libro *Understanding Computers and Cognition*:

Formal analytic approaches based on literal meaning often take as their model the language of mathematics, in which the truth of a statement can be determined without reference to outside context or situation. But in real language, one rarely if ever makes a statement that could not be construed as having an unintended literal meaning. Speaker A says “Snow is white” and B can point to the murky grey polluted stuff at their feet. A replies “I meant pure snow” and B responds “You didn’t say so, and anyway no snow is absolutely pure”. It is an edifying exercise to look at the statements made both in writing and in everyday conversation, to see how few of them can even apparently be judged true or false without an appeal to an unstated background. [101][p. 55]

Il succo del passo di Winograd e Flores è che la verità o falsità degli enunciati usati nella conversazione di ogni giorno, anche di quelli apparentemente più ovvi come “La neve è bianca”⁵, va definita relativamente a un certo contesto, inteso come una sorta di sfondo su cui il significato di tali enunciati deve essere proiettato. Nel passo citato, uno dei due interlocutori non contesta la verità dell’enunciato

5. Si noti una certa “perfidia” nella scelta, da parte di Winograd e Flores, dell’esempio rimasto più famoso tra quelli fatti da Tarski per illustrare i requisiti di una teoria della verità per linguaggi formalizzati.

“La neve è bianca” perchè è daltonico o perchè il termine ‘bianco’ sia in qualche misura ambiguo. Egli contesta la sua verità in base ad alcune assunzioni che il parlante implicitamente fa quando dice che la neve è bianca. L’importanza di questo fenomeno e la sua indipendenza da qualsiasi nozione di ambiguità lessicale o vaghezza sono ribadite con molta chiarezza da Searle nell’articolo intitolato *Literal meaning*:

For a large class of unambiguous sentences such as “The cat is on the mat”, the notion of literal meaning of the sentence only has applications relative to a set of background assumptions. The truth conditions of the sentence will vary with variations in these background assumptions; and given the absence or presence of some background assumptions the sentence does not have determinate truth conditions. These variations have nothing to do with indexicality, change of meaning, conversational implication, vagueness or presuppositions as these notions are standardly discussed in the philosophical and linguistic literature. [90]

Tutti gli esempi fatti in questo paragrafo mostrano che il significato di molti enunciati del linguaggio ordinario (e forse di tutti) dipende dal contesto in cui vengono interpretati, nel senso che la determinazione del loro contenuto richiede che l’informazione da essi veicolata sia in qualche modo integrata da informazione esterna (punto di produzione, tempo, parlante, assunzioni implicite, ecc.). Alla luce di ciò, possiamo formulare una prima parte del problema del contesto come segue: *dato un enunciato di un linguaggio, quali sono gli aspetti che costituiscono il contesto entro cui il suo contenuto viene determinato?*

1.2 Contesto e variazione di contenuto

Fin qui ho discusso l’aspetto per così dire “statico” del problema del contesto, cioè il fatto che la determinazione del contenuto di un’espressione linguistica talvolta dipende da fattori di contorno (cioè, dal contesto). Ma il problema del contesto ha anche un aspetto “dinamico”, che potremmo porre in questi termini: *se il contenuto di un’espressione dipende dal contesto, in che modo questo contenuto varia al variare del contesto?*

Per rendere più concreta la questione, riprendiamo gli esempi fatti nel paragrafo precedente. Nella caccia al tesoro, il contenuto delle istruzioni è indeterminato finchè non venga specificato il punto in cui esse sono state consegnate. Al variare del punto di consegna, esse descrivono percorsi diversi, anche se strutturalmente identici tra di loro. Questo significa allora che, in due cacce al tesoro diverse (o addirittura in due tappe diverse della stessa caccia), gli organizzatori potrebbero usare le stesse istruzioni per far raggiungere ai partecipanti punti diversi (si ricordi la figura 1.1). Il problema è: esiste una regola mediante cui è possibile determinare come varia il contenuto delle istruzioni al variare del punto di consegna? Qualcosa di molto simile vale per l'enunciato (1.1). Il suo contenuto varia a seconda di chi lo usi e quando. È possibile trovare una regola generale per determinare il suo contenuto per ogni coppia parlante-tempo? E infine: è possibile stabilire la regola in base a cui determinare l'effetto del comando "cd . . ."?

Quello che è interessante in questi primi esempi è che alcune espressioni che in essi occorrono ('io', 'ora', 'qui', '. . .') sembrano comportarsi come parametri all'interno degli enunciati in cui occorrono: così come l'espressione $5 + x$ non denota alcun numero finchè non diamo un valore a x , così l'enunciato (1.1) non esprime alcuna proposizione specifica finchè non viene dato un riferimento a 'io' e 'ora'. Questa analogia sembra suggerire una via per tentare una risposta alla domanda sull'esistenza di una regola. Infatti, se immaginiamo di disporre i numeri interi lungo una retta, il valore dell'espressione $5 + x$ cambia a seconda del punto della retta rispetto a cui la valutiamo. Così, se riuscissimo a organizzare i fattori da cui dipende il contenuto delle istruzioni della caccia al tesoro o di (1.1) o del comando "cd . . ." in un sistema di coordinate, si potrebbe pensare di risolvere il problema della variazione di contenuto in modo simile a quello del valore di $5 + x$. Questa strada, come vedremo, è stata effettivamente seguita. Per dare un'idea della cosa, consideriamo l'esempio dell'enunciato (1.1). Immaginiamo di avere due assi che individuano uno spazio cartesiano bi-dimensionale. Sull'asse T disponiamo i tempi e sull'asse A gli agenti. Ogni punto sul piano cartesiano è identificato da una coppia di valori $\langle t, a \rangle$. Ognuno di questi punti può essere visto come una visione semplificata di tutti i possibili contesti in cui (1.1) può essere prodotto. A seconda del

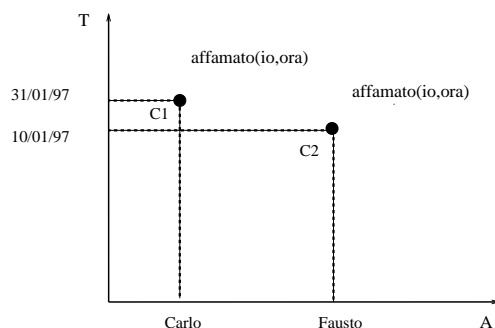


Figura 1.3: Aspetto parametrico della dipendenza dal contesto

punto in cui “spostiamo” l’enunciato, il parametro ‘ora’ assumerà come valore il primo elemento della coppia che identifica quel punto del piano cartesiano (cioè, un tempo) e il parametro ‘io’ il valore del secondo (cioè, un agente). Nella figura 1.3, nel punto $C1$ l’enunciato (1.1) esprimerebbe il contenuto che Carlo ha fame il 31 gennaio 1997, mentre in $C2$ esprimerebbe il contenuto che Fausto ha fame il 10 gennaio 1997. La figura dovrebbe dunque dare un’idea della regola in base cui il contenuto di (1.1) vari da contesto a contesto.

Se si decide di seguire questa strada, ogni punto del piano cartesiano della figura 1.3 può essere pensato come un contesto. Esso, infatti, contiene informazione necessaria per determinare il senso di (1.1) e di ogni altro enunciato che dipenda da chi lo ha emesso e quando. Nulla impedisce di considerare un sistema a tre assi, in modo da poter allineare anche i possibili luoghi in cui un’espressione può essere usata (da un certo parlante in un certo istante di tempo), in modo da poter spiegare anche in che modo il contenuto delle istruzioni della caccia al tesoro (o di enunciati come “Sono qui”) varia al variare del contesto. Il problema è se questo tipo di trattamento si può generalizzare ad altre forme di dipendenza dal contesto, come quelle che abbiamo menzionato in questo capitolo. Per esempio, è possibile pensare un trattamento simile per stabilire in che modo il contenuto dell’enunciato:

$$\textit{Holmes è un detective} \quad (1.2)$$

varia al variare del contesto? La risposta non è facile. Infatti, anche qualora disponessimo tutti gli agenti su un asse (come nella figura 1.3, quale forma potrebbe avere la regola in base a cui al nome ‘Holmes’ viene assegnato un certo agente? A differenza di indicali come ‘io’ o ‘qui’, il riferimento del nome Holmes non varia in modo parametrico rispetto alle coordinate del punto di produzione, ma dipende da quali assunzioni sono “attive” – per così dire – quando l’enunciato (1.2) viene usato. E se nel caso di (1.2) si può almeno immaginare di trovare un modo per collegare il riferimento del nome ‘Holmes’ al valere o meno di certe assunzioni, ci sono casi (come quello di $on(A, B)$) in cui non c’è nella formulazione linguistica alcun elemento che “segnali”, in qualche modo, la dipendenza da assunzioni implicite. Infatti, non è il riferimento di qualche specifica espressione di $on(A, B)$ che dipende dal contesto, ma il modo in cui essa globalmente deve essere interpretata e quindi le circostanze in cui può essere applicata. Per esempio, in che modo (e in che senso) il contenuto di $on(A, B)$ varia da un contesto in cui si assume che la gravità è normale a uno in cui la gravità è nulla? In che senso il contenuto dell’enunciato “La neve è bianca” varia da un contesto con uno standard di precisione molto basso a uno in cui lo standard di precisione è molto alto? La spiegazione sistematica del modo in cui il loro contenuto varia da contesto a contesto richiederebbe la capacità di creare un *sistema* delle assunzioni da cui un enunciato può dipendere e definire in che modo ognuna di esse influisce sul significato di una certa espressione linguistica. E se questo compito può apparire realizzabile in alcuni casi, vedremo che in generale esso è estremamente difficile (se non impossibile).

1.3 Contesto e decontestualizzazione

Un terzo aspetto del problema del contesto che vorrei evidenziare utilizzando gli esempi fin qui discussi è quello che riguarda la possibilità di decontestualizzare enunciati il cui contenuto dipende dal contesto. Un modo per risolvere il problema evidenziato nel paragrafo precedente, infatti, potrebbe essere quello di esplicitare tutta l’informazione contestuale relativa a un certo enunciato, in modo che il suo contenuto non dipenda più dal completamento dell’informazione fornita dalla formulazione linguistica. Il problema è dunque il seguente:

è sempre possibile trasformare un enunciato il cui contenuto dipende dal contesto in un enunciato che esprime lo stesso contenuto in una forma che non dipende dal contesto?

Partiamo dall'esempio della caccia al tesoro. Sarebbe stato possibile per gli organizzatori fornire le istruzioni per raggiungere il tesoro in una forma tale da renderle indipendenti dal punto in cui esse sono consegnate? Naturalmente sì. Per esempio, se il tesoro si trovasse in **T1**, le istruzioni potrebbero essere:

- (a) seguire la strada 1 partendo da Sud fino alla strada D e girare a destra;
- (b) proseguire fino all'incrocio con la strada 4;
- (c) girare a sinistra e proseguire fino al semaforo all'incrocio tra la strada B e la strada 4.

È chiaro che queste istruzioni conducono al punto *T1* indipendentemente da dove vengano consegnate. Il motivo è che l'aspetto parametrico delle istruzioni (dovuto all'implicito riferimento al 'qui' in cui le istruzioni vengono consegnate) è stato eliminato a favore di una descrizione "assoluta" del punto di partenza.

L'enunciato (1.1) può essere decontestualizzato in modo analogo. Ciò che (1.1) dice nel contesto *C1* della figura 1.3 può essere espresso dall'enunciato:

Carlo ha fame il 31 gennaio 1997 (1.3)

Questo enunciato ha lo stesso contenuto dell'enunciato (1.1) preso rispetto contesto *C1*. Per di più, a differenza di (1.1), esprime lo stesso contenuto anche se fosse preso rispetto al contesto *C2* o a ogni altro possibile contesto.

Brevemente, anche l'esempio dell'interazione tra uomo e computer segue la stessa strada rispetto alla decontestualizzazione. Per passare da *D2* a *D1*, l'utente può sostituire il comando "cd . ." con il comando "cd /D1"⁶, il cui effetto è sempre quello di far diventare *D1* la *directory* corrente. Il significato intuitivo del comando è: portati nella *directory* che si raggiunge partendo da / (*root*) e da lì entra

6. Questa è la sintassi dei sistemi Unix. Il corrispondente comando in MS-DOS sarebbe `cd C:\D1` (supponendo che la *directory* in cui ci vogliamo portare sia nell'unità C).

in D1. In questo caso la terminologia informatica può essere d'aiuto. Sia l'istruzione "cd . . .", sia l'istruzione "cd /D1" sono composte da due parti: il comando 'cd' e un argomento che specifica il percorso da seguire per arrivare nella *directory* desiderata. L'argomento '. . .' specifica un percorso *relativo*, cioè a partire dalla *directory* corrente; l'argomento '/D1' specifica invece un percorso *assoluto*, cioè a partire da *root*. L'indicazione del percorso nella seconda forma è detta assoluta perchè permette di riferirsi alla *directory* D1 a partire da qualunque punto del *file system* (per esempio, otterremmo lo stesso effetto se il comando "cd /D1" fosse eseguito in D3). L'indicazione del percorso nella prima forma è detta relativa, perchè il punto del *file system* a cui si riferisce dipende dal punto del *file system* in cui il comando è usato. Se infatti eseguiamo il comando "cd . . ." in D3, l'effetto non sarebbe quello di portarci in D1, ma quello di portarci in /. Il parallelismo con il caso della caccia al tesoro è praticamente perfetto.

È opportuno fare due osservazioni rispetto a quanto appena detto a proposito degli esempi della caccia al tesoro, dell'enunciato (1.1) e del comando "cd . . .". Innanzitutto, il fatto che, dato un enunciato in un contesto, si possa esprimere lo stesso contenuto mediante un enunciato indipendente dal contesto non significa che il secondo sia logicamente equivalente al primo. Infatti, mentre per esempio (1.1) ha un contenuto che varia al variare del contesto, (1.3) ha un contenuto che per definizione è lo stesso in ogni contesto. La "stabilità" di (1.3) – contrapposta all'"instabilità" di (1.1) – è una proprietà che qualsiasi logica delle espressioni indicali deve spiegare. Una seconda osservazione è che la possibilità di trasformare (1.1) in (1.3) dipende in modo essenziale dall'aver a disposizione l'informazione relativa al contesto in cui l'enunciato di partenza è usato. Non basta dunque che l'enunciato sia emesso a un certo tempo da un certo agente affinché la trasformazione da (1.1) a (1.3) sia possibile. Bisogna che questa informazione sia accessibile a chi deve effettuare la trasformazione.

Come molti autori hanno osservato, l'uso di enunciati dipendenti dal contesto non è solo un modo per rendere più efficace la comunicazione (o la rappresentazione) di un certo contenuto, ma spesso è anche l'unico modo per renderla di fatto possibile. Questo può valere in due sensi:

- da un lato, come ho accennato relativamente al caso di (1.1), è possibile immaginare che un agente sappia che il suo contenuto dipende dal parlante e dal tempo ma che non disponga di fatto di un modo per determinare il loro valore assoluto. In altre parole, in certe situazioni comunicative un agente potrebbe non essere di fatto in grado di trasformare (1.1) in (1.3) in base all'informazione a sua disposizione;
- dall'altro, per esempi come $on(A, B)$ o “La neve è bianca”, uno potrebbe non essere nemmeno in grado di fare un elenco completo delle assunzioni da cui il contenuto di un certo enunciato dipende. In altre parole, non è detto che uno disponga sempre di una conoscenza completa del contesto di un enunciato, e quindi che sia in grado di esplicitarla.

Il secondo problema è intrinsecamente più complesso del primo. Mentre infatti nel primo caso si richiede di essere in grado di stabilire quale valore deve essere sostituito a espressioni il cui riferimento è dato in modo parametrico, la seconda condizione richiede di essere in grado di stabilire quali sono le assunzioni da cui dipende il significato di una certa espressione.

Come vedremo, ci sono molte buone ragioni a favore della tesi secondo cui non è plausibile assumere che un agente con limitata conoscenza del mondo sia in grado di avere sempre una conoscenza completa del contesto. Se le cose stanno così, però, *una spiegazione adeguata del modo in cui un agente assegna un contenuto a un certo enunciato (oppure del modo in cui questo enunciato è utilizzato nel ragionamento) non può astrarre da questa forma essenziale di “incompletezza”*. Per esempio, se vogliamo formalizzare la logica di enunciati come “Ho fame” o “Sono qui”, non possiamo presupporre che il loro contenuto sia sempre automaticamente determinato per il semplice fatto di essere usato in una certa posizione spazio-temporale e logica, dato che esistono circostanze molto comuni in cui un agente può utilizzare l'informazione che essi forniscono anche senza essere in grado di decontestualizzarli, cioè di trasformarli in enunciati non dipendenti dal contesto.

La stessa cosa vale, in forma ancora più acuta, per enunciati che dipendono da assunzioni implicite. L'utilizzo di tali enunciati non può richiedere da parte di un agente la capacità di esplicitare tut-

te le assunzioni. Gli esseri umani usano continuamente enunciati il cui contenuto dipende da assunzioni che essi non sono in grado di determinare, ma questo non impedisce loro di trarne molte utili conseguenze nella vita di ogni giorno. Persino gli enunciati scientifici dipendono da assunzioni nascoste, la cui presenza talvolta non viene osservata per anni (o secoli); eppure, essi vengono usati per fare previsioni o per creare nuove tecnologie che, pur dipendendo da queste assunzioni, si rivelano utilissime. Pertanto, un aspetto del problema del contesto sembra essere quello di spiegare in che modo un essere intelligente è capace di utilizzare enunciati il cui contesto non è noto o sul quale egli dispone di informazione largamente incompleta.

2. *L'emergere del problema del contesto nella tradizione modellistica*

Il problema di fornire una spiegazione sistematica del modo in cui viene assegnato un contenuto a una qualunque espressione linguistica è stato (ed è tuttora) al centro della filosofia del linguaggio di tradizione analitica. Nell'indagine su tale problema, che chiameremo *problema del significato*, il paradigma dominante è sicuramente la cosiddetta semantica modellistica, cioè quell'insieme di strumenti logico-formali sviluppati a partire dai lavori di studiosi come Tarski, Carnap, Kripke e Montague. Questo approccio al problema del significato – che chiamerò modellistico – ha avuto un'evoluzione che l'ha portato a dover affrontare il problema del contesto. In questo capitolo, presenterò una ricostruzione (più concettuale che storica) delle tappe salienti di questa evoluzione.

2.1 **La semantica estensionale**

Nel celebre articolo *Über Sinn und Bedeutung* [31], Frege distinse due aspetti del significato di un'espressione: il riferimento (*Bedeutung*) e il senso (*Sinn*). Nelle intenzioni di Frege, questa distinzione doveva servire a spiegare perchè un'identità come $a = b$ possa essere informativa, mentre un'identità come $a = a$ non lo è mai. L'esempio forse più noto, dovuto allo stesso Frege, è il seguente. Supponiamo che a sia il termine 'Espero' (la stella della sera) e b sia il termine 'Fosforo' (la stella del mattino). Entrambi i termini si riferiscono, di fatto, allo stesso oggetto (il pianeta Venere). Eppure, mentre l'identità "Espero = Espero" (o "Fosforo = Fosforo") non è informativa, l'identità "Espero = Fosforo" lo è, tanto da essere considerata un'im-

portante scoperta dell'astronomia antica. Di fronte a questo problema, la soluzione di Frege fu quella di distinguere tra il *riferimento* di un'espressione, cioè l'entità extra-linguistica a cui essa si riferisce, e il *senso* di un'espressione, cioè il modo in cui il suo riferimento è dato (in termini più moderni, il contenuto cognitivo di un'espressione [79]). Così, se da un lato i due nomi 'Espero' e 'Fosforo' hanno lo stesso riferimento (il pianeta Venere), dall'altro il loro senso è diverso: infatti, il riferimento di 'Espero' è dato come la prima stella che compare nel cielo alla sera, mentre quello di 'Fosforo' è dato come l'ultima stella che scompare nel cielo alla mattina. Quindi, il valore informativo di "Espero = Fosforo" consiste nell'affermazione che due nomi a cui è associato un diverso contenuto cognitivo (o senso) hanno lo stesso riferimento.

Le intuizioni di Frege riguardo alla nozione di riferimento furono formalizzate da Tarski nel celebre articolo *Der Wahrheitsbegriff in den formalisierten Sprachen* del 1936 [97]. In esso, Tarski fece vedere come – dato un certo linguaggio formale \mathcal{L} (per esempio un linguaggio del primo ordine¹) e un certo insieme di oggetti D (detto anche un *universo di discorso* o *dominio*) – sia possibile definire una corrispondenza rigorosa tra espressioni di \mathcal{L} ed elementi di D . Questa corrispondenza, chiamata un'interpretazione, è definita come una funzione I e viene stabilita in due passi²:

- al primo passo, la funzione I assegna un'interpretazione ai simboli elementari di \mathcal{L} . In particolare, assegna un elemento di D alle costanti individuali, un sottoinsieme di D^{n+1} a ogni simbolo di funzione a n argomenti e un sottoinsieme di D^n a ogni simbolo di predicato a n argomenti³;
- al secondo passo, utilizzando l'interpretazione dei simboli elementari, la funzione I assegna un oggetto di D a ogni termine composto del linguaggio e un valore di verità (vero o falso) a ogni formula.

1. Per la definizione formale di linguaggio del primo ordine, si veda per esempio [91] o [33].

2. Per ragioni di semplicità, trascurerò in generale il problema delle variabili.

3. Sia U un insieme qualunque. Con la notazione U^n viene generalmente indicato l'insieme di tutte le n -uple ordinate $\langle u_1, \dots, u_n \rangle$ che possono essere composte a partire da elementi di U .

Una coppia $\langle D, I \rangle$ – dove D è un dominio e I una funzione di interpretazione – è detta un *modello* di \mathcal{L} ⁴.

In un approccio di tipo tarskiano, il significato di un'espressione può essere visto come quella funzione che ci dice qual è il suo riferimento in qualsiasi modello. In termini leggermente più formali, se $M_{\mathcal{L}}$ è un modello per un linguaggio \mathcal{L} , Φ una formula ben formata di \mathcal{L} e \mathcal{V} un valore di verità (vero o falso), possiamo identificare il significato in una semantica tarskiana con la seguente funzione Σ :

$$\Sigma : \langle \langle M_{\mathcal{L}}, \Phi \rangle \rightarrow \mathcal{V} \quad (2.1)$$

cioè come la funzione che, data una formula di un linguaggio, le assegna un valore di verità in ogni modello (del linguaggio).

2.2 Mondi possibili e intensioni

In (2.1), il riferimento di un'espressione è funzione del modello rispetto a cui essa è interpretata. Siccome un modello può essere visto come una rappresentazione (matematica, astratta) di un certo stato di cose, possiamo dire che il significato è funzione dello stato di cose rispetto a cui un'espressione è interpretata. Questa visione, tuttavia, non permette di spiegare alcuni aspetti molto importanti della nozione intuitiva di significato. Consideriamo per esempio l'enunciato:

$$\textit{Roma è la capitale d'Italia} \quad (2.2)$$

In un modello tarskiano, il riferimento di (2.2) in un modello è un valore di verità, determinato dal riferimento che I assegna ai nomi 'Roma' e 'Italia' e al predicato 'capitale'⁵ del linguaggio \mathcal{L} . Se immaginiamo che un modello $M_{\mathcal{L}}$ sia un modello del mondo reale, (2.2) ha come riferimento il vero. Tuttavia, è perfettamente plausibile immaginare uno stato di cose alternativo (o *mondo possibile*⁶) in cui la capitale d'Italia sia Trento. Questa dipendenza del significato

4. Per la definizione formale di modello di un linguaggio del primo ordine, si veda per esempio [19].

5. 'Capitale' potrebbe anche essere pensato come un simbolo di funzione da nomi di stati a nomi di città. Ma questo è irrilevante per il problema di cui si sta discutendo.

6. La nozione intuitiva di mondo possibile, che tradizionalmente è fatta risalire a Leibniz, fu formalizzata in diversi modi dai logici contemporanei dopo il lavoro di Carnap [17]. Tra i principali risultati formali, ricordiamo i lavori di Kripke in [54].

di (2.2) dalla possibilità di interpretarlo in stati di cose alternativi a un singolo stato di cose è parte integrante della nostra comprensione di (2.2). A riprova di ciò, possiamo osservare che un aspetto centrale della nostra comprensione di (2.2) è che esso non è necessariamente vero, cioè che esso esprime un fatto contingente. Al tempo stesso, non è difficile vedere come parte integrante della nostra comprensione di altri enunciati (per esempio, qualsiasi enunciato della forma $\Phi \vee \neg\Phi$) sia che essi non possono essere falsi in nessuno stato di cose. Questo aspetto del significato non è catturato dalla semantica tarskiana. In essa, infatti, la verità o falsità di (2.2) è determinata rispetto a un singolo stato di cose, quello descritto dal modello. Ma questo non sembra permettere, per esempio, di assegnare un valore di verità a un enunciato come:

È possibile che Roma non sia la capitale d'Italia (2.3)

il quale è vero se e solo se esiste almeno almeno uno stato di cose in cui Roma sia la capitale d'Italia, falso altrimenti. Pertanto, la verità o falsità di (2.3) in un modello richiede che il modello preveda stati di cose alternativi. Questo discorso non vale solo per il significato delle formule di un linguaggio, ma anche per i termini. Per esempio, il termine 'la Regina d'Inghilterra' denota Elisabetta nel mondo reale, ma potrebbe denotare un'altra persona in uno stato di cose alternativo a quello reale.

Questa situazione è descritta in termini più tecnici dicendo che alcuni operatori proposizionali – come per esempio gli operatori modali aletici “È possibile che [...]”, “È necessario che [...]” – non sono *estensionali*: il significato di una formula come (2.3) non dipende solo dal riferimento (o estensione) delle espressioni componenti rispetto a un singolo stato di cose (come quello rappresentato da un modello tarskiano), ma anche dal loro riferimento in stati di cose alternativi. Per contrapposizione alla nozione di significato di ispirazione tarskiana, basata sugli aspetti estensionali del significato, si dice che il significato dipende anche da aspetti *intensionali*. Tali aspetti furono inglobati nella semantica generalizzando l'idea tarskiana di modello. Questa generalizzazione, almeno nella forma tecnica oggi generalmente accettata, è dovuta a Kripke [54]. In un modello di Kripke, un linguaggio formale non è più interpretato rispetto un singolo stato di cose, bensì rispetto a un insieme di stati di

cose, ognuno dei quali è detto un mondo possibile. Questo suggerisce una diversa definizione di Σ , in cui si tenga conto anche degli aspetti intensionali, legati alla possibilità di molteplici stati di cose alternativi. Se \mathcal{L} è un linguaggio, $M_{\mathcal{L}}$ un modello per \mathcal{L} , w uno dei mondi associati a $M_{\mathcal{L}}$ e Φ una formula di \mathcal{L} , Σ può essere definita come segue:

$$\Sigma : \langle \langle M_{\mathcal{L}}, w \rangle, \Phi \rangle \rightarrow \mathcal{V} \quad (2.4)$$

La differenza sostanziale rispetto a (2.1) è che ora, all'interno di un singolo modello $M_{\mathcal{L}}$, a Φ non è assegnato un solo riferimento (il suo valore di verità in quel modello), ma un insieme di valori di verità, uno cioè per ogni mondo possibile. Se il valore di verità di un enunciato è il vero in ogni mondo, l'enunciato è detto necessario; se il valore di verità è il vero in almeno un mondo, l'enunciato è detto contingente.

La definizione di Σ data in (2.4) dice dunque che il significato è una funzione che ci dà il contenuto di un enunciato non solo rispetto a un singolo stato di cose (come quello rappresentato da un modello tarskiano), ma rispetto a una molteplicità di stati di cose (quelli associati a un modello alla Kripke). Nei termini di Carnap (ripresi e perfezionati poi da Montague [78]), l'intensione di un enunciato in un modello è identificabile con l'insieme di mondi in cui esso è vero. Questo insieme di mondi viene chiamato anche la *proposizione* espressa dall'enunciato in questione. Pertanto il contenuto di un enunciato (in un modello) è la proposizione che esso esprime in quel modello, cioè l'insieme dei mondi in cui esso è vero.

Montague estese questo tipo di analisi anche ad operatori di tipo temporale. Infatti, il riferimento di molte espressioni dipende anche dal tempo associato a un certo stato di cose. Per esempio, il termine 'la Regina di Inghilterra' denota sì Elisabetta nel mondo reale nel 1996, ma non denota Elisabetta nemmeno nel mondo reale nell'anno 1776. Similmente per un enunciato come (2.2). Mantenendo la notazione che ho usato finora, questa ulteriore generalizzazione può essere espressa modificando ancor una volta la definizione di Σ :

$$\Sigma : \langle \langle M_{\mathcal{L}}, w, t \rangle, \Phi \rangle \rightarrow \mathcal{V} \quad (2.5)$$

Così, per esempio, non solo (2.2) è vero in certi mondi possibili (per esempio, in quello reale) e falso in altri; ma esso assume diversi

valori di verità anche rispetto allo stesso mondo a seconda del tempo rispetto a cui esso è valutato (per esempio, è vero nel mondo reale nel 1996, falso nel mondo reale nel 1776). Una coppia mondo-tempo è chiamata anche una *circostanza*.

2.3 Il ruolo del contesto di produzione

La soluzione al problema del significato in termini di intensione (sempre generalizzata a coppie tempo–mondo, cioè a circostanze) non è sufficiente a trattare una classe importante di espressioni del linguaggio naturale, quella cioè delle *espressioni indicali*⁷. Sebbene già Frege si fosse reso conto che queste espressioni mancavano di un riferimento se isolate dal contesto in cui sono prodotte⁸, il primo autore a porre in rilievo la centralità del problema dell'indicalità in una logica del linguaggio ordinario fu probabilmente Yehoshua Bar-Hillel nell'articolo *Indexical expressions* [2]. Infatti, il riferimento delle espressioni indicali (e quindi la loro intensione) non può essere determinato solo in funzione di un certo mondo possibile o di una circostanza. Riprendendo un esempio di Bar-Hillel, mentre la proposizione espressa dall'enunciato:

Il ghiaccio galleggia sull'acqua (2.6)

dipende solo dall'interpretazione rispetto a un tempo e a un mondo delle parole che lo compongono (nel senso della funzione Σ in (2.5)), la proposizione espressa da un enunciato come:

Piove (2.7)

può essere determinata solo a patto di prendere in considerazione il luogo e il tempo in cui esso è stato prodotto. Infatti, se prodotto a Trento il 24 settembre 1996 alle 22, (2.7) esprime la proposizione che a Trento piove il 24 settembre 1996 alle 22; se prodotto a Trento il 25 settembre 1996 alle 14, (2.7) denota la proposizione che a

7. Secondo la terminologia corrente (si veda per esempio l'articolo *Indexicals* di Forbes [30]), oltre agli indicali puri (quali 'io', 'qui', 'ora', 'ieri', 'domani'), nella classe delle espressioni indicali andrebbero inclusi anche i cosiddetti *dimostrativi* (per esempio 'questo' o 'quello') e certi *operatori temporali* (per esempio 'sarà il caso che').

8. Si vedano i lavori di Perry [80] e Penco [79] per una discussione di questo aspetto in Frege.

Trento piove il 25 settembre 1996 alle 14. La differenza rispetto a (2.6) è evidente: non solo (2.7) non esprime alcuna proposizione finché non consideriamo il contesto di produzione, ma soprattutto (2.7) esprime proposizioni diverse a seconda del contesto di produzione in cui esso è preso, mentre (2.6) esprime sempre la stessa proposizione. Dovrebbe essere facile vedere che qualcosa di molto simile stava alla base degli esempi della caccia al tesoro, dell'enunciato "Ho fame" e del comando "cđ . ." di cui ho parlato nel capitolo 1.

Per denotare anche linguisticamente la differenza tra (2.6) e (2.7), Bar-Hillel introduce la seguente terminologia:

- gli enunciati (come (2.6)) che esprimono sempre la stessa proposizione, indipendentemente dal contesto in cui sono prodotti, sono chiamati *enunciati non indicali* (*non-indexical sentences*);
- gli enunciati (come (2.7)) che, al variare del contesto in cui sono prodotti, esprimono diverse proposizioni, sono chiamati *enunciati indicali* (*indexical sentences*).

La conseguenza di tutto ciò, secondo Bar-Hillel, è che la relazione tra un'espressione e il suo riferimento non può essere concepita nel modo tradizionale, cioè come una relazione binaria $R(a, b)$ tra un enunciato a e la proposizione b che esso esprime. Si tratta invece di una relazione essenzialmente triadica tra a , b e un contesto di produzione c :

Since the pragmatic context is essential and its omission leaves the token without reference, we have before us an essentially triadic relation between token, context, and proposition [...]: "(the sentence) a refers—pragmatically—to (the proposition) b in (the pragmatical context which includes also a reference to a language) c " [...], in symbols: $RP(a,b,c)$. [2] [pag. 364]

Questa è quella che Bar-Hillel chiama *relazione di riferimento pragmatico*. Secondo Bar-Hillel, il fatto che la semantica di tradizione modellistica concepisca la relazione di riferimento come una relazione binaria è frutto di un'astrazione (non sempre consapevole):

[...] the abstraction from the pragmatic context, which is precisely the step taken from descriptive pragmatics to descriptive semantics,

is legitimate only when the pragmatic context is (more or less) irrelevant and defensible as a tentative step only when this context can be assumed to be irrelevant. [2] [pag. 360]

Assumendo come primitiva la relazione ternaria di riferimento pragmatico, è possibile definire una relazione binaria detta *relazione di riferimento semantico*:

$$RS(a,b) \equiv_{Def} (c)(d)(RP(a,b,c) \equiv RP(a,b,d)) \quad (2.8)$$

ovvero: l'enunciato a si riferisce semanticamente alla proposizione b qualora, per ogni coppia di contesti c e d , il riferimento pragmatico di a resti costante e coincida con la proposizione b . Tale astrazione, come abbiamo visto, non è legittima quando si voglia dare una semantica a linguaggi indicali, tra i quali sicuramente dobbiamo includere il linguaggio ordinario. Perciò, sostiene Bar-Hillel, una logica del linguaggio ordinario non può limitarsi ad assegnare un riferimento a semplici enunciati, ma deve trattare oggetti più complessi, cioè *asserzioni* (coppie ordinate di enunciati e contesti)⁹.

Questa impostazione di Bar-Hillel ci permette di capire attraverso quale via, nella tradizione modellistica, il problema del contesto prese sostanzialmente la forma del problema di studiare la logica dei linguaggi indicali. Da questo punto di vista, i tre aspetti di cui ho discusso nel capitolo 1 possono essere parafrasati come segue:

- quali sono i fattori del contesto di produzione da cui dipende il contenuto di enunciati in cui compaiono espressioni indicali?
- in che modo questi fattori determinano la variazione di contenuto di un'espressione indicale al variare del contesto?
- è possibile trasformare un enunciato indicale (preso in un certo contesto) in uno non indicale con lo stesso contenuto?

Nell'approccio modellistico, il trattamento della dipendenza dal contesto passò principalmente attraverso due fasi. Nella prima, si

9. La terminologia che ho usato per esporre il pensiero di Bar-Hillel non è esattamente quella di [2], ma quella che lo stesso Bar-Hillel introdusse in articoli successivi (per esempio in [3]). Il motivo è che, per ammissione dello stesso autore, la terminologia di [2] può risultare fuorviante a causa dell'uso non standard dei termini inglesi *statement* (asserzione) e *judgment* (giudizio).

cercò di procedere senza soluzione di continuità sulla strada che ho brevemente ripercorso nel § 2.1 e nel § 2.2. Il significato fu pensato non più come una funzione da circostanze a estensioni, ma come una funzione da *indici* a estensioni, dove un indice era pensato come una collezione di fattori (tra cui alcuni chiamati contestuali) da cui dipende la determinazione dell'estensione. Nella seconda fase, ci si rese conto che il tentativo di spiegare la dipendenza dal contesto con lo stesso apparato concettuale utilizzato per spiegare la dipendenza dallo stato di cose o dalla circostanza era concettualmente errato. Tale scoperta, dovuta essenzialmente a David Kaplan, sfociò nella distinzione netta tra indice e contesto e in una logica in cui il significato viene fatto dipendere da due insiemi di fattori, vale a dire un indice e un contesto.

Gli argomenti di Kaplan che portarono alla seconda fase sono ancora oggi considerati un punto fermo nella tradizione analitica, con il quale ogni altra soluzione deve bene o male confrontarsi. Per questa ragione, presenterò in breve la prima fase nella parte che rimane di questo capitolo e dedicherò invece l'intero capitolo 3 al lavoro di Kaplan e alla sua *Logica dei Dimostrativi* (LD).

2.4 Fattori contestuali e indici

La prima fase del trattamento della dipendenza da fattori contestuali nell'approccio modellistico è ben rappresentata dall'articolo *General semantics* di David Lewis [57].

L'idea di fondo è quella di generalizzare ulteriormente la definizione della funzione Σ . Il Lewis di [57] concepisce l'intensione non più come una funzione da circostanze a estensioni, ma come una funzione da *indici* a estensioni. Un indice è definito come una collezione di fattori (non necessariamente tutti) da cui dipende la determinazione dell'estensione di una determinata espressione. Riporto per esteso le parole di Lewis perchè mi pare che esse esprimano molto bene la continuità con il lavoro esposto nel § 2.2:

A meaning for a sentence is something that determines the conditions under which the sentence is true or false. It determines the truth-value of the sentence in various possible states of affairs, at various times, at various places, for various speakers, and so on. [...] Similarly, a meaning for a name is something that determi-

nes what thing, if any, the name names in various possible states of affairs, at various times, and so on. [. . .] Similarly, a meaning for a common noun is something that determines which (possible or actual) things, if any, that common noun applies to in various possible states of affairs, at various times, and so on.

We call the truth value of a sentence the *extension* of that sentence; we call the thing named by a name the *extension* of that name; we call the set of things to which a common noun applies the *extension* of that common noun. The extension of something in one of these three categories depends on its meaning and, in general, on other things as well: on facts about the world, on the time of utterance, on the place of utterance, on the speaker, on the surrounding discourse, etc. It is the meaning which determines how the extension depends upon the combination of other relevant factors. What sort of things determine how something depends on something else? *Functions*, of course [. . .]: a function which yields as output an appropriate extension when given as input a package of the various factors on which the extension may depend. We will call such an input package of relevant factors an *index*; and we will call any function from indices to appropriate extensions for a sentence, name, or common noun an *intension*. [57][p. 193-194]

A questo punto, Lewis tenta una classificazione (il più possibile) esaustiva dei fattori rilevanti per la determinazione del significato. Nella parte principale dell'articolo, un indice è pensato come una collezione di otto coordinate. Esse sono: *mondo possibile*, *tempo*, *spazio*, *parlante*, *uditorio* (l'insieme delle persone a cui il parlante può rivolgersi in un certo contesto), *gli oggetti indicati* (l'insieme degli oggetti che il parlante può indicare in un certo contesto), *il discorso precedente* (le parti di discorso a cui un parlante può riferirsi in un certo contesto). Infine, l'ultima coordinata è costituita da un *assegnamento* (una sequenza infinita di oggetti che serve a dare un'interpretazione alle variabili libere che possono occorrere in un enunciato)¹⁰. La dipendenza del significato di un enunciato viene

10. L'assegnamento è introdotto più per motivi tecnici che per reali esigenze di analisi del linguaggio ordinario. Lo stesso Lewis dice di averlo introdotto solo ai fini di ottenere una maggiore generalità (includendo anche linguaggi che permettono l'uso di variabili). Per questa ragione, spesso lo ignorerò nella discussione.

dunque a complicarsi sempre più. Se, per il momento, decidiamo di accettare la classificazione di Lewis, l'intensione di un enunciato verrebbe a essere una funzione da un indice con otto coordinate a oggetti extra-linguistici (il riferimento). Pertanto, la funzione Σ andrebbe ridefinita come segue:

$$\Sigma : \langle \langle M_{\mathcal{L}}, \langle w, t, a, p, \dots \rangle \rangle, \Phi \rangle \rightarrow \mathcal{V} \quad (2.9)$$

dove w e t sono sempre un mondo possibile e un istante di tempo, a è un agente, p una posizione, e così via per le altre coordinate.

Lewis non sostiene che le otto coordinate da lui individuate siano tutte e sole quelle che occorre considerare. Anzi, nell'appendice del suo articolo, ne propone altre che egli considera come possibili candidate per essere incluse in un indice. Ad esempio, per spiegare enunciati quali "La porta è aperta", potrebbe essere necessario considerare una coordinata con gli oggetti in primo piano in un certo contesto; per spiegare la vaghezza di proprietà quali "caldo" e "freddo" (e la loro relatività al contesto), potrebbe essere necessario considerare una coordinata di delimitazione; e via dicendo.

Nell'elencare le coordinate riunite in un indice, è possibile cogliere una sottile ambiguità rispetto ad alcune di esse. Consideriamo per esempio il tempo. Nella tradizione modellistica, il tempo era già uno degli argomenti della funzione Σ e costituiva uno dei due aspetti che identificava la circostanza rispetto a cui era determinata l'estensione di una certa espressione (cfr. formula (2.5)). Tuttavia, quando si decide di prendere in considerazione la dipendenza dal contesto di produzione, il tempo sembra avere anche la funzione di fissare il valore (parametrico) degli indicali temporali, come per esempio 'ora'. In altre parole, il tempo è sia il tempo della circostanza rispetto a cui un enunciato viene valutato, sia il tempo del contesto di produzione. Ma non necessariamente le due cose coincidono. Prendiamo di nuovo l'esempio dell'enunciato "Ho fame". Rispetto a un contesto di produzione il cui parlante è $A1$ e il tempo è $T1$, essa esprime la proposizione che $A1$ ha fame al tempo $T1$. Ma uno potrebbe chiedersi se in una circostanza $\langle w, T2 \rangle$ è vero che $A1$ ha fame al tempo $T1$. Questo richiederebbe una forma di doppia indicizzazione rispetto al tempo (e, per motivi del tutto analoghi, rispetto al mondo possibile) che [57] non prevede. Questa potenziale ambiguità, come vedremo nel § 3.2, è alla base dell'argomento di Kaplan contro la possibilità

di trattare la dipendenza dal contesto senza soluzione di continuità rispetto alla tradizione modellistica.

Per inciso, osserviamo che fu probabilmente una nozione di indice tipo quella discussa da Lewis a suggerire a Östen Dahl, nell'articolo *Contextualization and De-contextualization*, una possibile analogia tra la dipendenza degli indicali nel linguaggio ordinario e il concetto di *ambiente* (*environment*) in informatica:

Sometimes the term 'context' is used to refer to the totality of points of reference/discourse coordinates. There is a clear parallel between this concept and the concept of 'environment' as used in computer science, i.e. the ensemble of parameter or variable values that are valid at a certain point in the operation of the computer. [26][p. 63]

L'esempio che ho discusso nel capitolo 1 del cambiamento di directory è un esempio di quanto detto da Dahl. Infatti, l'informazione sulla directory corrente è uno dei parametri che sono attivi in un certo momento di funzionamento del computer. Ma in alcuni sistemi operativi – come per esempio Unix – il numero di parametri a cui può essere assegnato un valore di *default* dall'utente è molto alto. Un tipico esempio è la definizione della variabile `PRINTER`, il cui valore specifica la stampante che l'utente vuole sia usata dal sistema in mancanza di informazione diversa. In modo analogo, è possibile dire al sistema operativo in quale directory andare a cercare un certo tipo di file (per esempio, la casella della posta elettronica), dove si trovano i programmi eseguibili (la ben nota variabile `PATH`, usata anche da MS-DOS), di quale colore fare lo sfondo se non altrimenti specificato, e via dicendo. In tutti questi casi, il valore di *default* degli argomenti di un comando è “fissato” dal contesto, un po' come il valore di 'qui' e 'ora' è fissato dal punto di produzione.

3. *La logica dei dimostrativi (LD) di Kaplan*

Nell'approccio proposto da Lewis in [57], il contesto non compare esplicitamente nella definizione della funzione Σ (cioè della funzione che definisce il contenuto di una certa espressione rispetto a un certo indice). La dipendenza da aspetti contestuali, infatti, è ottenuta generalizzando la nozione di circostanza (coppia tempo–mondo) a quella di indice, dove un indice si differenzia da una circostanza proprio per la presenza di un certo numero di coordinate contestuali. La funzione significato (Σ) che si ottiene in questo modo doveva permettere, nelle intenzioni di Lewis, di trattare anche il caso delle espressioni indicali.

Tuttavia, in un celebre articolo dal titolo *On the Logic of Demonstratives* [51], Kaplan dimostrò che qualsiasi soluzione come quella di [57] è concettualmente inadeguata. Il solo indice – indipendentemente da quanti e quali fattori esso includa – non basta a spiegare alcuni aspetti fondamentali della logica degli indicali (o dimostrativi, come preferisce chiamarli Kaplan) nel linguaggio ordinario. Kaplan mostrò che tali aspetti potevano essere spiegati solo facendo dipendere il significato di qualsiasi espressione da due insiemi distinti di fattori, cioè da un indice e da un contesto. Da questo punto di vista possiamo dire che il lavoro di Kaplan inaugurò una nuova fase del trattamento degli indicali nella tradizione modellistica, in cui il contesto diventa un oggetto formale da cui il significato di un'espressione viene fatto esplicitamente dipendere.

3.1 **Circostanze e contesti**

L'inadeguatezza di qualsiasi approccio basato sulla sola nozione di indice è esposta molto efficacemente da Kaplan discutendo un caso

paradigmatico. Consideriamo l'enunciato:

$$\textit{Io sono qui ora} \quad (3.1)$$

Seguendo la linea di [57], il significato di (3.1) dovrebbe essere definito rispetto a un indice composto (almeno) da un mondo, un parlante, un certo istante di tempo e una posizione, ovvero rispetto a quadruple del tipo $\langle w, t, p, a \rangle$. Se immaginiamo che a sia David Kaplan, p sia Los Angeles, t sia il 21 aprile 1973 e w sia il mondo attuale, il significato dell'enunciato (3.1) sarebbe del tutto equivalente al significato dell'enunciato:

$$\textit{David Kaplan è a Los Angeles il 21 aprile 1973} \quad (3.2)$$

Ma – osserva Kaplan – pensare che (3.1) e (3.2) siano logicamente equivalenti vuol dire ignorare un aspetto molto profondo del modo in cui i dimostrativi sono usati nel linguaggio ordinario. (3.2) è vero rispetto a un certo insieme di indici (quelli in cui David Kaplan è a Los Angeles il 21 aprile 1973) e falso rispetto a un altro insieme di indici (quelli in cui David Kaplan non è a Los Angeles il 21 aprile 1973). Per contro, c'è un senso profondo in cui (3.1) non può mai essere usato per dire qualcosa di falso. Infatti, chiunque dica “Io sono qui ora”, in qualunque tempo, luogo e mondo, non può fare un'affermazione falsa (è impossibile, infatti, che non sia nel luogo e nel mondo in cui si trova nel momento in cui parla!). Qualunque trattamento degli indicali che non renda conto di questa sostanziale differenza tra (3.1) e (3.2) non cattura un aspetto molto importante della logica degli indicali.

In via ipotetica, un modo per risolvere questa difficoltà sarebbe il seguente: invece di ammettere come indici “buoni” tutte le possibili quadruple $\langle w, t, p, a \rangle$, ci si limiti a considerare un insieme ristretto di indici, cioè l'insieme degli indici $\langle w, t, p, a \rangle$ in cui al mondo w , l'agente a si trova nella posizione p al tempo t . Si chiamino indici propri quelli appartenenti a quest'ultimo insieme, indici impropri – cioè non ammissibili – tutti gli altri. Rispetto alla classe degli indici propri, (3.1) è sempre vero. Tuttavia, questa soluzione – nota Kaplan – risolve un problema introducendone uno ancora più grave dal punto di vista logico. Infatti, se la restrizione agli indici propri esclude i casi in cui (3.1) è falso, essa ha come conseguenza del tutto indesiderata

di rendere (3.1) necessariamente vero. In altre parole, la restrizione agli indici propri rende vero l'enunciato:

$$\Box(\textit{Io sono qui ora}) \quad (3.3)$$

e questo grazie alla possibilità di applicare un ben noto principio di logica modale, spesso espresso come *regola di necessitazione*¹: se un enunciato è vero rispetto a tutti gli indici di un modello, allora esso è necessariamente vero. Questa conclusione – dice Kaplan – è inaccettabile: (3.3) non dovrebbe essere *logicamente* vero, dato che non è affatto necessario – nell'esempio visto sopra – che David Kaplan sia a Los Angeles il 21 aprile 1973. Ci troviamo dunque davanti a una sorta di *impasse*. Da un lato, un enunciato come (3.1) non può mai essere usato per dire qualcosa di falso (cioè ogni sua emissione esprime una proposizione vera), dall'altro la proposizione che esso esprime non è necessariamente vera.

La proposta di Kaplan per uscire da questa *impasse* parte dalla constatazione che, nella logica intensionale classica, la necessità logica di un enunciato è definita in funzione del suo essere vero (o meno) a tutti gli indici associati a un certo modello. Nel caso di un enunciato come (3.1), la situazione è che in ogni contesto di produzione esso esprime una proposizione vera, senza però che questo lo renda necessariamente vero. Sembra dunque che il problema stia nell'aver assimilato il ruolo del contesto in una logica dei dimostrativi al ruolo degli indici in una logica intensionale classica. In altre parole, il problema sta proprio nell'aver pensato di poter trattare la dipendenza dal contesto aggiungendo un certo insieme di coordinate contestuali ai fattori da cui dipende la funzione Σ (cfr. § 2.4). Il cuore della soluzione di Kaplan sta dunque nella distinzione netta tra contesto e indice. In un approccio come quello proposto da Lewis in [57], le coordinate contestuali concorrono a definire lo stato di cose (o circostanza in senso lato) rispetto a cui un enunciato è valutato. Kaplan fa vedere che *un contesto non concorre a identificare una circostanza, ma a determinare ciò che un enunciato dice rispetto a una certa circostanza*. Rispetto alla versione di Σ data in (2.5), la strada non è dunque quella di aggiungere coordinate contestuali in modo da

1. Per un'introduzione a questa regola (e in genere alla logica modale) si veda per esempio [20].

identificare in modo più “fine” l’insieme delle circostanze rispetto a cui un’espressione è valutata, ma quella di aggiungere una struttura (quella dei contesti, cfr. la definizione 3.4.3 più avanti) che permetta di stabilire in che modo il contenuto di un’espressione vari al variare del punto di produzione (anche rispetto a una singola circostanza).

3.2 La distinzione tra contenuto e carattere

L’origine delle difficoltà che ho presentato nel § 3.1 sta, secondo Kaplan, nel non aver saputo distinguere tra due componenti di quello che Frege chiamava il senso (*Sinn*) di un’espressione:

- (a) il *contenuto* (*content*) di un’espressione, cioè quella componente del senso di un’espressione che permette di determinare ciò che essa dice (“*what is said*”) in un contesto;
- (b) il *carattere* (*character*) di un’espressione, cioè quella componente del senso di un’espressione che stabilisce in che modo il suo contenuto vari al variare del contesto.

Per esempio, riconsideriamo la figura 1.3. Dato l’enunciato “Ho fame”, il suo contenuto nel contesto c_1 è la proposizione che Carlo ha fame il 31 gennaio 1997 e nel contesto c_2 la proposizione che Fausto ha fame il 10 gennaio 1997. Il carattere è quella funzione che ci fornisce la regola in base a cui il contenuto degli indicali varia quando ci spostiamo da un punto all’altro del piano cartesiano definito dai due assi (per esempio, la regola secondo cui il riferimento di ‘io’ è sempre il parlante associato al contesto rispetto a cui “Ho fame” viene valutato).

La nozione di contenuto introdotta da Kaplan è la versione “contestualizzata” di quella di intensione discussa nel § 2.2. Kaplan fa propria l’idea di Bar-Hillel secondo cui la relazione di riferimento è essenzialmente una relazione pragmatica tra un’espressione, una proposizione e un contesto. Il contenuto di un enunciato non è altro che la proposizione espressa da un enunciato in un contesto. La dipendenza dal contesto è resa necessaria proprio dalla presenza di espressioni indicali nel linguaggio. Infatti, le espressioni indicali sono le uniche il cui contenuto varia al variare del contesto. Qualora si escludesse la parte indicale del linguaggio, la proposizione espressa da un enunciato sarebbe la stessa in qualunque contesto e quindi si

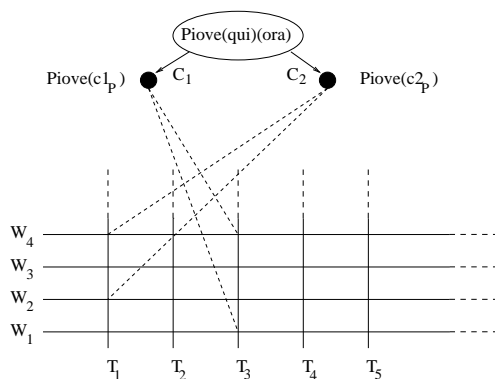


Figura 3.1: Contenuto

potrebbe anche astrarre dal contesto (ottenendo quella che Bar-Hillel chiamava relazione semantica di riferimento).

Consideriamo un altro esempio. Il contenuto dell'enunciato "Piove (qui) (ora)" nel contesto c è pensato come l'insieme delle circostanze $\langle t, w \rangle$ in cui l'enunciato "Piove (c_P)" è vero. Per dare un'idea visiva di quanto abbiamo detto, consideriamo la figura 3.1. La griglia in basso rappresenta tutte le possibili circostanze (una circostanza è rappresentata come un incrocio tra mondi e tempi). Immaginiamo che il tempo associato al contesto $c1$ sia T_3 (cioè $c1_T = T_3$) e che il tempo associato a $c2$ sia T_1 (cioè $c2_T = T_1$). Il contenuto di "Piove (qui) (ora)" nel contesto $c1$ è l'insieme delle circostanze $\langle T_3, w \rangle$ in cui l'enunciato "Piove ($c1_P$)" è vero (nella figura, le coppie $\langle T_3, W_1 \rangle$ e $\langle T_3, W_4 \rangle$), mentre il contenuto di "Piove (qui) (ora)" nel contesto $c2$ è l'insieme delle circostanze $\langle T_1, w \rangle$ in cui l'enunciato "Piove ($c2_P$)" è vero (nella figura, le coppie $\langle T_1, W_2 \rangle$ e $\langle T_1, W_4 \rangle$). Questo dovrebbe permettere di capire in che senso un enunciato preso in due contesti diversi non solo può avere una diversa estensione (cioè un diverso valore di verità, ma soprattutto una diversa intensione (cioè esprimere un diverso contenuto).

Come abbiamo detto, il carattere è invece la componente del senso che assegna un contenuto a un'espressione in ogni contesto. L'esempio dell'enunciato "Piove (qui) (ora)" ci mostra due cose. Da

un lato, che – dato un contesto – un’espressione indicale ha un contenuto che è *stabile*, nel senso che il suo riferimento non può essere diverso da quello che è (per esempio, ‘io’ si riferisce sempre al parlante di quel contesto), mentre le espressioni non indicali possono avere contenuto *instabile* (‘la regina di Inghilterra’ può riferirsi a due persone diverse se cambia il mondo possibile rispetto a cui determiniamo il riferimento). Dall’altro lato, possiamo anche osservare che il contenuto di un’espressione indicale può variare al variare del contesto. Kaplan descrive questa proprietà dicendo che le espressioni indicali hanno carattere *instabile*, contrapponendola a quella delle espressioni con carattere *stabile* (cioè, il loro contenuto non varia al variare del contesto). Dall’impostazione di Kaplan, dovrebbe risultare chiaro che le espressioni indicali (e quelle in cui compaiono espressioni indicali) sono le uniche con carattere instabile, mentre ogni espressione non indicale (o priva di indicali) ha carattere stabile. Per questa ragione – osserva Kaplan – la distinzione tra contenuto e carattere non era stata notata finché non si è affrontato il problema della logica dei linguaggi indicali. Per linguaggi privi di indicali, infatti, l’introduzione della nozione di carattere sarebbe un’inutile complicazione, mentre per i linguaggi indicali essa è fondamentale.

Si noti che una conseguenza diretta di quanto appena detto è la seguente: in LD il contesto gioca un ruolo significativo solo per le espressioni indicali. Esse sono le uniche, infatti, il cui contenuto dipende in modo essenziale dal contesto. Questo ribadisce quanto avevamo già detto, e cioè che l’impostazione di Kaplan (e di tutta la tradizione modellistica) porta a identificare il problema del contesto con il problema del trattamento dell’indicalità.

3.3 Verità in un contesto e LD-validità

Passiamo ora a vedere in che modo Kaplan propone di definire la nozione di verità in un contesto. Come abbiamo detto, tra le coordinate che Kaplan include in un contesto ci sono un tempo (c_T) e un mondo possibile (c_W). Siccome una coppia tempo–mondo costituisce una circostanza, questo significa che a ogni contesto è associata una circostanza specifica (quella a cui appartiene l’agente che si trova in un certo luogo quando emette un certo enunciato). Ebbene, l’idea di Kaplan è la seguente: un enunciato è vero in un contesto se e solo se

esso è vero nella circostanza $\langle c_T, c_W \rangle$. In altri termini, un enunciato è vero in un contesto se e solo se la circostanza $\langle c_T, c_W \rangle$ appartiene al contenuto espresso da quell'enunciato in quel contesto. Per esempio, dato un contesto c , l'enunciato "Piove (qui) (ora)" è vero in c se e solo se nel mondo c_W al tempo c_T è vero l'enunciato "Piove (c_P)"².

La nozione di verità in un contesto è assolutamente cruciale per spiegare in che modo LD permette di risolvere l'*impasse* delle logiche intensionali tradizionali di fronte a enunciati come (3.1). In LD, infatti, la validità non è definita come verità in ogni circostanza (o rispetto a ogni indice), ma come verità in ogni contesto: una formula è LD-valida (valida in LD) se e solo se è vera in ogni contesto. In altre parole, una formula è LD-valida se e solo se è vera in ogni circostanza associata a un contesto rispetto a cui essa può essere valutata. Ma proprio questa è la ragione per cui la nozione di LD-validità, a differenza della nozione tradizionale di validità, non implica la necessità logica: siccome esistono circostanze che non sono associate a nessun contesto, non è affatto detto che un enunciato vero in un contesto sia vero in ogni circostanza. Ecco come Kaplan illustra sinteticamente questa intuizione:

Each possible context determines a possible circumstance, but it is not the case that each possible circumstance is part of a possible context. In particular, the fact that each possible context has an agent implies that any possible circumstance in which no individuals exist will not form a part of any possible context. Within LD, a possible context is represented by $\langle \mathcal{U}, c \rangle$ and a possible circumstance by $\langle \mathcal{U}, t, w \rangle$. To any $\langle \mathcal{U}, c \rangle$, there corresponds $\langle \mathcal{U}, c_T, c_W \rangle$. But it is not the case that to every $\langle \mathcal{U}, t, w \rangle$ there exists a context c of \mathcal{U} such that $t = c_T$ and $w = c_W$. [51][pag. 93]

Vediamo come questo si applica a enunciati come (3.1). A differenza di "Piove (qui) (ora)", che può essere vero in certi contesti e falso in altri, (3.1) è vero in ogni contesto, il che significa che è vero

2. Il motivo per cui nell'esempio che stiamo discutendo l'indicazione del tempo "sparisce" nel passaggio dalla forma indicale a quella non indicale è il tentativo di restare fedeli alla formalizzazione di Kaplan. Come vedremo nel § 3.4, infatti, l'indicale 'qui' è trattato come un termine, mentre l'indicale 'ora' è trattato come una modalità. Di conseguenza, nella definizione ricorsiva di verità e riferimento, l'indicale 'qui' è assegnato all'oggetto c_P , mentre la verità di una formula $N(\Phi)$ ("È vero ora che Φ ") è ricondotta alla verità della formula più semplice Φ rispetto al tempo c_T .

in ogni circostanza associata a un qualche contesto. Ma, come abbiamo visto, l'insieme delle circostanze associate a contesti in generale non esaurisce l'insieme delle possibili circostanze. Perciò, è perfettamente plausibile che un enunciato vero in ogni contesto possa essere falso in qualche circostanza. In termini di contenuto, il contenuto di (3.1) coincide con l'insieme delle circostanze che sono associate a un qualche contesto; ma questo non impedisce che ci siano altre circostanze in cui esso è falso.

3.4 La formalizzazione di LD

Passiamo dunque ad analizzare in dettaglio la formalizzazione proposta da Kaplan per la sua logica dei dimostrativi. Lo scopo principale di presentare la parte tecnica del lavoro di Kaplan è quello di mettere in luce le differenze con le formalizzazioni che prenderemo in esame nei capitoli 7, 8 e 9.

Il linguaggio di LD

La dichiarazione del linguaggio di LD è divisa in due parti. La prima contiene i simboli primitivi di un linguaggio predicativo classico (con alcuni simboli speciali); la seconda contiene i simboli primitivi del linguaggio dei dimostrativi.

Definizione 3.4.1 [Linguaggio predicativo di LD] Il *linguaggio predicativo* di LD contiene i seguenti simboli primitivi:

- un insieme infinito di variabili di due sorti, una per le posizioni (\mathcal{V}^p) e una per tutti gli altri tipi di oggetti (\mathcal{V}^i)
- un numero infinito di predicati a m - n -posti, più il predicato a 1-0 posti *Exist* e il predicato a 1-1 posti *Located*
- un numero infinito di i -funtori a m - n -posti (che denotano individui) e di p -funtori a m - n -posti (che denotano posizioni)
- i connettivi proposizionali: $\wedge, \vee, \neg, \supset, \equiv$
- i quantificatori: \forall, \exists
- il predicato di identità: $=$

- gli operatori modali e temporali: \Box , \Diamond , F , P , G

Rispetto a un linguaggio modale standard, possiamo rilevare alcune differenze. Innanzitutto, si tratta di un linguaggio cosiddetto *sortato*, in cui cioè alcuni simboli (in particolare le variabili) non variano su tutto il dominio, ma su sottoinsiemi chiamati *sorti*³. Le sorti definite per LD dividono il dominio in due classi di oggetti: posizioni (cioè punti nello spazio fisico) e tutti gli altri oggetti. Trattandosi di un linguaggio sortato, anche il numero di posti (o arietà) dei predicati e dei funtori è fornita distinguendo il numero di argomenti per ogni sorte; così, un simbolo a $m-n$ posti è un simbolo con m posti per termini di sorte oggetti (diversi da posizioni) e n di sorte posizioni. In secondo luogo, sono introdotti alcuni simboli di predicato speciali, ai quali la semantica di LD assegna un'interpretazione speciale; si tratta dei simboli di predicato *Exist* e *Located*. Terzo, come talvolta si usa, Kaplan adotta la convenzione di non introdurre simboli costanti per oggetti (individui e posizioni), e utilizza a tale scopo gli i -funtori e i p -funtori a 0-0 posti. Infine, accanto ai soliti operatori modali \Box (necessità) e \Diamond (possibilità), sono introdotti tre operatori temporali, ovvero F (sarà il caso che), P (è stato il caso che) e G (un giorno fa, era il caso che).

Passiamo ora alla definizione del linguaggio dimostrativo.

Definizione 3.4.2 [Linguaggio dimostrativo di LD] Il *linguaggio dimostrativo* di LD contiene i seguenti simboli primitivi:

- Tre operatori enunciativi unari:
 1. N (ora si dà il caso che)
 2. A (di fatto si dà il caso che)
 3. Y (ieri era il caso che)
- un funtore unario: *dthat*
- una costante di sorte individui (i -funtore a 0-0 posti): I

3. È possibile dimostrare che una logica per un linguaggio sortato è un'estensione conservativa di una logica per un linguaggio non sortato. Pertanto, dal punto di vista formale (ma non rappresentazionale, nè computazionale), introdurre delle sorti è un modo più comodo per definire una logica che ne è priva (si veda per esempio [22]).

- una costante di sorte posizione (p -funtore a 0-0 posti): *Here*

Nella definizione 3.4.2, vengono introdotti i simboli che rappresentano i dimostrativi che Kaplan vuole trattare in LD. Alcuni sono definiti come operatori proposizionali (N , A e Y), altri come funtori. In particolare ‘io’ è definito come il funtore (senza argomenti) I e ‘qui’ è definito come il funtore (senza argomenti) *Here*. *dthat* rappresenta intuitivamente l’uso dimostrativo dell’espressione “quello” (per esempio, “quel cane”).

Le espressioni ben formate di LD sono definite in modo standard a partire dai simboli primitivi introdotti nelle definizioni 3.4.1 e 3.4.2⁴. L’unica differenza è che si tiene conto delle sorti dei predicati e dei funtori. Per esempio, dato un simbolo di predicato a m - n posti, l’espressione $P(x_1, \dots, x_m, y_1, \dots, y_n)$ sarà ben formata se e solo se le variabili x_1, \dots, x_m sono di sorte oggetti (diversi da posizioni) e y_1, \dots, y_n sono di sorte posizioni.

La semantica di LD

La semantica di LD è presentata definendo il tipo di strutture su cui saranno interpretati i simboli del linguaggio e facendo vedere in che modo a ogni espressione ben formata è assegnata una denotazione o un valore di verità. Nel caso di LD, questo lavoro è reso più complesso per il fatto che si deve tener conto del contesto rispetto a cui una certa espressione è presa.

Definizione 3.4.3 [LD-struttura] U è una *LD-struttura* sse esistono degli insiemi $\mathcal{C}, \mathcal{W}, \mathcal{U}, \mathcal{P}, \mathcal{T}, \mathcal{I}$ tali che:

- $U = \langle \mathcal{C}, \mathcal{W}, \mathcal{U}, \mathcal{P}, \mathcal{T}, \mathcal{I} \rangle$
- \mathcal{C} è un insieme non vuoto (l’insieme dei *contesti*)
- se $c \in \mathcal{C}$, allora:
 - (a) $c_A \in \mathcal{U}$ (l’*agente* di c)
 - (b) $c_T \in \mathcal{T}$ (il *tempo* di c)
 - (c) $c_P \in \mathcal{P}$ (la *posizione* di c)

4. Si veda per esempio la definizione di linguaggio modale in [20].

(d) $c_W \in \mathcal{W}$ (il mondo di c)

- \mathcal{W} è un insieme non vuoto (l'insieme dei *mondi*)
- \mathcal{U} è un insieme non vuoto (l'insieme degli *individui*)
- \mathcal{P} è un insieme non vuoto (l'insieme delle *posizioni*)
- \mathcal{T} è l'insieme dei numeri interi (pensato come l'insieme dei *tempi*)
- \mathcal{I} è una funzione che assegna a ogni predicato e funtore un'*intensione* appropriata (ovvero, un'estensione per ogni coppia tempo-mondo)
- $i \in \mathcal{U}$ sse $\exists w \in \mathcal{W}$ tale che $\langle i \rangle \in \mathcal{I}_{Exists}(tw)$
- se $c \in \mathcal{C}$, allora $\langle c_A, c_P \rangle \in \mathcal{I}_{Located}(c_T, c_W)$
- se $\langle i, p \rangle \in \mathcal{I}_{Located}(tw)$, allora $\langle i \rangle \in \mathcal{I}_{Exists}(tw)$

In una LD-struttura, un contesto c è dunque pensato come un oggetto a cui sono associate quattro coordinate: un agente c_A (colui che emette un certo enunciato), un tempo c_T (il tempo di emissione), un luogo c_P (il luogo in cui si trova l'agente al tempo in cui emette l'enunciato) e un mondo possibile c_W (il mondo che tale agente "abita" al momento in cui emette l'enunciato). Formalmente, un contesto c è dunque una quadrupla $\langle c_A, c_P, c_T, c_W \rangle$. In una LD-struttura, qualora un contesto c appartenga a una LD-struttura, allora anche l'agente, il tempo, la posizione e il mondo possibile associati a c devono appartenere alla struttura.

Le tre condizioni poste alla fine della definizione di LD-struttura pongono le seguenti restrizioni:

- ogni oggetto che appartiene all'insieme \mathcal{U} degli individui deve esistere almeno in un mondo della struttura. In altri termini, non ci sono individui che non esistono in alcun mondo;
- per ogni contesto c , l'agente c_A deve trovarsi nella posizione c_P associata a c nella circostanza $\langle c_T, c_W \rangle$;

- se un agente si trova in una certa posizione in una certa circostanza, allora questo agente deve anche esistere in quella circostanza.

Come vedremo, le ultime due restrizioni stanno alla base di una differenza importante tra LD e logica classica.

Verità e denotazione

Come abbiamo detto nel § 3.2, le principali relazioni semantiche in LD sono sempre definite rispetto a un contesto. La relazione di *soddisfacibilità* per le formule di LD è così definita:

$$\models_{cftw}^U \phi \quad =_{Def} \quad \phi \text{ presa nel contesto } c \text{ (sotto l'assegnamento } f \text{ e nella struttura } U) \text{ è vero rispetto al tempo } t \text{ e al mondo } w$$

Analogamente per la denotazione dei termini di LD:

$$\mid \alpha \mid_{cftw}^U \quad =_{Def} \quad \text{La denotazione di } \alpha \text{ preso nel contesto } c \text{ (sotto l'assegnamento } f \text{ e nella struttura } U) \text{ rispetto al tempo } t \text{ e al mondo } w$$

A questo punto, Kaplan può dare la definizione di verità e denotazione. A eccezione della parte dimostrativa del linguaggio, tale definizione è abbastanza standard. Per brevità, dunque, trascureremo la parte predicativa e riporteremo solo la parte che riguarda gli operatori modali, temporali e la parte dimostrativa del linguaggio:

Definizione 3.4.4 [Verità e denotazione]

- *Operatori modali:*

$$\begin{aligned} \models_{cftw} \Box \phi & \quad sse \quad \forall w' \in \mathcal{W} \models_{cftw'} \phi \\ \models_{cftw} \Diamond \phi & \quad sse \quad \exists w' \in \mathcal{W} \models_{cftw'} \phi \end{aligned}$$

- *Operatori temporali:*

$$\begin{aligned} \models_{cftw} F \phi & \quad sse \quad \exists t' \in \mathcal{T} \text{ tale che } t' > t \text{ e } \models_{cft'w} \phi \\ \models_{cftw} P \phi & \quad sse \quad \exists t' \in \mathcal{T} \text{ tale che } t' < t \text{ and } \models_{cft'w} \phi \\ \models_{cftw} G \phi & \quad sse \quad \models_{cft(t-1)w} \phi \end{aligned}$$

• *Dimostrativi:*

$$\begin{array}{lcl}
 | I |_{cftw} & = & c_A \\
 | Here |_{cftw} & = & c_P \\
 \models_{cftw} N\phi & sse & \models_{c_T w} \phi \\
 \models_{cftw} A\phi & sse & \models_{c_W} \phi \\
 \models_{cftw} Y\phi & sse & \models_{c_{T-1} w} \phi \\
 | dthat \alpha |_{cftw} & = & | \alpha |_{c_T c_W}
 \end{array}$$

Vediamo in che modo Kaplan tratta la parte dimostrativa del linguaggio. Il termine ‘*I*’ (‘io’) denota sempre il parlante associato al contesto in cui è preso (cioè c_A). Il termine ‘*Here*’ (‘qui’) denota sempre la posizione associata al contesto in cui è preso (cioè c_P). L’operatore proposizionale ‘*N*’ (‘ora’), applicato a una formula Φ , produce una formula vera in un certo contesto c se e solo se la formula Φ è vera in ogni circostanza del tipo $\langle c_T, w \rangle$ (il cui tempo, cioè, è fissato a c_T ⁵). L’operatore ‘*A*’ (‘di fatto’), applicato a una formula Φ , produce una formula vera in un certo contesto c se e solo se la formula Φ è vera in ogni circostanza del tipo $\langle t, c_W \rangle$ (il cui mondo, cioè, è fissato a c_W). L’operatore ‘*Y*’ (‘ieri’), applicato a una formula Φ , produce una formula vera in un certo contesto c se e solo se la formula Φ è vera in ogni circostanza del tipo $\langle c_{T-1}, w \rangle$ (il cui tempo, cioè, è fissato a c_{T-1}). È interessante notare il trattamento simile, ma non identico, riservato all’operatore ‘*G*’ (‘il giorno prima’). Infatti, mentre *Y* è trattato in modo indicale (esso si riferisce sempre allo stesso giorno, quello precedente rispetto al giorno del contesto di produzione, indipendentemente dal tempo rispetto a cui è valutato), *G* non è trattato in modo indicale (esso produce un riferimento a un giorno diverso per ogni tempo di una LD-struttura rispetto a cui è interpretato). Infine, l’operatore ‘*dthat*’ è interpretato come il dimostrativo ‘quello’ in cui un certo oggetto è effettivamente presente.

Contenuto

A questo punto Kaplan è pronto a dare la definizione formale della nozione di contenuto. Se Γ è un termine o una formula del linguaggio di LD, l’espressione:

5. Questo dovrebbe rendere più chiara la ragione per cui, discutendo l’esempio rappresentato nella figura 3.1, il parametro tempo era “bloccato”.

$$\{\Gamma\}_{cf}^U$$

denota il Contenuto di Γ nel contesto c (sotto l'assegnamento f e nella struttura U). Esso è definito come segue:

Definizione 3.4.5 [Contenuto] *Siano ϕ e α rispettivamente una formula e un termine del linguaggio di LD. Allora:*

(a) $\{\phi\}_{cf}^U$ è la funzione che, per ogni $t \in \mathcal{T}$ e $w \in \mathcal{W}$, assegna il Vero se $\models_{cfw}^U \phi$, il Falso altrimenti.

(b) $\{\alpha\}_{cf}^U$ è la funzione che, per ogni $t \in \mathcal{T}$ e $w \in \mathcal{W}$, assegna $\alpha \upharpoonright_{cftw}^U$

Da questa definizione dovrebbe risultare chiaro perchè nel § 3.2 ho detto che il contenuto è la versione contestualizzata della nozione di intensione. Esso, infatti, è pensato come la funzione che, dato un certo contesto, assegna un valore di verità a ogni formula e una denotazione a ogni termine per ogni circostanza di una struttura U .

Dopo aver definito il contenuto di un'espressione presa in un contesto, Kaplan introduce la nozione di verità in un contesto:

Definizione 3.4.6 [Verità in un contesto] ϕ è vero nel contesto c (nella struttura U) sse per ogni assegnamento f , $\{\phi\}_{cf}^U(c_T, c_W) = \text{Vero}$.

La definizione ricalca quella intuitiva che abbiamo discusso nel paragrafo 3.2: una formula ϕ è vera in un contesto c se e solo se essa è vera nella circostanza associata a c , cioè nella circostanza $\langle c_T, c_W \rangle$. Si noti che $\langle c_T, c_W \rangle$ è solo una delle circostanze rispetto a cui la formula ϕ viene valutata in una struttura. Ma è esattamente quella rispetto a cui è definita la verità in un contesto. Proprio questa nozione permette a Kaplan di definire la nozione di validità in LD:

Definizione 3.4.7 [LD-Validità] ϕ è valido in LD ($\models \phi$) sse per ogni struttura U , e in ogni contesto c di U , ϕ è vero in c .

Questa definizione è essenziale per capire la spiegazione intuitiva che abbiamo dato poco sopra del modo in cui Kaplan risolve il problema posto da formule come (3.1). Nei sistemi logici tradizionali, infatti, la validità è definita come verità in ogni circostanza (per

ogni struttura); di conseguenza la validità implica la necessità logica (questa è appunto la regola di necessitazione). In LD, invece, la nozione di LD-validità è definita come verità in ogni contesto; ma la verità in ogni contesto non implica necessariamente la verità in ogni circostanza, dato che le circostanze associate ai contesti sono solo un sottoinsieme delle possibili circostanze (per una struttura).

Vediamo, dunque, in che modo è possibile far vedere che l'enunciato "Io sono qui ora" è LD-valido (vero in ogni contesto) senza essere necessariamente vero (vero in ogni circostanza). "Io sono qui ora" è rappresentato in LD con la formula:

$$N(\text{Located}(I, \text{Here})) \quad (3.4)$$

In base alla definizione 3.4.6, la formula (3.4) è vera in un contesto c se e solo se $\{N(\text{Located}(I, \text{Here}))\}_{cf}^U(c_T, c_W) = \text{Vero}$. Applicando le definizioni date da Kaplan, otteniamo che:

$$\begin{aligned} & \{N(\text{Located}(I, \text{Here}))\}_{cf}^U(c_T, c_W) = \text{Vero} \\ & \quad \text{sse} \\ & \models_{cf c_T c_W}^U N(\text{Located}(I, \text{Here})) \\ & \quad \text{sse} \\ & \models_{cf c_T c_W}^U \text{Located}(I, \text{Here}) \\ & \quad \text{sse} \\ & \models_{cf c_T c_W}^U \text{Located}(c_A, c_P) \\ & \quad \text{sse} \\ & \langle c_A, c_P \rangle \in \mathcal{I}_{\text{Located}}(c_T, c_W) \end{aligned}$$

L'ultimo passo riconduce dunque la verità di (3.4) in c al fatto che la coppia $\langle c_A, c_P \rangle$ appartenga all'estensione assegnata al predicato *Located* rispetto alla circostanza $\langle c_T, c_W \rangle$. Ma questa condizione è garantita dalla definizione stessa di LD-struttura (Def. 3.4.3), in particolare dalla clausola: se $c \in \mathcal{C}$, allora $\langle c_A, c_P \rangle \in \mathcal{I}_{\text{Located}}(c_T, c_W)$. Pertanto (3.4) è vera in c .

Siccome l'argomento che abbiamo presentato non fa alcuna particolare ipotesi su c (c è un contesto qualunque), possiamo concludere che (3.4) è LD-valida. Questa conclusione, come abbiamo visto, si basa sul fatto che la coppia $\langle c_A, c_P \rangle$ appartiene all'estensione assegnata al predicato *Located* nella circostanza $\langle c_T, c_W \rangle$. Ma a questo punto è molto facile mostrare che (3.4) non è una verità necessaria.

Infatti, per dimostrare $\Box N(\text{Located}(I, \text{Here}))$ dovremmo essere in grado di dimostrare che la coppia $\langle c_A, c_P \rangle$ appartenga all'estensione del predicato *Located* in ogni circostanza del tipo $\langle c_T, w \rangle$ (dove w è un mondo qualunque) e non solo in $\langle c_T, c_W \rangle$. Ma questo non è vero per una LD-struttura arbitraria.

Prima di passare alla definizione di carattere, vediamo come Kaplan definisce formalmente la nozione di stabilità di contenuto:

Definizione 3.4.8 [Contenuto stabile] *Se Γ è un termine o una formula, il contenuto di Γ nel contesto c (nella struttura U) è stabile sse per ogni assegnamento f , $\{\Gamma\}_{cf}^U$ è una funzione costante ($\{\Gamma\}_{cf}^U(tw) = \{\Gamma\}_{cf}^U(t'w')$, per ogni t, t', w, w' in U).*

A questo proposito, è interessante notare che solo le espressioni indicali hanno contenuto stabile. Il motivo è che il riferimento di un'espressione indicale è fissato dal contesto in cui è usata ed è dunque indipendente dal suo riferimento in qualsiasi altra circostanza che non sia quella associata al contesto; viceversa, il riferimento di un'espressione non indicale non è fissata dal contesto e può dunque variare al variare della circostanza rispetto a cui è valutata. Per esempio, il contenuto di 'io' in un certo contesto c è stabile, in quanto esso coincide con la funzione costante che – per ogni coppia $\langle w, t \rangle$ – gli associa l'agente c_A ; viceversa, il contenuto di 'la regina d'Inghilterra' in c non è stabile, in quanto la funzione di interpretazione \mathcal{I} gli può assegnare una diversa denotazione in due circostanze distinte $\langle w, t \rangle$ e $\langle w', t' \rangle$ (cfr. le definizioni 3.4.8 e 3.4.4).

Carattere

Il passo successivo di Kaplan è quello di definire tecnicamente la nozione di carattere. Se Γ è un termine o una formula del linguaggio di LD, l'espressione:

$$\{\Gamma\}$$

denota il Carattere di Γ . Esso è definito come segue:

Definizione 3.4.9 [Carattere] *Il Carattere di Γ $\{\Gamma\}$ è la funzione che assegna a ogni struttura U , assegnamento f , e contesto c di U , $\{\Gamma\}_{cf}^U$.*

In altri termini, il Carattere è la funzione che assegna un Contenuto a una formula o a un termine del linguaggio di LD in ogni contesto di ogni struttura per qualsiasi assegnamento. Questa funzione ci dice in che modo il significato di un'espressione varia al variare del contesto (in ogni struttura). Per questo la seguente definizione è molto importante per il nostro argomento generale:

Definizione 3.4.10 [Carattere stabile] *Se Γ è un termine o una formula, il Carattere di Γ è stabile sse per ogni struttura U , e assegnamento f , il Carattere di Γ (sotto f in U) è una funzione costante ($\{\Gamma\}_{cf}^U = \{\Gamma\}_{c'f}^U$ per ogni c, c' in U).*

La stabilità di carattere di un'espressione testimonia il fatto che il suo significato non dipende dal contesto (e, infatti, il suo contenuto rimane costante indipendentemente dal contesto rispetto a cui è presa). A riprova di questo fatto, aggiunge Kaplan, si può facilmente mostrare che una formula o un termine hanno un carattere stabile se e solo se non contengono alcuna occorrenza di dimostrativi. Su questo punto ritorneremo nel capitolo 5 (§ 5.1), facendo notare che in certi casi persino la stabilità di carattere degli indicali può essere messa in discussione.

3.5 Logica classica e LD

Bar-Hillel, nell'auspicare una logica delle asserzioni (enunciati in un contesto), aveva sostenuto che la sottoparte di tale logica non riguardante le espressioni indicali sarebbe rimasta invariata rispetto alla logica intensionale tradizionale. È effettivamente così per LD?

Nei termini di Kaplan, la sottologica delle espressioni non indicali coincide con la logica delle formule con carattere stabile, cioè quelle espressioni il cui contenuto ("ciò che esse dicono") è lo stesso in ogni contesto. Alla fine di [51], Kaplan si chiede se effettivamente questa sotto-logica di LD sia del tutto equivalente alla logica tradizionale. Sorprendentemente, la risposta è no. Ecco come pone la questione Kaplan stesso:

The logic of demonstratives determines a sub-logic of those formulas of LD which contain no demonstratives. These formulas [. . .] are exactly the formulas with a stable Character. The logic of demonstratives brings a new perspective even to formulas

such as these. The sub-logic of LD which concerns only formulas of stable Character is not identical with traditional logic. [51][pag. 93]

La ragione di questa non equivalenza è da ricercarsi nella diversa definizione di validità in una logica tradizionale e LD-validità. Mentre la nozione di validità tradizionale implica la necessità, la nozione di LD-validità no. Ora, se da un lato non stupisce che formule indicali (come (3.1)) siano LD-valide senza essere logicamente necessarie, dall'altro è più sorprendente che anche formule non indicali possano avere questa proprietà. Kaplan fa due esempi. Il primo è la formula:

$$\exists x \exists p \text{ Located}(x, p) \quad (3.5)$$

Nella semantica di LD, (3.5) è vera se e solo se esistono almeno un individuo $i \in \mathcal{U}$ e una posizione $p \in \mathcal{P}$ tali che per qualche circostanza $\langle t, w \rangle$ valga che $\langle i, p \rangle \in \mathcal{I}_{\text{Located}}(tw)$. Ma questo è garantito dalle clausole della definizione 3.4.3 che riguardano il predicato *Located*. Infatti, per ogni contesto c vale la seguente condizione: se $c \in \mathcal{C}$, allora $\langle c_A, c_P \rangle \in \mathcal{I}_{\text{Located}}(c_T, c_W)$. Quindi, per ogni contesto c , almeno la coppia $\langle c_T, c_W \rangle$ appartiene all'estensione del predicato *Located*; di conseguenza la formula (3.5) è vera in ogni contesto e, per definizione, LD-valida.

Il secondo esempio è la formula:

$$\exists x \text{ Exists}(x) \quad (3.6)$$

Secondo la semantica di LD, (3.6) è vera se e solo se esiste almeno un $i \in \mathcal{U}$ tale che $\langle i \rangle \in \mathcal{I}_{\text{Exists}}(tw)$. Ma una delle clausole della definizione 3.4.3 è che ogni oggetto che appartiene all'insieme \mathcal{U} degli individui deve esistere almeno in un mondo della struttura: se $\langle i, p \rangle \in \mathcal{I}_{\text{Located}}(tw)$, allora $\langle i \rangle \in \mathcal{I}_{\text{Exists}}(tw)$ (se un agente si trova in una certa posizione, allora questo agente deve anche esistere). E siccome sappiamo che per ogni contesto c 'è sempre un agente in una certa posizione (vedi discussione della formula (3.5)), ne consegue che per ogni contesto tale agente anche esiste. Di nuovo, la verità di (3.6) in ogni contesto la rende LD-valida, mentre essa non sarebbe considerata valida in una logica tradizionale.

3.6 Discussione

Nell'importante *Handbook of Philosophical Logic*, a cura di Gabbay e Guentner, il contributo di Forbes – dedicato al problema degli indicali – parla del lavoro di Kaplan su LD come del lavoro singolo che ha avuto più impatto sul problema degli indicali [30][pag. 464]. In effetti, la logica dei dimostrativi di Kaplan rappresenta in un certo senso il culmine di quello che abbiamo chiamato approccio modellistico al problema del contesto. Kaplan si muove per intero in questa tradizione, al cui interno il problema del contesto viene di fatto identificato con il problema del trattamento delle espressioni indicali. La ragione di questa identificazione va ricercata nell'astrazione da ogni aspetto di carattere cognitivo nello studio del legame tra linguaggio e mondo. Tolti questi ultimi, gli unici fattori “di contorno” da cui dipende il significato di un certo enunciato sono quelli legati al punto in cui esso è prodotto, cioè le coordinate del cosiddetto contesto di produzione. Siccome sugli effetti di questa impostazione (e sulla possibilità di approcci alternativi) ritorneremo a lungo nel prossimo capitolo, qui ci limitiamo a tirare in breve le somme su LD dal punto di vista della stessa tradizione in cui essa si è sviluppata.

Alla fine del capitolo 2 abbiamo visto che la tradizione modellistica prima di Kaplan era giunta a includere una serie di coordinate – dette contestuali – alla funzione in base a cui è definito il riferimento di un'espressione linguistica. Prendendo come esempio il lavoro di Lewis, avevamo detto che la nozione di significato nella tradizione modellistica era pensata come una funzione da indici a valori di verità (per enunciati):

$$\Sigma : \langle \langle M_{\mathcal{L}}, \langle w, t, a, p, \dots \rangle \rangle, \Phi \rangle \rightarrow \mathcal{V} \quad (3.7)$$

L'analisi di Kaplan, basata su esempi come (3.1), dimostra che un approccio del genere non è sufficiente a spiegare alcune proprietà dei dimostrativi nel linguaggio naturale. La proposta di Kaplan è dunque di non far dipendere il significato solo da un indice, ma da un indice e da un contesto. Proseguendo con la notazione del capitolo 2, ciò significa ridefinire la funzione Σ come segue:

$$\Sigma : \langle \langle M_{\mathcal{L}}, \langle \langle c_A, c_P, c_T, c_W \rangle, \langle t, w \rangle \rangle \rangle, \Phi \rangle \rightarrow \mathcal{V} \quad (3.8)$$

Questa definizione di Σ rende molto evidente quella che è la

principale novità di LD rispetto a tutte le proposte precedenti in ambito modellistico: il significato delle espressioni indicali può essere spiegato solo ammettendo una sorta di doppia dipendenza da certi fattori, in particolare il tempo (c_T e t) e il mondo (c_W e w).

Un problema che può sorgere a questo punto è il seguente: quali sono i fattori che debbono essere sdoppiati? A questo problema ha dedicato un interessante lavoro David Lewis, dal titolo *Index, Context, and Content* [60]. Lewis, dopo la pubblicazione di [51], ammise infatti l'inadeguatezza della sua stessa proposta in [57] (si veda il "Postscript" a [57] che egli scrisse per la ristampa in [61]) e riconobbe la necessità di sdoppiare alcuni dei fattori da cui dipende il significato di certe espressioni. Il lavoro del "secondo" Lewis può essere visto in parte come un tentativo di trovare una ragione di principio in base alla quale decidere quali fattori debbano essere effettivamente sdoppiati.

Lewis parte dalla constatazione che l'insieme degli aspetti (qui chiamati *features*) del contesto che possono influenzare il riferimento di un'espressione sono molti di più di quelli considerati in [57]:

An index is an n -tuple which serves as a package of the various features of context on which extension may depend. But my packages were far too small. There are ever so many relevant features of context besides the ones I listed. [57], Postscript [p. 230]

Per dare un'idea della molteplicità di aspetti rilevanti del contesto, Lewis stesso ci rimanda a un suo originale articolo dal titolo *Scorekeeping in a Language Game* [59]. Qui egli propone di considerare gli aspetti rilevanti durante uno scambio comunicativo linguistico alla stregua di un tabellino (*score*) di una partita di baseball. Il tabellino di quest'ultima può essere rappresentato come una sequenza di sette valori, tra i quali per esempio l'*inning* corrente, il punteggio delle due squadre, i *balls* del lanciatore, gli *strikes* del giocatore in pedana, e così via⁶. In base a tale tabellino è possibile

6. Gli *innings* sono i tempi di una partita di baseball. Ogni *inning* è diviso in due sottotempi, durante i quali le due squadre si alternano in attacco e in difesa. I *balls* sono lanci non validi effettuati dal lanciatore. Al quarto *ball*, il battitore viene "premiato", cioè mandato in prima base anche se non ha colpito la palla. I *balls* si contrappongono agli *strikes*, cioè i lanci corretti che però il battitore non è riuscito a colpire con la mazza. Al terzo *strike* un battitore è eliminato.

anche definire cos'è un comportamento corretto durante una partita (per esempio, non è corretto che un battitore vada in prima base dopo soli tre *balls*). Analogamente, dice Lewis, è possibile associare a ogni fase di una conversazione un tabellino (*conversational score*) che contiene dei parametri che descrivono lo stato della conversazione. Per esempio, le presupposizioni attive, gli oggetti più rilevanti (la loro rilevanza può dipendere dal corso della conversazione, ma anche da fattori esterni), punti di riferimento, gradi di vaghezza, standard di precisione, e via dicendo. Tutti questi aspetti insieme costituiscono lo "sfondo" (o contesto) di un'espressione.

Lewis ritiene anche estremamente improbabile che sia possibile individuare *tutti* gli aspetti rilevanti di un certo contesto. In altri termini, egli pensa che non sia possibile costruire indici abbastanza ricchi da includere ogni aspetto rilevante per la determinazione del significato di una certa espressione. Ma, se le cose stanno così, sembra che si pongano solo due alternative. La prima – che Lewis scarta – è quella di aspettare il momento in cui saremo effettivamente in grado di costruire indici abbastanza ricchi. La seconda, invece, è di far dipendere l'estensione direttamente dal contesto e lasciare impliciti tutti gli altri aspetti che caratterizzano quell'intersezione spazio-temporale e logica:

Once we have world, time, and speaker, what can be lacking? The place is the place where that speaker is at that time at that world; the appropriate resolutions of vagueness are (under)determined by the pragmatic forces present in the conversation that has been going on around the speaker just before that time at that world; and so on for other features of context, however numerous and however recondate. [57][p. 230]

Ma, obietta Lewis, le cose non sono così semplici. Infatti, ci sono enunciati che non possono essere interpretati semplicemente rispetto al contesto in cui sono prodotti; la loro interpretazione richiede che alcuni aspetti del contesto originale siano *shiftati*⁷. Consideriamo per esempio l'enunciato:

Splende il sole (3.9)

7. Uso l'orribile inglesismo "*shiftare*" in mancanza di un termine italiano che catturi gli aspetti del verbo inglese rilevanti per la discussione delle idee di Lewis.

Usando il formalismo di Kaplan, possiamo dire che esso è vero in un contesto c se e solo se nel luogo c_P splende il sole nella circostanza $\langle c_T, c_W \rangle$. Consideriamo ora l'enunciato:

Da qualche parte splende il sole (3.10)

Esso è vero in c se e solo se esiste un luogo p in cui splende il sole nella circostanza $\langle c_T, c_W \rangle$. Ma p non necessariamente sarà uguale a c_P , anzi, in generale sarà diverso. Pertanto la possibilità di determinare la verità di (3.10) nel contesto c si basa sulla possibilità di valutare (3.9) rispetto a un indice in cui il luogo è mutato rispetto a quello del contesto originario (cioè rispetto a c_P).

Lewis ritiene che sia proprio questo fenomeno a rendere indispensabili sia il contesto, sia l'indice. Infatti, sebbene un contesto abbia infiniti aspetti, essi non variano indipendentemente. Qualora un aspetto venisse cambiato, avremmo un cambio di contesto, o addirittura qualcosa che non è affatto un contesto. Gli indici hanno invece la proprietà di essere aspetti di un contesto che possono variare indipendentemente. Per cui abbiamo bisogno sia del contesto (per tener conto di tutti gli aspetti che caratterizzano un contesto) sia dell'indice (per formalizzare il meccanismo dello *shifting*):

Since we are unlikely to think of all the features of context on which truth sometimes depends, and hence unlikely to construct adequately rich indices, we cannot get by without context-dependence as well as index-dependence. Since indices but not contexts can be shifted one feature at a time, we cannot get by without index-dependence as well as context-dependence. An assignment of semantic values must give us the relation: sentence s is true at context c at index i , where i need not be the index that gives the features of context c . [60] [p. 79]

Ma se le cose stanno così, abbiamo trovato un criterio generale per decidere quali coordinate devono essere sdoppiate: vanno sdoppiate solo le coordinate corrispondenti ad aspetti del contesto che possono essere mutati. Di conseguenza, il dubbio che gli aspetti del contesto inclusi nell'indice in [57] fossero troppi si capovolge nel suo opposto: erano fin troppi. Infatti, un'analisi della lingua inglese (ma, aggiunge Lewis, sarebbe lo stesso per qualunque lingua occidentale moderna) porta a concludere che sono solo quattro gli aspetti

del contesto effettivamente soggetti a questa forma di mutamento: il luogo, il tempo, il mondo possibile e lo standard di precisione. Per esempio, l'enunciato:

Ci sono stati dei cani (3.11)

richiede di mutare il tempo (esso è vero se *qui*, in un tempo anteriore a *ora*, era vero l'enunciato "Ci sono dei cani"), mentre l'enunciato:

Le nuore devono essere donne (3.12)

richiede di mutare il mondo possibile (esso è vero se, per ogni possibile mutamento del mondo associato al contesto di produzione, l'enunciato "Le nuore sono donne" è vero). Infine, il significato dell'enunciato:

Per l'esattezza, la Francia non è esagonale (3.13)

dipende dal fatto che in un contesto il cui standard di precisione è mutato sia vero l'enunciato:

La Francia è esagonale (3.14)

Questo metodo permette di spiegare perchè, per esempio, non è necessario che il parlante appartenga all'indice. Infatti, le lingue occidentali non possiedono costrutti la cui interpretazione richiede di mutare il parlante, mentre sarebbe necessario se usassimo frasi come:

Quanto a te, ho fame (3.15)

per dire che c'è un'altra persona (quella a cui si riferisce il 'te') che ha fame.

L'aver individuato quattro aspetti del contesto che in Inglese possono essere mutati può essere vista come una limitazione di LD. In LD solo tempo e mondo possibile sono sdoppiati (e, infatti, le sue definizioni ricorsive di verità e denotazione date da Kaplan per i dimostrativi sono una forma di *shifting*). Come conseguenza, LD non permette di trattare enunciati come (3.10), dato che la posizione non può essere mutata. Lo stesso vale per lo standard di precisione.

Altri autori hanno osservato che LD non permette (per ragioni generali) di trattare alcune forme di indicività meno “pure” di quelle considerate da Kaplan. Per esempio, Bonomi osserva in [8] che LD non permette di assegnare il riferimento che intuitivamente ci aspetteremmo a enunciati come:

Tutti i cani dormono (3.16)

Supponiamo, infatti, che esso sia usato da John per tranquillizzare la moglie a proposito del fatto che i cani che si stanno azzuffando in lontananza non sono i loro. In una semantica tradizionale, il quantificatore universale “tutti” è interpretato su tutti gli oggetti del dominio, per cui il significato di (3.16) verrebbe a essere che tutti i cani del mondo stanno dormendo (cosa che non è, dato che la moglie di John ne sente qualcuno abbaiare all’esterno).

Il contesto, osserva Bonomi, dovrebbe avere lo scopo di restringere in qualche modo l’interpretazione del quantificatore universale nel sintagma nominale ‘tutti i cani’. Pertanto, essendo la logica di Kaplan il punto di riferimento standard per la tradizione modellistica a cui lo stesso Bonomi si richiama, è naturale per quest’ultimo chiedersi se è possibile usare il formalismo di Kaplan per ottenere questo risultato. La risposta, però, è negativa. In LD, infatti, la denotazione di un’espressione indicale come ‘quel cane che abbaia’ (asserito in un contesto c) è la denotazione di ‘il cane che abbaia’ nella circostanza associata a c (cioè in $\langle c_T, c_W \rangle$). Tuttavia, c_W è uno stato di cose globale (completo), mentre intuitivamente (3.16) richiede di essere interpretato su una porzione di stato di cose, nella quale effettivamente *tutti* i cani dormano. Pertanto, almeno per quanto riguarda il caso dei sintagmi nominali quantificati, Bonomi ritiene che l’approccio di Kaplan soffra delle stesse difficoltà della visione tradizionale.

Le osservazioni di Bonomi ci permettono di fare un’osservazione che ci introdurrà all’argomento del prossimo capitolo. Per trattare esempi come (3.16), Bonomi propone di non associare a un contesto uno stato di cose globale (un mondo possibile), ma una porzione di uno stato di cose globale. In tal modo, sarebbe possibile interpretare sintagmi nominali come ‘tutti i cani’ in (3.16) rispetto a questa porzione di stato di cose, restringendo di fatto il dominio di quantificazione. In questa proposta di Bonomi, però, ci pare di rilevare una

sorta di tensione rispetto alla nozione di contesto metafisico, di cui LD è la formalizzazione più tipica:

- da un lato, la proposta di Bonomi non mette in discussione l'idea che il contesto abbia a che fare con la struttura del mondo rispetto a cui un certo enunciato è valutato, esattamente come in tutta la tradizione modellistica;
- dall'altro, però, Bonomi stesso nota che la porzione di uno stato di cose globale associato a un contesto non va intesa esclusivamente in base alla metafora spaziale (per esempio, i cani su cui quantifica (3.16) potrebbero essere sparsi in vari punti del mondo e nessun sottoinsieme spaziale del mondo sarebbe adeguato per giustificare la verità di (3.16)).

Ma se il criterio di "partizione" del mondo non è spazio-temporale, il problema è: come è possibile dividere il mondo in porzioni senza immaginare un intervento cognitivo di un agente, il quale "ritaglia" la realtà in base ai propri fini, interessi, alle proprie aspettative, credenze, ecc.? Non è forse più naturale pensare al contesto non tanto come un sottoinsieme di uno stato di cose globale, quanto piuttosto come una sorta di "spazio cognitivo" contenente una rappresentazione parziale di uno stato di cose? In altre parole, non è possibile pensare di dare un resoconto dell'indicalità (in tutte le sue forme) in termini di quello che abbiamo chiamato contesto cognitivo?

4. *Espressioni indicali, contenuto metafisico e contenuto cognitivo*

La logica dei dimostrativi di Kaplan permette di spiegare in che modo il contenuto di un'espressione indicale varia in base al punto spazio-temporale e logico rispetto a cui essa è valutata. La nozione di carattere permette di includere nel significato di un'espressione la regola in base a cui il suo contenuto varia al variare del contesto. Infine, definisce le condizioni a cui si può dire che un certo enunciato non indicale Φ è la decontestualizzazione di un enunciato indicale Ψ rispetto a un contesto c : Φ è la decontestualizzazione di Ψ se e solo se Φ ha lo stesso contenuto di Ψ in c .

La discussione di Lewis sulla nozione di *shifting* delle coordinate di un indice e quella di Bonomi sui sintagmi nominali quantificati hanno mostrato che la formalizzazione proposta da Kaplan può essere migliorata in almeno due aspetti: primo, è opportuno rivedere le coordinate che devono essere sdoppiate tra indice e contesto; secondo, deve essere data la possibilità di associare a un contesto non un intero mondo possibile, ma solo una sua porzione. Tuttavia, per quanto importanti siano queste critiche, esse non intaccano il cuore dell'analisi di Kaplan, ovvero l'idea che il problema del contesto riguardi la dipendenza del significato da un insieme di aspetti dello stato del mondo. In altre parole, esse non mettono in discussione il presupposto secondo cui il problema del contesto va affrontato in termini di contesto metafisico. In questo capitolo mi propongo di mostrare che la nozione di contesto metafisico non permette di spiegare un aspetto essenziale del ruolo delle espressioni indicali nel linguaggio ordinario, ovvero il fatto che esse permettono ad agenti con limitata conoscenza del mondo di esprimere contenuti che altrimenti

essi non saprebbero come esprimere. Naturalmente è sempre possibile obiettare che è legittimo astrarre dalle limitatezze epistemiche dei parlanti di un certo linguaggio. Cercherò di ribattere a questa obiezione facendo vedere che la limitatezza epistemica è l'unica ragione per cui gli indicali non sono in linea di principio eliminabili dal linguaggio senza una perdita di potere espressivo e che pertanto astrarre da essa equivale a ignorare un aspetto che non solo non è marginale, ma anzi è assolutamente essenziale nel fenomeno dell'indicalità. Infine, farò vedere in che modo la nozione di contesto cognitivo sembra essere in grado di fornire una spiegazione alternativa del modo in cui le espressioni indicali dipendono dal contesto.

4.1 Il problema di Tom Brown

La domanda da cui intendiamo partire è la seguente: perchè c'è bisogno di studiare la logica della parte indicale del linguaggio? Se ogni contenuto che è espresso in forma indicale può essere espresso anche in forma non indicale, non è sufficiente limitarsi a prendere in considerazione la parte non indicale del linguaggio? Questa domanda se la poneva già Bar-Hillel nel suo articolo sulle espressioni indicali del 1954. Infatti, qualora fosse possibile dimostrare che la parte non indicale del linguaggio può servire gli scopi della parte indicale sempre e senza perdita di informazione, l'urgenza di una logica dei linguaggi indicali sarebbe molto minore e, in un certo senso, verrebbe ridotta allo studio di una sorta di "bizzarria" del linguaggio ordinario:

Could we assert [...] that non indexical languages are sufficient for *every* communicative purpose? If this were true, if one could always express every cognitive content in a non indexical language, the urgency of an investigation of the logic of indexical languages would be somewhat reduced, though it would still be of extreme importance for the analysis of common and philosophical discourse as it is historically given. [2][pag. 367]

Per dimostrare che non è vero che ogni contenuto cognitivo può sempre essere espresso in un linguaggio non indicale, Bar-Hillel propone un semplice esperimento mentale (*Gedankenexperiment*), che ha per protagonista un "logico sperimentale" di nome Tom Brown:

Assume that Tom Brown is a logician interested in our problem who has decided to find out whether he could get along, for just one day, the first of January 1951, using the non-indexical part of ordinary English only. He told, of course, his wife about this experiment. At the morning of the mentioned day Tom awakes and since it is a holiday, he decides to have breakfast in his bed. His watch is under repair and he, therefore, does not know the time. How shall he inform his wife about his wish? [2] [pag. 367].

Lo scenario è molto semplice. Tom Brown vuole sperimentare se riesce a comunicare con sua moglie senza far uso di espressioni indicali. In particolare, la mattina del 1 gennaio 1951 vorrebbe comunicare il desiderio di avere la colazione a letto. Se non fosse per il suo proposito, egli potrebbe esprimere il proprio desiderio come segue:

Vorrei avere la colazione qui (4.1)

È possibile per Tom Brown comunicare lo stesso contenuto a sua moglie mediante un enunciato non indicale? Chiamiamo questo il *problema di Tom Brown*.

4.2 Le tesi di trasformabilità debole e forte

La prima preconditione affinché l'esperimento di Tom Brown possa riuscire è che un enunciato non indicale che esprima lo stesso contenuto di (4.1) esista. Chiamiamo *tesi di trasformabilità debole* la tesi secondo cui un tale enunciato esiste sempre. Il successo o il fallimento dell'esperimento di Tom Brown dipende innanzitutto dalla verità o falsità della tesi di trasformabilità debole: se essa è vera, l'esperimento avrà possibilità di successo; altrimenti fallirà di sicuro.

Storicamente, la tesi di trasformabilità debole non è mai stata messa seriamente in discussione. Una sua formulazione molto nota si può trovare anche nel libro *Logica e grammatica* di Quine. Discutendo di quelli che egli chiama *enunciati eterni* (cioè gli enunciati il cui contenuto non dipende dal punto di produzione o dal parlante), Quine scrive:

La gran massa degli enunciati eterni non è tuttavia così nobile come il nome [...] lascerebbe credere. Qualunque asserzione di un fatto, per quanto banale, può essere convertita in un enunciato

eterno aggiungendo nomi e date, ed eliminando i tempi dei verbi. In corrispondenza con “Sta piovendo” e “Mi devi dieci dollari”, abbiamo gli enunciati eterni “Piove a Boston, Mass., il 15 luglio 1968”, e “Bernard J. Ortcutt deve a W.V. Quine 10 dollari il 15 luglio 1968”, dove ‘piove’ e ‘deve’ devono essere pensati come a-temporali. [86][pag. 25]

In un certo senso, la logica dei dimostrativi di Kaplan può essere vista come una formalizzazione della procedura di trasformazione a cui accenna Quine. Vediamo in che senso questo sia vero usando il problema di Tom Brown. Indichiamo con c^{TB} il contesto rispetto a cui è valutato l’enunciato (4.1), cioè il contesto tale che $c_A^{TB} = Tom\ Brown$ (nel seguito il nome sarà abbreviato con TB), $c_P^{TB} = Main\ Street\ 5$ (nel seguito, l’indirizzo sarà abbreviato con MS), $c_T^{TB} = 01/01/1951-8.45$ (nel seguito la data e l’ora saranno abbreviate con G); per semplicità, in tutta la discussione del problema di Tom Brown assumeremo che il mondo possibile w sia il mondo attuale. Immaginiamo ora che la formula $\Psi(x, y)$ significhi che un agente x vuole la colazione nel posto y . Pertanto, la formula $N(\Psi(I, Here))$ esprime (4.1) in LD. In base alle definizioni che abbiamo riportato per esteso nel capitolo 3, otteniamo la seguente equazione:

$$\models_{c^{TB}_{fw}} N(\Psi(I, Here)) \quad sse \quad \models_{c^{TB}_{fGw}} \Psi(TB, MS) \quad (4.2)$$

(4.2) dice che l’enunciato (indicale) $N(\Psi(I, Here))$ preso nel contesto c^{TB} ha lo stesso contenuto dell’enunciato (non indicale) $\Psi(TB, MS)$ preso nel contesto c^{TB} rispetto alla circostanza $\langle G, w \rangle$. Siccome $\Psi(TB, MS)$ non contiene alcuna espressione indicale, esso ha carattere stabile in LD. Questo vuol dire che il suo contenuto non varia al variare del contesto e, quindi, che il suo contenuto è indipendente dal fatto che sia preso rispetto al contesto c^{TB} o a qualsiasi altro contesto. L’equazione (4.2) dice dunque che (4.1) preso nel contesto c^{TB} ha lo stesso contenuto di un enunciato del tipo:

$$Tom\ Brown\ volere\ la\ colazione\ a\ letto\ alle\ ore\ 8.45 \quad (4.3) \\ giorno\ 1\ gennaio\ 1951,\ in\ Main\ Street\ 5$$

dove il verbo ‘volere’ è preso in forma a-temporale.

Nel quadro concettuale di LD, (4.1) presa nel contesto c^{TB} e (4.3) dicono la stessa cosa. E siccome LD permette di stabilire equivalenze come (4.2) per ogni possibile espressione indicale, possiamo dire che LD è un argomento a favore della tesi di trasformabilità debole: l'enunciato che Tom Brown sta cercando esiste.

Rispetto al problema che abbiamo posto all'inizio del § 4.1, la dimostrazione della tesi di trasformabilità debole permette di stabilire una preconditione essenziale per l'eliminazione della parte indicale del linguaggio da una teoria della rappresentazione della conoscenza: dato un enunciato indicale in un contesto, esiste sempre un enunciato non indicale che esprime lo stesso contenuto e, per di più, in modo indipendente da qualunque contesto. Tuttavia, ci pare che – dal punto di vista di una teoria della rappresentazione della conoscenza – sia necessaria una seconda condizione: non solo un enunciato non indicale con lo stesso contenuto di (4.1) deve esistere, ma Tom Brown deve anche essere in grado di stabilire qual è. Pertanto, la conclusione sulla non urgenza dei linguaggi indicali non può basarsi solo sulla tesi di trasformabilità debole, ma deve invece provare una *tesi di trasformabilità forte*: in ogni situazione comunicativa, è sempre possibile per un agente trasformare un enunciato indicale in uno non indicale che esprima lo stesso contenuto. Per usare le parole di Bar-Hillel, tale trasformazione deve essere possibile *sempre e senza alcuna perdita di informazione*.

Ho chiamato forte questa versione della tesi di trasformabilità perchè una sua dimostrazione presuppone una dimostrazione della versione debole: affinchè la trasformazione sia possibile sempre e senza alcuna perdita di informazione bisogna innanzitutto che tale trasformazione esista. Di converso, una refutazione della versione forte non è *ipso facto* una refutazione della versione debole. È perfettamente plausibile, infatti, che la trasformazione esista senza che essa sia possibile sempre (per esempio, per un agente in una particolare situazione comunicativa) o che sia possibile senza alcuna perdita di informazione (per esempio, la trasformazione in forma non indicale potrebbe dare meno informazione a un agente di quanta gliene dia la versione indicale – o viceversa).

4.3 Indicali e limitatezza epistemica

Se teniamo presente quelle che ho chiamato versione debole e versione forte della tesi di trasformabilità, diventa facile capire la spiegazione data da Bar-Hillel alla “strana dimenticanza” di cui la logica dei linguaggi indicali è stata oggetto per lunghissimo tempo da parte dei logici e dei filosofi del linguaggio¹:

What can be the explanation of this strange neglect of such very obvious trait of ordinary languages? I venture the following hypothesis: Since a judgment², with an indexical sentence as first component can always, without loss of information, be transformed into a judgment with a statement as a first component, keeping the second component intact, we might easily be tempted to drop the common phrase ‘a judgment with . . . as first component’ from both sides of this transformability statement and arrive at the result that any indexical sentence can be transformed into a statement, a patent falsity [. . .] [2] [pag. 366]

Nei miei termini, quello che dice Bar-Hillel è che molti filosofi del linguaggio hanno preso un argomento a favore della versione debole della tesi di trasformabilità per un argomento a favore della versione forte. Ma questo passo di inferenza è, secondo Bar-Hillel, del tutto ingiustificato. La ragione per cui Bar-Hillel ritiene che sia ingiustificato è che l’esistenza della trasformazione richiesta non implica che essa sia *di fatto* disponibile in ogni circostanza. Se dunque si riesce a trovare almeno un caso significativo in cui un agente sia capace di esprimere un certo contenuto con un enunciato indicale e, in quella stessa situazione, non sia capace di esprimere lo stesso contenuto in forma non indicale, allora avremmo falsificato la tesi di trasformabilità forte e avremmo per ciò stesso dimostrato che l’eliminazione degli indicali corrisponde a una perdita di potere espressivo del linguaggio.

1. Ovviamente, tale osservazione è riferita al 1954, anno di pubblicazione del suo articolo sulle espressioni indicali.

2. Ricordiamo che, nell’articolo del 1954, Bar-Hillel usa il termine *judgment* (giudizio) per intendere quello che successivamente egli esprimerà con il termine *assertion* (asserzione), conformandosi quindi all’uso standard dei termini nella filosofia del linguaggio di lingua inglese. Cfr. nota cap. 2, § 2.3.

Ripartiamo dunque dal problema di Tom Brown e chiediamoci se (4.1) e (4.3) sarebbero considerati equivalenti da un agente qualunque in qualunque circostanza. Bar-Hillel sostiene, in modo secondo me del tutto convincente, che non è così. Se assumiamo il punto di vista di Tom Brown, è facile mostrare che in generale non è detto che egli sia *sempre* capace di trasformare (4.1) in (4.3). Per poterlo fare, egli deve avere a disposizione un modo per sapere che ora è (per esempio, avere un orologio) e deve sapere l'indirizzo del luogo in cui si trova (nell'esempio, Main Street 5). Senza queste informazioni, Tom Brown non potrebbe mai trasformare (4.1) in (4.3), anche se i due enunciati "dicono la stessa cosa". Se assumiamo invece la prospettiva della moglie, è possibile mostrare che la trasformazione di (4.1) in (4.3) può talvolta comportare una *perdita di informazione*. Se infatti Tom Brown, invece di usare (4.1), esprimesse il proprio desiderio nella forma di (4.3), la moglie potrebbe non essere in grado di adottare una condotta tale da soddisfare il desiderio espresso dal marito (per esempio, perchè non ha l'orologio), mentre sarebbe perfettamente in grado di soddisfare tale desiderio qualora fosse espresso nella forma di (4.1). Se poi al posto della moglie ci fosse un estraneo, la cosa sarebbe ancora più evidente, dato che l'estraneo potrebbe legittimamente chiedersi chi sia il Tom Brown di cui si parla (dubbio che non avrebbe se Tom Brown si riferisse a se stesso usando il pronome 'io' come in (4.1)).

Esistono dunque situazioni comunicative concrete in cui un agente può essere in grado di esprimere un certo contenuto mediante un enunciato indicale e non essere in grado di farlo mediante un enunciato non indicale. Esistono inoltre situazioni in cui un agente è capace di comprendere il contenuto di un enunciato indicale e non quello di un enunciato non indicale che – dal punto di vista di LD – ha lo stesso contenuto. Ecco come Bar-Hillel generalizza ciò che abbiamo appena detto a proposito del problema di Tom Brown:

[...] effective communication by means of indexical sentences requires that the recipient should know the pragmatic context of the production of the indexical sentence-tokens. [...] To communicate the same amount of information by using non-indexical sentences only, knowledge of the context by the recipient is not required, but in its stead additional knowledge of some other kind may be

necessary [...] [2] [pagg. 368-369]

Il punto fondamentale del passo citato è che *la capacità di un agente di determinare il contenuto di un enunciato indicale richiede informazione diversa da quella necessaria per determinare il contenuto di un enunciato non indicale*. L'esempio di Tom Brown dimostra che è possibile per un agente avere un tipo di informazione e al tempo stesso non avere l'altro. L'argomento di Bar-Hillel non mette dunque in discussione la versione debole della tesi di trasformabilità, bensì quella forte. Bar-Hillel non nega che (4.1) e (4.3) esprimano lo stesso contenuto (nel senso, per esempio, dell'equazione (4.2)), ma nega che in ogni situazione comunicativa concreta l'identità di contenuto tra un enunciato eterno e un enunciato indicale sia sufficiente affinché un agente sia in grado di trasformare l'uno nell'altro. Ecco come proseguiva infatti il passo dell'articolo di Bar-Hillel citato poco sopra:

Not in every actual communicative situation could every indexical sentence be replaced, without loss of information, by a non-indexical sentence; but there is, on the other hand, no indexical sentence which could not be replaced by a non-indexical sentence, without loss of information, in some suitable communicative situation. [2] [pag. 369]

Il senso di questa contrapposizione dovrebbe ormai essere chiaro: se da un lato Bar-Hillel riconosce che, a certe condizioni, ogni enunciato indicale può essere sostituito da un enunciato non indicale che esprime lo stesso contenuto, dall'altro Bar-Hillel ribadisce che tali condizioni non sempre sono date nelle situazioni comunicative concrete. E il motivo è che, nelle situazioni comunicative concrete, abbiamo a che fare con agenti che hanno una limitata conoscenza del mondo:

Since our knowledge is limited, the use of indexical expressions seems therefore to be not only most convenient in very many situations – nobody would doubt this fact – but also indispensable for effective communication. [2] [pagg. 368-369]

L'argomento di Bar-Hillel contro la tesi di trasformabilità forte ci porta a proporre la seguente idea: *il contributo espressivo essenziale della parte indicale del linguaggio sta nella possibilità che essa*

offre ad agenti con una limitata conoscenza del mondo di esprimere contenuti che altrimenti non saprebbero come esprimere. Se da un lato è vero che un agente onnisciente sarebbe sempre in grado di esprimere qualunque contenuto in forma non indicale, dall'altro bisogna riconoscere che un agente non onnisciente è spesso costretto a rappresentare la propria conoscenza in forma indicale, e questa è la ragione per cui uno studio della logica di tali linguaggi è non solo utile, ma necessario.

L'argomento di Bar-Hillel contro la tesi di trasformabilità forte può essere applicato senza sostanziali modificazioni anche all'esempio dell'interazione con il sistema operativo del computer che abbiamo descritto nel capitolo 1. Immaginiamo, per esempio, di dover leggere il contenuto di un *file* che sappiamo essere nella *directory* a monte di quella in cui ci troviamo. Uno dei modi per "dire" al sistema operativo Unix di farci vedere il contenuto di un *file* di testo è quello di usare il comando `more` (più o meno l'analogo del comando `type` in MS-DOS). Per leggere dunque il *file* che ci interessa basta digitare il comando:

```
more ../pippo.txt (4.4)
```

dove `pippo.txt` è il nome del *file* che ci interessa. Lo stesso comando potrebbe essere dato senza usare l'indicale `..`, specificando il percorso assoluto a partire da `root` (cfr. Fig. 1.2). Tuttavia, mentre (4.4) presuppone da parte di chi lo usa solo l'informazione che il *file* è nella *directory* a monte di quella corrente, l'uso della forma "assoluta" richiede di sapere l'indirizzo completo della *directory* in questione, ed è chiaro che un utente del computer può avere la prima delle due informazioni senza avere la seconda. Pertanto, non solo (4.4) è il modo più breve per leggere il *file* desiderato, ma esso potrebbe anche essere l'unico di fatto disponibile a un utente che non sapesse come chiedere al computer la propria posizione assoluta nella "mappa" del *file system* (per esempio usando il comando `pwd`).

L'esempio dell'interazione con il computer può essere reso ancora più radicale. Immaginiamo infatti che un programmatore debba scrivere un pezzo di un programma (o *sub-routine*) il cui compito è quello di verificare se esiste un certo *file* nella *directory* a monte di quella corrente. È possibile scrivere la *sub-routine* in modo da non

utilizzare l'indicale ' . . '? In generale no. Il motivo è che, di fatto, il programmatore non può sapere a priori in quale *directory* verrà di volta in volta richiamata la *sub-routine* in questione. In altre parole, senza l'uso del ' . . ', non è possibile esprimere l'istruzione: "Dovunque ti trovi, vai a controllare se esiste il tale *file*" in piena generalità, perchè questo richiederebbe di sapere esattamente qual è la *directory* corrente al momento dell'esecuzione della *sub-routine*. Certo, data una certa chiamata di esecuzione della *sub-routine*, esiste sempre una "traduzione" del comando in una forma che non fa uso dell'indicale ' . . ' (tesi di trasformabilità debole). Tuttavia, in fase di programmazione non c'è modo di scrivere la *sub-routine* se non utilizzando una formulazione indicale, dato che – a causa della non onniscienza del programmatore – non è possibile sapere in quale *directory* la *sub-routine* sarà eseguita (senza contare che l'istruzione dovrebbe essere molto più lunga e complessa, cioè una lista di condizioni del tipo: se la *directory* corrente è /D1/ /Dn, allora cerca i dati in /D1/ /Dn-1).

4.4 Indicalità essenziale

L'argomento di Bar-Hillel contro la tesi di trasformabilità forte si basa sostanzialmente sul fatto che esistono circostanze in cui un agente con informazione incompleta sul mondo (e, in particolare, sul contesto di produzione di un enunciato) può non essere capace di trasformare un enunciato indicale che esprime un contenuto in un enunciato non indicale che esprima lo stesso contenuto. Dal punto di vista di una teoria della rappresentazione della conoscenza, tale argomento può essere reso ancora più forte facendo vedere che ci sono casi in cui non è possibile spiegare il modo in cui le credenze di un agente determinano il suo comportamento se non ammettendo che le sue credenze hanno una componente indicale essenziale. È questa la tesi sostenuta da John Perry nell'articolo *The Problem of the Essential Indexical* [81].

Perry vuole dimostrare che gli effetti che certe credenze hanno nel determinare il comportamento non sono assolutamente spiegabili se non si assume che queste credenze abbiano una componente indicale essenziale. In particolare, Perry si riferisce a quelle che egli chiama credenze "di posizionamento" (*locating beliefs*). Una di-

scussione della teoria della credenza che emerge dal lavoro di Perry è fuori dagli scopi di questo lavoro³. Qui mi limiterò a far vedere in che modo molti degli esempi di Perry possano essere rilette come argomenti contro la tesi di trasformabilità forte.

Un primo esempio proposto da Perry è il seguente:

I once followed a trail of sugar on a supermarket floor, pushing my cart down the aisle on one side of a tall counter and back the aisle on the other, seeking the shopper with the torn sack to tell him he was making a mess. With each trip around the counter, the trail became thicker. But I seemed unable to catch up. Finally it dawned on me. I was the shopper I was trying to catch. [81] [pag. 3]

Il cliente del supermercato (Perry stesso, sembra), vedendo una traccia di zucchero lungo le corsie del negozio, si crea la seguente credenza:

Il cliente del supermercato con un sacchetto bucato nel carrello sta lasciando una traccia di zucchero (4.5)

Ciò spiega il successivo comportamento di Perry, cioè seguire la traccia per individuare il cliente e avvisarlo del fatto. A un certo punto Perry smette di seguire la traccia e volge l'attenzione al proprio carrello. Come si spiega questo cambiamento di comportamento? Perry sostiene che esso è spiegabile in termini di cambiamento di credenza. La nuova credenza è:

Io sto lasciando una traccia di zucchero (4.6)

Dal punto di vista di LD, (4.5) e (4.6) esprimono la “stessa” credenza, cioè che John Perry, nella sua veste di cliente del supermercato, sta lasciando una traccia di zucchero. Tuttavia, il passaggio da (4.5) a (4.6) determina un cambiamento di comportamento. Come si spiega questo fatto? Sebbene sia vero che le espressioni “io” e “il cliente del supermercato con un sacchetto bucato nel carrello” denotano la stessa persona, Perry (nella sua veste di filosofo) non riconosce ai due enunciati lo stesso contenuto cognitivo. In altre parole,

3. Un interessante sviluppo delle idee discusse in [81] sulle credenze di posizione si trova nell'articolo *Attitudes De Dicto and De Se* di David Lewis [58].

(4.5) e (4.6) non sono la “stessa” credenza. Come nel caso di Tom Brown, anche in questo caso ci sembra che la mancata equivalenza dei due enunciati sia dovuta al diverso tipo di conoscenza richiesto per l’interpretazione dei due enunciati e al fatto che avere la conoscenza di un tipo non implica automaticamente avere la conoscenza dell’altro tipo.

Un secondo esempio:

Imagine two lost campers who trust the same guidebook but disagree about where they are. If we were to try to characterize the beliefs of these campers without the use of indexicals, it would seem impossible to bring out this disagreement. If, for example, we characterized their beliefs by the set of “eternal sentences”, drawn from the guidebook, they would mark “true”, there is no reason to suppose that the sets would differ. They could mark all of the same sentences “true”, and still disagree in their locating beliefs. [81]
[pag. 5]

L’esempio è volto a mostrare che è possibile spiegare il disaccordo dei due turisti solo se le loro credenze sono espresse in forma indicale. Il loro disaccordo riguarda il contenuto da assegnare all’enunciato “Siamo qui”. Infatti, entrambi credono che questo enunciato sia vero, ma ognuno di essi gli assegna un diverso contenuto. Quello che in questo esempio è rilevante ai fini della nostra discussione è che in LD non ci sarebbe modo di esprimere questo disaccordo. Usando le definizioni di Kaplan, l’enunciato “Siamo qui” non solo avrebbe un contenuto definito, ma questo contenuto sarebbe lo stesso per entrambi i campeggiatori (per esempio, “Tizio e Caio sono in fianco al Lago Gilmore e il monte che vedono davanti è il monte Tallac”). Questa trasformazione tradisce in due sensi la logica degli indicali come sono usati nell’esempio: innanzitutto, come abbiamo visto a proposito di Tom Brown, essa non cattura il fatto che i due campeggiatori potrebbero non sapere la propria posizione (o potrebbero sbagliarsi), per cui ciò che essi intendono con “Siamo qui” non può essere il risultato della trasformazione descritta in LD; in secondo luogo, non cattura il differente contenuto informativo (per i due campeggiatori) dell’enunciato indicale e di quello non indicale, come già succedeva nel caso del cliente del supermercato. Pertanto, l’identità di contenuto tra un enunciato indicale (“Sono qui”) e

un enunciato “eterno” (“Tizio e Caio sono in fianco al Lago Gilmore e il monte che vedono davanti è il monte Tallac”) è sì un passo semanticamente immediato, ma cognitivamente non banale.

Un terzo e ultimo esempio è il seguente:

[...] a professor, who desires to attend a department meeting on time, and believes correctly that it begins at noon, sits motionless in his office at that time. Suddenly he begins to move. What explains his action? A change in belief. He believed all along that the department meeting starts at noon; he came to believe, as he would have put it, that it starts *now*. [81] [pag. 4]

La credenza che l’incontro di dipartimento cominci ‘a mezzogiorno’ e la credenza che esso cominci ‘ora’ non sono la stessa credenza, anche se la seconda fosse intrattenuta dal professore esattamente a mezzogiorno. Dal punto di vista di LD, le due credenze hanno lo stesso contenuto, ma è chiaro che cognitivamente esse esprimono un contenuto molto diverso. E la ragione è che uno potrebbe intrattenere la prima credenza senza intrattenere la seconda, per esempio se il professore non sapesse che è mezzogiorno.

4.5 Quale contesto per gli indicali?

La discussione del problema di Tom Brown, unita a quella degli esempi sull’interazione uomo–computer e sull’indicalità essenziale, ci fornisce materiale per giustificare la tesi secondo cui l’analisi dell’indicalità in base alla nozione di contesto metafisico non è sufficiente a spiegare alcuni aspetti cruciali del ruolo degli indicali (e la loro logica) nel linguaggio ordinario.

Diamo per assodato che, dato un linguaggio indicale, esiste sempre un modo per trasformare ogni espressione di questo linguaggio in un’espressione non indicale dello stesso (o di un altro) linguaggio. Questa è la tesi di trasformabilità debole. La giustificazione di questa tesi è che la trasformazione in questione richiede di dare un valore alle espressioni indicali usate in un certo contesto, cosa che può sempre essere fatta mediante regole come quelle di LD (cfr. § 3.4). Il risultato della trasformazione è un enunciato non indicale che ha le stesse condizioni di verità di un enunciato indicale preso in un certo contesto di produzione. Nei termini di LD, i

due enunciati hanno lo stesso contenuto. Questa corrispondenza di contenuto è illustrata per esempio dall'equazione (4.2).

A questa trasformazione in termini di condizioni di verità, però, non corrisponde sempre una trasformazione in termini di potere espressivo in determinate situazioni comunicative. Come abbiamo visto discutendo il problema di Tom Brown, ci sono molti casi in cui un agente con una limitata conoscenza del mondo non è in grado di sapere se un enunciato indicale e uno eterno hanno effettivamente le stesse condizioni di verità. Questo può manifestarsi in due forme, che abbiamo esemplificato assumendo sia la prospettiva di Tom Brown, sia quella di sua moglie (o di un altro agente che debba esaudire il desiderio di Tom). Se adottiamo il termine di *contenuto metafisico* per intendere l'insieme di condizioni di verità di un enunciato indipendentemente dal loro essere note a un qualsiasi agente e il termine di *contenuto cognitivo* per intendere il contenuto che un certo agente assegna ai propri enunciati, la discussione del problema di Tom Brown può dunque essere vista come la dimostrazione che a un'equivalenza in termini di contenuto metafisico non sempre si accompagna un'equivalenza in termini di contenuto cognitivo. Questa non equivalenza di contenuto cognitivo tra enunciati indicali ed enunciati eterni rispetto a una situazione comunicativa comporta il fallimento di quella che abbiamo chiamato tesi di trasformabilità forte, cioè la tesi secondo cui la trasformazione di un enunciato indicale in uno non indicale equivalente è possibile sempre e senza perdita di informazione.

A me pare che la distinzione tra contenuto metafisico e contenuto cognitivo sia centrale in una spiegazione della logica delle espressioni indicali. Si consideri, per esempio, il seguente scenario⁴. Un tale dice a sua moglie che deve andare una settimana a Sofia per una Scuola Estiva di Scienza Cognitiva, mentre in realtà intende passare una settimana con la sua amante nella propria città (per esempio Trento). Il giorno della partenza (il 20 luglio), egli saluta la moglie dicendo che le telefonerà appena arrivato a destinazione. La sera alle 21 telefona alla moglie, e – siccome non le vuole mentire (strana forma di onestà) – dice: “Ciao, sono qui”. Il contenuto metafisico di

4. L'esempio ci è stato suggerito da Christoph Schlieder durante la seconda European Summer School in Cognitive Science (Sofia, luglio 1996) dopo la presentazione di una versione preliminare degli argomenti esposti in questo capitolo.

questo enunciato è che il parlante è a Trento il giorno 20 luglio 1996 alle ore 21. Tuttavia è chiaro che il contenuto cognitivo che la moglie attribuirà all'enunciato è ben diverso, cioè che il marito è a Sofia il giorno 20 luglio 1996 alle ore 21. L'uomo sa che la moglie assegnerà un contenuto erroneo al suo enunciato, e questo grazie al fatto che sa che la moglie risolverà l'indicale 'qui' in base a credenze errate sul contesto di produzione. L'aspetto interessante di questo scenario è che esso è costruito proprio sull'esempio preferito di Kaplan, cioè l'enunciato "(Io) Sono qui (ora)". Come abbiamo visto, esso è LD-valido, cioè è vero in ogni contesto (cfr. § 3.4). Eppure il marito infedele usa proprio questo enunciato per esprimere una proposizione falsa (e cioè che egli si trova a Sofia il giorno 20 luglio 1996 alle ore 21). Dalla prospettiva metafisica (quella di LD), questo è un non senso. L'enunciato "Sono qui" usato dal marito infedele il giorno 20 luglio 1996 alle ore 21 dice che egli è a Trento il giorno 20 luglio 1996 alle ore 21, dato che l'enunciato è emesso a Trento. Non esiste alcuna possibilità che esso abbia un contenuto (metafisico) diverso in quel contesto. Ma questo dimostra esattamente quello che volevamo sostenere, e cioè che la prospettiva metafisica non è in grado di spiegare un aspetto cruciale della logica delle espressioni indicali. Dalla prospettiva metafisica, fondata sullo studio diretto del legame tra linguaggio e mondo, il significato di un enunciato non può che dipendere dallo stato del mondo rispetto a cui l'enunciato è interpretato. Parte dello stato del mondo è la posizione spazio-temporale e logica dell'agente che produce un certo enunciato. Questa è dunque inclusa tra i fattori da cui il significato dipende. Ma questa analisi non ci spiega, tra le altre cose, come sia possibile che un enunciato venga interpretato nel contesto "sbagliato" (come è il caso della moglie tradita), anzi, non ci permette nemmeno di formulare questa possibilità⁵.

Questa considerazione ci porta al cuore stesso del problema, cioè alla nozione di contesto. Abbiamo detto, infatti, che il contesto è in generale l'insieme dei fattori "di contorno" che integrano l'in-

5. Senza entrare nei dettagli, è possibile trovare esempi simili anche per altre formule LD-valide. Per esempio, per Kaplan l'enunciato "Qui c'è qualcuno" è LD-valido, per cui la sua negazione dovrebbe essere falsa in ogni contesto. Eppure, non è difficile immaginare situazioni concrete in cui l'uso dell'enunciato "Qui non c'è nessuno" ci appare perfettamente legittimo ed è associato a una proposizione vera.

formazione data da una certa espressione linguistica e permettono di stabilirne il contenuto. Nella tradizione modellistica, esemplificata da LD, tali fattori sono identificati con le coordinate del punto di produzione di un enunciato. Ma gli esempi di questo capitolo mostrano che, in termini di coordinate del punto di produzione, non si riesce a spiegare nè la profonda differenza che esiste in termini di potere espressivo (e di contenuto cognitivo) tra enunciati indicali ed enunciati eterni, nè la possibilità che un enunciato indicale sia interpretato nel contesto “sbagliato”. Questi due aspetti sono invece spiegati se si assume che i fattori “di contorno” che integrano l’informazione data da un certo enunciato indicale consistano in informazioni che chi usa (o chi ascolta) l’enunciato ha (o non ha) *sul* punto in cui esso è usato. È questo insieme di informazioni che è usato da un agente per determinare il contenuto di un’espressione indicale in una situazione comunicativa. Ma allora è questo insieme di informazioni che costituisce il contesto di un enunciato, e non il punto di produzione stesso.

Questa nozione di contesto (l’insieme delle informazioni usate da un agente in una certa situazione per interpretare un enunciato) permette di spiegare aspetti dell’uso degli indicali che LD non sembra in grado di catturare:

- la possibilità che un agente non sia in grado di esprimere con un enunciato eterno un contenuto che saprebbe invece esprimere in forma indicale (o viceversa);
- la differenza “essenziale” tra credenze indicali e non indicali (esempi di Perry);
- la possibilità che un agente assegni a un enunciato indicale un contenuto cognitivo che non coincide con il suo contenuto metafisico (come è il caso della moglie nello scenario di Sofia).

La tradizione modellistica fonda la propria spiegazione della dipendenza dal contesto sull’astrazione da ogni aspetto cognitivo (come la limitatezza epistemica). Anche se a ogni contesto è sempre associato un parlante (c_A in LD), esso viene pensato come un mero “produttore” di enunciati, il cui stato cognitivo non gioca alcun ruolo. Questa astrazione spiega, secondo me, la via attraverso cui la

tradizione modellistica è giunta a ridurre il problema della dipendenza dal contesto al problema del trattamento degli indicali: gli indicali sono l'unica categoria di espressioni il cui significato può esser visto come dipendente da fattori "di contorno" di natura extra-cognitiva (le coordinate del punto di produzione). Ma questa astrazione dallo stato cognitivo del parlante spiega anche perchè la tradizione modellistica non riesca a render conto in modo adeguato del ruolo degli indicali nel linguaggio. L'uso di espressioni indicali, infatti, riflette il fatto essenziale che un parlante incorpora un punto di vista, dovuto al suo essere posizionato in un certo punto spazio-temporale e logico e all'avere solo informazione parziale su questo punto e sul mondo in generale. Tom Brown non riesce a comunicare alla moglie il proprio desiderio di avere la colazione a letto in forma non indicale perchè il suo punto di vista non gli permette di dare un valore assoluto alle espressioni indicali che occorrono in (4.1); la moglie potrebbe non essere in grado di interpretare il desiderio di Tom espresso nella forma non indicale (4.1) perchè dal suo punto di vista non ha accesso al fatto che l'ora indicata da Tom coincide con 'ora'; i campeggiatori persi nella foresta sono in disaccordo sul contenuto dell'enunciato "Siamo qui" perchè esso è la manifestazione di due diversi punti di vista; la moglie tradita è ingannata dalla frase del marito perchè dal suo punto di vista non ha accesso alle informazioni sul reale punto di produzione dell'enunciato "Sono qui"; e così via.

Il punto di vista di un agente fa certamente parte del suo stato cognitivo. Pertanto, possiamo dire che la tradizione modellistica incorpora una prospettiva metafisica, che astrae cioè dal ruolo dello stato cognitivo dell'agente a cui è attribuita una certa espressione. Questa scelta ha come conseguenza il fatto che il problema del contesto è ridotto al problema del trattamento delle espressioni indicali, la cui logica è studiata in termini di punto di produzione, cioè di fattori indipendenti dallo stato cognitivo del parlante associato a un contesto. Dal punto di vista di una teoria della rappresentazione della conoscenza, la scelta di una prospettiva metafisica dissolve di fatto il ruolo del contesto. Infatti, il contesto viene introdotto per spiegare la logica degli indicali. Ma, una volta che si sia astratto dallo stato cognitivo del parlante, non si vede per quale ragione una certa informazione dovrebbe essere rappresentata in forma indicale e non in forma eterna. Ignorando lo stato cognitivo degli agenti coin-

volti, la prospettiva metafisica viene di fatto ad appiattare la tesi di trasformabilità forte sulla tesi di trasformabilità debole, supportando la conclusione che ogni contenuto espresso in forma indicale possa essere trasformato – sempre e senza perdita di informazione – in forma non indicale. Ma, almeno finchè si ha a che fare con agenti finiti, le cose non stanno così.

Infine, mi pare importante sottolineare che una spiegazione del fenomeno dell'indicalità in termini di contesto cognitivo ha il vantaggio non trascurabile di porre l'indicalità sullo stesso piano di altri problemi che nelle discipline cognitive vengono riferiti al problema del contesto. Come ho accennato nell'introduzione a questo lavoro, la tradizione cognitiva vede il contesto più come una collezione di assunzioni implicite in base a cui un enunciato viene interpretato. Queste assunzioni implicite definiscono una sorta di *spazio cognitivo*, al cui interno è assegnato un contenuto a un enunciato (o a un insieme di enunciati). Ora, nulla impedisce di pensare che, nel caso di enunciati indicali, parte di queste assunzioni riguardino il punto di produzione di un enunciato. Tuttavia, le possibili assunzioni (e i loro possibili effetti cognitivi) vanno molto al di là di quelle necessarie per spiegare il fenomeno dell'indicalità. Proprio questo sarà l'argomento dei prossimi due capitoli.

5. *La dimensione cognitiva del contesto*

Nel capitolo precedente ho sostenuto che studiare una logica delle espressioni indicali a prescindere dallo stato cognitivo degli agenti coinvolti non permette di rendere conto di un aspetto essenziale del ruolo delle espressioni indicali nel linguaggio ordinario, cioè la differenza che esiste per un agente con limitata conoscenza del mondo tra esprimere un contenuto in forma indicale ed esprimere lo stesso contenuto in forma non indicale. Questa differenza, come sostiene Bar-Hillel, è fondata sul diverso tipo di conoscenza che è richiesto a un agente per interpretare un enunciato indicale e uno non indicale. Ma allora, ogni approccio alla logica degli indicali che prescinda dalla conoscenza necessaria a un agente per assegnare un certo contenuto a un enunciato (indicale o meno) non è in linea di principio adeguata a spiegare questa differenza essenziale tra la parte indicale e la parte non indicale di un linguaggio (in particolare del linguaggio ordinario). Un trattamento adeguato degli indicali deve dunque tener conto di ciò che un agente sa (o non sa) sul punto in cui un certo enunciato (in una determinata occasione) è stato prodotto. In precedenza ho espresso questo fatto dicendo che una logica degli indicali deve tener conto dello spazio cognitivo entro cui un agente assegna un contenuto a un'espressione indicale, spazio definito dall'informazione che questo agente ha (o non ha) sul punto di produzione di un enunciato. La proposta è dunque che questo spazio – e non il punto di produzione stesso – sia pensato come il contesto per l'interpretazione di un'espressione indicale. Questa idea di contesto come spazio cognitivo definito da un certo insieme di assunzioni è esattamente la nozione di contesto che all'inizio ho definito contesto cognitivo. Di conseguenza, ciò che ho detto nel capitolo 4 può essere riletto come

l'affermazione che, almeno finchè si è interessati a fare una teoria della rappresentazione della conoscenza, il contesto di un'espressione indicale può essere pensato come un caso particolare di contesto cognitivo, cioè il caso in cui un enunciato è interpretato in base a una serie di assunzioni sul punto di produzione.

In questo capitolo mi propongo di presentare altri fenomeni che, nella letteratura cognitiva, vengono riferiti alla nozione di contesto come spazio cognitivo. La cosa importante è che si tratta per lo più di fenomeni che non trovano alcuna collocazione nel quadro concettuale di LD o di qualsiasi altra logica in cui il contesto sia pensato come parte dello stato del mondo e non come parte dello stato cognitivo di un agente. Innanzitutto, farò vedere che l'allargamento della classe delle possibili assunzioni associate a uno spazio cognitivo permette di spiegare perchè, almeno potenzialmente, il contenuto di qualsiasi espressione – anche non indicale – possa essere diverso da contesto a contesto (il che mette profondamente in crisi l'idea di una netta distinzione tra parte del linguaggio che dipende in modo essenziale dal contesto e parte che non ne dipende). In secondo luogo, farò vedere che esiste un fenomeno di “localizzazione” del linguaggio rispetto a un contesto, nel senso che a diversi contesti può aver senso associare sottoinsiemi del linguaggio di rappresentazione usato (o addirittura, come propone qualcuno, linguaggi distinti). Infine, farò vedere che il modo stesso in cui un certo stato di cose è rappresentato dipende da una collezione di assunzioni (per esempio, il livello di dettaglio a cui un certo stato di cose è descritto).

5.1 Contesto e contenuto cognitivo

Abbiamo detto che il contenuto cognitivo di un'espressione indicale dipende dall'informazione che un agente ha sulla circostanza di produzione, e che tale informazione costituisce il contesto entro cui un'espressione indicale viene interpretata. Quello che ci proponiamo di mostrare ora è che qualcosa di analogo vale anche per la determinazione del contenuto cognitivo di espressioni che non appartengono alla classe degli indicali.

Riprendiamo un esempio del capitolo 1, cioè l'enunciato:

Holmes è onesto (5.1)

Esso non ha un contenuto definito finchè non si specifichi il contesto a cui è riferito. Infatti, a seconda del contesto, il nome ‘Holmes’ può essere interpretato come riferentesi a diverse persone. Per esempio, nel contesto di un racconto di Conan Doyle, esso verrà riferito al celebre detective Sherlock Holmes protagonista degli omonimi racconti; nel contesto di un servizio giornalistico sul pugilato, esso verrà probabilmente riferito al campione del passato Larry Holmes; nel contesto della storia della giustizia americana, il nome verrà riferito al giudice Holmes della Corte Suprema; e così via. Si osservi che il nome ‘Holmes’, pur avendo un comportamento superficialmente analogo a quello delle espressioni indicali (il suo contenuto varia da contesto a contesto), non dipende per il suo riferimento da informazioni sul punto spazio-temporale e logico in cui è usato¹. Piuttosto, il suo riferimento dipende dalle assunzioni associate allo spazio cognitivo entro cui esso è interpretato.

Un altro esempio è il seguente. L’aggettivo ‘veloce’ può essere usato durante una lezione di geologia per descrivere il movimento di avvicinamento tra le due sponde dell’Adriatico, durante una lezione di fisica per descrivere il movimento di una certa particella e durante una lezione di informatica per descrivere le prestazioni di un processore. Solo in base a una serie di assunzioni implicite è possibile spiegare perchè non ci sia contraddizione nell’usare lo stesso aggettivo per descrivere un movimento di pochi millimetri all’anno, un movimento di milioni di chilometri all’anno e la quantità di informazione che può essere elaborata da un processore in un’unità di tempo.

È interessante osservare che l’interpretazione degli stessi indicali non dipende solo da informazioni sul punto di produzione. Questo vale in almeno due sensi. Consideriamo l’enunciato:

Fa caldo (5.2)

In una LD-struttura, esso – se valutato rispetto a un contesto c – corrisponde alla proposizione che nel luogo c_P al tempo c_T fa caldo. Da questo punto di vista, una volta stabilito il contesto rispetto a

1. A riprova di ciò, non solo (5.1) avrebbe carattere stabile in LD, ma il suo contenuto sarebbe indipendente dal contesto persino in una logica degli indicali di tipo cognitivo.

cui (5.2) è valutato, nessuna ambiguità (o vaghezza) è più possibile. Eppure, è facile osservare che, a seconda del contesto, l'indicale 'qui' può essere interpretato in modi molto diversi, accomunati solo dal fatto che il parlante si trova entro l'area a cui esso si riferisce. Se per esempio due persone sono appena entrate in un bar, (5.2) potrebbe significare che all'interno del bar fa caldo (rispetto a fuori); se però le due persone sono nel bar dell'aeroporto di Los Angeles e una delle due proviene dalla Norvegia, (5.2) potrebbe significare che a Los Angeles (o in California?) fa caldo (rispetto alla Norvegia); e via dicendo. Questo esempio, per inciso, pone anche per gli indicali puri il problema che Bonomi poneva per i sintagmi nominali, cioè quello di determinare la porzione di stato di cose (non solo in senso spaziale) rispetto a cui una certa espressione usata in una certa circostanza va interpretata.

Un secondo senso è proposto da Quentin Smith in [94]. Egli, infatti, fa notare che in diverse circostanze lo stesso indicale può essere usato per riferirsi a oggetti di tipo diverso. Per esempio, nell'enunciato:

Mi fermerò qui (5.3)

l'indicale 'qui' può essere usato da un parlante in una certa occasione per riferirsi al luogo in cui si trova, ma anche per indicare un punto di un discorso o un istante di tempo oltre il quale non intende andare (dove evidentemente il punto del discorso o un istante di tempo sono oggetti di tipo non spaziale).

Gli esempi (5.2) e (5.3) possono dunque essere usati per dimostrare che – nei termini di Kaplan – non solo il contenuto di un indicale è instabile (cfr. Def. 3.4.8), ma anche il suo carattere lo può essere (cfr. Def. 3.4.10), violando uno degli assunti di base di LD². Quello che ritengo interessante è che in generale la variazione di carattere non ha a che vedere con il punto di produzione, nè con l'informazione sul punto di produzione, ma con altre assunzioni relative a ciò che un parlante intende dire.

Il ruolo del contesto in tutti gli esempi che abbiamo fatto in questo paragrafo sembra essere dunque quello di costituire una sorta di

2. Il lavoro di Smith si conclude con la proposta di considerare stabile la meta-regola che fissa il carattere di un'espressione indicale in un certo contesto. Tale meta-regola è chiamata anche meta-carattere e ha la forma del tipo: nel contesto *c*, il riferimento dell'indicale *i* varia su oggetti di tipo *s*.

“cornice” (lo spazio cognitivo, appunto) entro cui viene dato significato a un certo enunciato. Per riassumere questa idea, è interessante leggere la definizione di contesto data da Sperber e Wilson nel libro dal titolo *Relevance. Communication and Cognition*:

The set of premises used in interpreting an utterance [...] constitutes what is generally known as the context. A context is a psychological construct, a subset of the hearer's assumptions about the world. It is these assumptions, of course, rather than the actual state of the world, that affect the interpretation of an utterance. A context in this sense is not limited to the information about the immediate physical environment or the immediately preceding utterances: expectations about the future, scientific hypotheses or religious beliefs, anecdotal memories, general cultural assumptions, beliefs about the mental state of the speaker, may all play a rôle in interpretation. [95][pagg. 15-16]

Il contesto è l'insieme delle premesse che un certo agente utilizza in una certa circostanza per interpretare un determinato enunciato emesso da un certo agente. La differenza tra la nozione di contesto proposta da Sperber e Wilson e quella di contesto metafisico è evidente (anche se chiaramente la comunicazione avviene sempre in un certo luogo e in un certo tempo). Il contesto è visto come l'insieme delle credenze scientifiche, culturali, religiose, delle aspettative, ecc., che costituiscono la cornice, l'orizzonte, entro cui un enunciato viene interpretato. Tutti questi fattori insieme sono indicati da Sperber e Wilson come *assunzioni*, termine che in [95] denota un pensiero che un certo individuo considera alla stregua di una rappresentazione del mondo reale (in questo, perciò, un'assunzione si differenzia da un desiderio o da una finzione). Pertanto, la loro caratterizzazione del contesto può essere parafrasata come segue: il contesto è un insieme di assunzioni che un agente ritiene rilevanti per interpretare un enunciato in una determinata circostanza. Nei nostri termini, l'insieme di quelle che Sperber e Wilson chiamano assunzioni è ciò che determina lo spazio cognitivo (contesto) entro cui un certo enunciato viene interpretato.

5.2 Contesto e linguaggio

Gli esempi del paragrafo precedente estendono a una classe di espressioni molto vasta quello che inizialmente sembrava valere solo per le espressioni indicali, cioè l'esistenza di un legame tra contenuto e contesto. In questo paragrafo mi propongo di discutere una forma di dipendenza contestuale completamente diversa da quelle che abbiamo incontrato finora e che nella tradizione modellistica, a causa dell'astrazione dai fattori di carattere cognitivo, non è presa in considerazione: il legame tra contesto e linguaggio. In particolare, presenteremo alcuni argomenti che, nella tradizione cognitiva, sono stati proposti a sostegno dell'idea che le assunzioni associate a un contesto determinino anche la scelta del linguaggio per rappresentare ciò che è vero in un certo contesto.

Un contesto cognitivo, come abbiamo visto, è uno spazio in cui un certo aspetto del mondo è rappresentato in base a una serie di assunzioni. Il ruolo di queste assunzioni non è solo quello di fornire informazione necessaria per interpretare ciò che viene asserito in quel contesto, ma anche quello di "ritagliare" la porzione di mondo a cui una certa rappresentazione si riferisce³. Questa operazione di suddivisione del mondo in porzioni si riflette nel linguaggio che è usato per descrivere ognuna di queste porzioni. Infatti, una volta ritagliato il pezzo di realtà che corrisponde a un contesto, esso sarà descritto usando un insieme di espressioni che non è identico a quello che verrebbe usato per un altro pezzo di realtà. Una manifestazione molto semplice del tipo di fenomeno a cui ci stiamo riferendo è l'esistenza di diversi "gerghi" (o "linguaggi settoriali"), come il linguaggio scientifico, il linguaggio sportivo, il linguaggio burocratico, il "politichese", . . . , molti dei quali sono a loro volta specializzati in settori ancora più ristretti (per esempio, il gergo calcistico e quello della Formula 1 nell'ambito del linguaggio sportivo). Ognuno di essi descrive una certa porzione di realtà con un proprio vocabolario. Alcune paro-

3. In un certo senso, questo discorso si ricollega con quanto dicevo alla fine del capitolo 3 discutendo la proposta di Bonomi di pensare un contesto come una porzione di uno stato globale di cose. In quella circostanza, avevo suggerito che il "ritagliare" uno stato di cose in porzioni sembra presupporre l'intervento di un agente (o sistema cognitivo), il quale compie questa operazione in base a fini, credenze, aspettative, ecc.; questo mi sembrava indicare una nozione di contesto non tanto come porzione di stato di cose, quanto piuttosto come rappresentazione parziale di uno stato di cose globale.

le sono comuni ai vocabolari di più contesti (per esempio, il termine ‘assist’ appartiene al gergo di molti sport di squadra, come il calcio, la pallavolo, la pallacanestro, ecc.); tuttavia, anche in questi casi, non è detto che la stessa parola abbia lo stesso significato in diversi contesti (per esempio la parola ‘conversione’ nel codice della strada e nella morale religiosa). Come vedremo nella seconda parte, alcuni autori preferiscono mettere l’enfasi su ciò che lega questi linguaggi settoriali e pensarli dunque come sottoinsiemi di un unico linguaggio globale. Altri autori, invece, mettono l’accento sull’autonomia di questi linguaggi e sostengono dunque che si debba parlare di veri e propri linguaggi distinti. Quest’ultima posizione ha delle conseguenze molto significative sulla nozione stessa di linguaggio. Infatti, non solo si mette in crisi l’idea che si possa parlare di una parte del linguaggio come indipendente dal contesto, ma si mette addirittura in crisi l’idea che abbia senso parlare di linguaggio indipendentemente dal contesto in cui è usato.

C’è un secondo aspetto del legame tra linguaggio e contesto che è legato al ruolo degli spazi cognitivi degli agenti a cui una certa rappresentazione linguistica è attribuita. Nella stragrande maggioranza delle formalizzazioni proposte, il linguaggio è pensato come unico. Questa scelta presuppone implicitamente che tutti i parlanti abbiano sostanzialmente la stessa competenza lessicale. Ora, questa astrazione può essere perfettamente giustificata per certi scopi (per esempio, quando uno vuole formalizzare una teoria scientifica), ma lo è meno quando si vuole spiegare in che modo degli agenti usano il linguaggio per ragionare, comunicare, memorizzare informazione, ecc. Consideriamo il caso di LD. Il linguaggio di LD (cfr. Def. 3.4.1 e 3.4.2) è definito come un’unica collezione di simboli che possono essere combinati mediante regole ricorsive. Ogni espressione ben formata viene poi valutata rispetto a tutti gli agenti di una LD-struttura e a ognuna di esse viene assegnato un contenuto, inteso come ciò che essa direbbe qualora fosse emessa da quell’agente. Per esempio, supponiamo di voler valutare l’enunciato:

Io ho la brucellosi (5.4)

in un contesto in cui il parlante sia Fausto e il tempo sia il 21 gennaio 1997. Nella semantica data da Kaplan esso esprimerebbe il fatto che Fausto ha la brucellosi il 21 gennaio 1997; se il parlante fosse Carlo,

esso esprimerebbe il fatto che Carlo ha la brucellosi il 21 gennaio 1997; lo stesso varrebbe per qualunque altro parlante di una LD-struttura. Questa spiegazione, tuttavia, non considera la possibilità che Fausto (o Carlo o chiunque altro) possa non avere la competenza lessicale per esprimere un enunciato come (5.4) e quindi potrebbe non assegnargli alcun contenuto. Il motivo per cui Kaplan non tiene conto di questo fatto è che ogni espressione ha un contenuto metafisico indipendentemente dal fatto che un certo agente abbia o meno la capacità di esprimerlo. Infatti, il problema di Kaplan (e in generale della tradizione modellistica) non è che cosa un agente intende esprimere usando un enunciato in un contesto, quanto piuttosto cosa direbbe un enunciato se fosse emesso da un certo agente in un punto spazio-temporale e logico. Ora, per risolvere questo problema, non serve fare appello nè a ciò che l'agente sa (o non sa) effettivamente esprimere, nè al contenuto cognitivo che egli assegna a ciò che è in grado di esprimere. Tuttavia, tutto ciò diventa estremamente rilevante nel momento in cui ci mettiamo dal punto di vista di una teoria della rappresentazione della conoscenza.

5.3 Contesto e livelli di descrizione

L'esistenza di diversi livelli di descrizione di un certo oggetto o di un certo dominio di discorso è un fatto generalmente riconosciuto sia in filosofia, sia in discipline interessate al problema della rappresentazione mentale. Senza addentrarmi troppo nel problema, farò vedere che esiste un nesso abbastanza semplice tra l'esistenza di questi livelli e il problema del contesto. Allo scopo di presentare questo aspetto in una forma concreta, mi servirò soprattutto di alcuni esempi e di alcune idee sviluppate nel campo della rappresentazione della conoscenza in IA.

I primi modelli della rappresentazione della conoscenza in IA concepivano la conoscenza di un agente come una collezione non strutturata (piatta) di enunciati, scritti usando il vocabolario di un qualche linguaggio formale. Essa costituisce quella che viene chiamata *base di conoscenza* (BC) di un agente. Una BC contiene tutta l'informazione che un agente può utilizzare nel ragionamento per produrre comportamenti intelligenti. Il ragionamento, di conseguenza, è pensato come una manipolazione simbolica degli enunciati in-

clusi nella BC. Questo modello, che Guha [50] è chiamato il “modello tradizionale dell’IA simbolica”, ha mostrato negli anni molti e gravi limiti. In particolare, è stato obiettato che non esiste un’unica possibile rappresentazione della conoscenza che un agente può avere su una porzione di mondo (o dominio). Infatti, questa conoscenza può essere rappresentata a diversi livelli, ognuno dei quali incorpora un diverso insieme di assunzioni. Consideriamo il seguente esempio di Guha [50]. Supponiamo di dover formalizzare la conoscenza (di senso comune) relativa al concetto di acquisto di un oggetto. Essa può essere vista come una relazione a tre posti (Buy X Y Z) tra un compratore, un oggetto e un venditore. Tuttavia, fa notare Guha, già questa scelta presuppone un gran numero di assunzioni:

We decide that to refer to the event of X buying Y from Z we use the term (Buy X Y Z). We realize that this is insufficient, since it cannot distinguish between two separate events involving X buying Y from Z (i.e., if Z sells Y to X then buys Y back from X and sells it to him again, both the first and third transaction will be (Buy X Y Z) and we cannot distinguish between them).

To uniquely identify the sale, we add an extra argument, to represent the time at which the sale took place. So, to refer to X buying Y from Z at time T1, we use the term (Buy X Y Z T1). At first glance, this seems adequate in that it allows us to accurately refer to any particular buying event. However, even this excludes certain phenomena. Consider the following admittedly farfetched situation. Z has engaged two agents (computer programs) to sell Y. Both of these simultaneously make deals with X’s agents (again, computer programs) to sell Y. Here we have two sales of Y to X at the same time and our vocabulary does not allow us to distinguish between them.

We decide that the way out of this problem is to reify the action. Rather than writing (Buy X Y Z), we write $\text{Buying}(\text{Buying01}) \wedge \text{Buyer}(\text{Buying01 X}) \wedge \text{object}(\text{Buying01 Y}) \wedge \text{seller}(\text{Buying01 Z})$. If two simultaneous deals are made between Z and X to buy Y, these will be different buying actions: Buying01 and Buying02. If the price negotiated for Buying01 is p, we write $\text{price}(\text{Buying01})=p$.
[50][pag. 4]

L’esempio procede a far vedere che neanche questa rappresentazione

più complessa permette di tenere in considerazione tutti i possibili casi che uno potrebbe voler trattare. Per esempio, non è detto che il prezzo di un oggetto sia specificabile come un unico importo (potrebbe essere scorporato in più voci). Oppure, nel caso di vendite particolari, la vendita potrebbe includere clausole che vincolano la destinazione della merce venduta (si pensi al caso della vendita di armi); e via dicendo.

Un altro esempio, a cui abbiamo già accennato nel capitolo 1, è quello della formalizzazione della relazione di senso comune ‘essere sopra’. McCarthy [72] lo discute a fondo e proprio in relazione al problema di formalizzare la nozione di contesto. Supponiamo di voler rappresentare il fatto che un oggetto di trova genericamente sopra un altro (*above*) anche se non ci è direttamente sopra (*on*) (sostanzialmente, se i due oggetti appartengono a una pila di oggetti e il primo si trova in una posizione più elevata della pila). Una possibile rappresentazione è la seguente:

$$on(x, y) \supset above(x, y) \quad (5.5)$$

$$above(x, y) \wedge above(y, z) \supset above(x, z) \quad (5.6)$$

Questi due assiomi⁴, che costituiscono quella che McCarthy chiama *Above-Theory* (AT), descrivono la nozione intesa di “essere sopra” a un certo livello di precisione. Infatti, come risulta dalla lunga citazione da [70] riportata nel capitolo 1, essi rappresentano la relazione *above* solo a patto di interpretarli in base ad alcune assunzioni (implicite). Alcune di queste condizioni le abbiamo già discusse (il fatto che gli oggetti siano distinti, che possano essere impilati, ecc.). Qui mi soffererò su un’altra assunzione implicita: che la premessa e la conclusione delle due formule si riferiscano allo stesso istante di tempo. Infatti, consideriamo la situazione descritta nella figura 5.1. Indichiamo con *A*, *B* e *C* i tre cubi. Al tempo *t*₁ vale la relazione *above*(*A*, *B*), al tempo *t*₂ vale la relazione *above*(*B*, *C*), ma in nessuno dei due istanti di tempo vale *above*(*A*, *C*), come richiederebbe la conclusione dell’assioma (5.6).

Il modello non inteso descritto nella figura 5.1 è normalmen-

4. Nella terminologia dell’IA, vengono indicate con il nome di assiomi le formule che sono assunte come vere nella descrizione di un certo dominio.

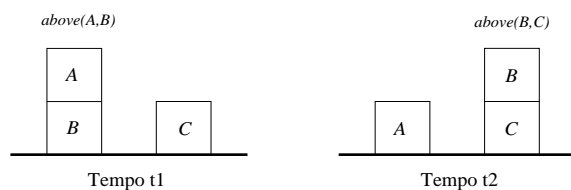


Figura 5.1: Un modello non inteso per la definizione di *above*

te eliminato dall'informazione del contesto. Tuttavia, è chiaro che questa particolare informazione contestuale può essere resa esplicita modificando il livello di descrizione di (5.5) e (5.6), cioè scegliendo delle primitive linguistiche che permettano di esprimere la dipendenza dal tempo. Per esempio, potremmo scegliere di descrivere AT con i seguenti assiomi (che, per distinguerli dalla AT originale, chiameremo AT_t):

$$on(x, y, t) \supset above(x, y, t) \quad (5.7)$$

$$above(x, y, t) \wedge above(y, z, t) \supset above(x, z, t) \quad (5.8)$$

Aggiungendo nuovi parametri ai predicati o aggiungendo nuovi assiomi sarebbe certamente possibile esplicitare anche altre assunzioni implicite. Ognuna di queste aggiunte aumenta la precisione della descrizione, diminuendo così il numero delle assunzioni da cui implicitamente dipende la verità (o l'applicabilità) di una certa rappresentazione.

L'argomento dei livelli di descrizione e del loro legame con le assunzioni implicite di un contesto può essere applicato alla formalizzazione che Kaplan propone in LD per le espressioni indicali. Prendiamo l'esempio principale di Kaplan, cioè l'enunciato:

$$Io\ sono\ qui\ ora \quad (5.9)$$

Kaplan lo rappresenta con la formula:

$$N(Located(I, Here)) \quad (5.10)$$

La semantica di LD ci fa vedere che il contenuto di (5.10) dipende dal contesto di produzione, nel senso che tempo, luogo e parlante

del contesto vanno a fornire un valore ai parametri indicali ‘ora’, ‘io’ e ‘qui’. Le osservazioni che abbiamo fatto nel capitolo 4 permettono di dire che il valore degli indicali dipende dal contesto nel senso che dipendono dall’informazione che il parlante (o l’ascoltatore) ha sul contesto. La forma di dipendenza dal contesto discussa da Guha e McCarthy permette di pensare di rappresentare (5.9) in una forma più semplice, trasferendo al contesto il fatto stesso che esso si riferisca al parlante e al tempo di produzione, per esempio con la formula:

$$\textit{Located}(\textit{Here}) \quad (5.11)$$

Naturalmente, una formalizzazione di un enunciato indicale come (5.11) richiede un meccanismo logico che permetta – all’occorrenza – due livelli di decontestualizzazione:

- il primo deve permettere di rendere espliciti i parametri da cui il significato di (5.11) dipende;
- il secondo deve permettere di determinare il valore di questi parametri (qualora l’agente a cui (5.11) è attribuita abbia informazione sufficiente).

Il primo punto ha un’ulteriore conseguenza sulla formalizzazione di Kaplan. Non solo (come diceva Smith) il carattere di un’espressione indicale può essere variabile e deve dunque essere fissato da una sorta di meta-regola (cfr. § 5.1), ma esso può addirittura essere implicito in una certa formulazione linguistica. Infatti, esempi come (5.11) mostrano che il contesto non fornisce solo informazione sulla posizione spazio-temporale e logica in cui un enunciato è prodotto, ma anche su quali sono i parametri da cui una certa espressione dipende. Questa informazione può essere puramente linguistica (come sostiene Kaplan) nei casi degli indicali, mentre non sembra tale in casi come quello di AT.

Due osservazioni finali. Innanzitutto è interessante notare che il passaggio da un livello di descrizione a un altro spesso richiede di adottare un diverso vocabolario logico (per esempio, i predicati binari *on* e *above* sono sostituiti da due predicati ternari). La seconda osservazione è che non sembra esserci un criterio assoluto per dire quale rappresentazione di un certo concetto sia quella “giusta”. Ogni rappresentazione, infatti, è adeguata in certi contesti. In un contesto

in cui non sia rilevante il venditore, è perfettamente plausibile che un agente utilizzi una rappresentazione molto semplice del concetto di acquisto; d'altra parte, è anche importante che questo agente sia in grado di rendere esplicita l'assunzione implicita che ogni oggetto acquistato deve avere un venditore, perchè questo gli permette ad esempio di rispondere alla domanda "Da chi hai comprato la macchina?". Discorsi analoghi valgono per AT e per "Sono qui". Ma questa discussione ci introduce in un altro aspetto del contesto, quello del cosiddetto ragionamento contestuale.

6. *Il ragionamento contestuale*

Abbiamo visto che il contenuto di una rappresentazione, anche di quella apparentemente più “oggettiva”, può dipendere da una collezione di assunzioni che costituiscono il contesto in cui essa è interpretata. Di conseguenza, non si può parlare di significato *tout court* di un certo enunciato, ma bisogna parlare del significato di un enunciato in un contesto. Questo fatto era già stato riconosciuto da Bar-Hillel, il quale aveva sostenuto che gli oggetti fondamentali di una logica del linguaggio ordinario non sono gli enunciati, ma le asserzioni (cioè coppie contesto–enunciato). Come conseguenza di quanto detto nel capitolo precedente, questo è vero in un senso molto più generale di quanto pensava Bar-Hillel. Infatti, da un lato il contesto non è essenziale solo per quanto riguarda gli enunciati indicali, ma per ogni enunciato del linguaggio; dall’altro, non riguarda solo la logica del linguaggio ordinario, ma ogni teoria della rappresentazione della conoscenza. Il problema che voglio brevemente sollevare in questo capitolo è il seguente: quali sono (intuitivamente) le relazioni tra asserzioni che una logica del contesto dovrebbe formalizzare?

Una prima ricognizione del problema permette di isolare due sotto casi. Se indichiamo con la scrittura $c : \Phi$ il fatto che l’enunciato Φ è asserito nel contesto c , il primo caso riguarda la relazione che esiste tra asserzioni del tipo $c : \Phi_1, \dots, c : \Phi_n$, cioè tra asserzioni il cui contesto è unico. Il secondo riguarda la relazione che esiste tra asserzioni del tipo $c_1 : \Phi_1, \dots, c_n : \Phi_n$, cioè tra asserzioni il cui contesto è diverso. Per distinguere terminologicamente i due sotto problemi, parlerò nel primo caso di problema del *ragionamento intra-contestuale* e nel secondo di problema del *ragionamento inter-contestuale*.

6.1 Ragionamento intra-contestuale

Il problema del ragionamento intra-contestuale può essere riformulato come segue: quale uso è lecito fare nel ragionamento di enunciati asseriti nello stesso contesto¹?

Un'idea molto comune tra coloro che si sono occupati di ragionamento contestuale è che gli enunciati asseriti in un singolo contesto costituiscano una sorta di teoria e che quindi la relazione che esiste tra gli enunciati appartenenti a un singolo contesto sia la stessa relazione che esiste tra gli enunciati di una teoria logica tradizionale. La differenza tra un contesto e una teoria tradizionale è che i contenuti di un contesto dipendono tutti da una o più assunzioni implicite, cioè le assunzioni associate allo spazio cognitivo corrispondente al contesto in questione. Questa intuizione è stata sviluppata e formalizzata in modi molto diversi, alcuni dei quali saranno oggetto dei capitoli 7, 8 e 9. Qui mi limito a riportare il modo in cui Guha propone questa intuizione, suggerendo al tempo stesso una classificazione dei possibili contesti:

Contexts can be used as a means for referring to a group of related assertions (closed under entailment) about which something can be said. Such a group of assertions might form:

- (a) a theory of some topic, *e.g.* a theory of mechanics, a theory of the weather in winter, a theory of what to look for when buying cars, etc. Contexts used in this sense are called “Microtheories” (Mts) [...] Different microtheories make different assumptions and simplifications about the world with contexts providing a mechanism for recording and reasoning about these assumptions. For any given topic, there may be different microtheories of that topic, at varying levels of detail and generality. Microtheories are usually large and long lived.
- (b) a representation (of some situation) that is tailored for the problem it was set up to solve, *e.g.* a model of a Christmas tree as a perfect cone [...], a model of an object as

1. Nella letteratura nozioni vicine a quella di ragionamento intra-contestuale sono trattate sotto vari nomi: Dinsmore parla di *parochial reasoning* [28]; McCarthy, Guha e Buvac di *reasoning in a context* [50, 72], Giunchiglia *local reasoning* [41]. Qui ho scelto di usare un termine neutro come ragionamento intra-contestuale, poiché i termini citati corrispondono a intuizioni di fondo diverse, mentre a questo livello il mio discorso cercherà di essere il più generale possibile.

a point mass for determining its trajectory, etc. Contexts specific to a particular problem solving task are called Problem Solving Contexts (PCSs) [...] These contexts are usually created dynamically by the system and are ephemeral.

- (c) a “very slightly decontextualized” representation of utterances made in a discourse, *e.g.* a representation that retains anaphoric and indefinite references in an utterance [...] Such contexts are called Utterance Contexts (UCs). These are also often short lived and small. [50] [pp. 49-50]

Come è suggerito dall’accenno di Guha alla nozione di chiusura sotto la relazione di conseguenza logica (*closure under entailment*), il fatto che più enunciati appartengano allo stesso contesto sembra suggerire che enunciati appartenenti allo stesso contesto possano essere utilizzati per inferire nuova informazione all’interno di quello stesso contesto. Supponiamo che nel contesto delle storie di Sherlock Holmes siano asseriti (tra gli altri) i seguenti enunciati:

L’assistente di Holmes abita con Holmes (6.1)

Watson è l’assistente di Holmes (6.2)

Se pensiamo un contesto come una teoria tradizionale, da essi potremmo inferire l’enunciato:

Watson abita con Holmes (6.3)

Il ragionamento è avvenuto, per così dire, nello stesso contesto, dato che le premesse (cioè i due enunciati(6.1) e (6.2)) e le conclusioni del ragionamento appartengono tutte al contesto delle storie di Sherlock Holmes. Si noti che l’appartenenza allo stesso contesto è essenziale per la correttezza del ragionamento. Se infatti (6.1) fosse riferita al contesto del pugilato (cioè, se il suo contenuto fosse che Watson è l’assistente del pugile Larry Holmes), la conclusione (6.3) non sarebbe intuitivamente giustificata. Solo grazie al fatto che le due premesse sono asserite nello stesso contesto è possibile utilizzarle per concludere (6.3). Un discorso analogo vale poi per la conclusione: la sua correttezza è intuitivamente ristretta al contesto in cui è stata tratta. Se infatti tentassimo di “esportare” (6.3) nel contesto del pugilato, otterremmo qualcosa di non giustificato.

Prima di passare a qualche esempio specifico di problemi rispetto ai quali la nozione di ragionamento intra-contestuale sembra importante, osserviamo che l'idea della chiusura sotto la relazione di conseguenza logica non deve portare a pensare che la relazione di conseguenza logica sia necessariamente la stessa in ogni contesto. A seconda delle assunzioni in base a cui un dominio è rappresentato, può succedere che in un contesto vengano tratte delle conclusioni che in altri contesti non sarebbero considerate legittime. Supponiamo, per esempio, di dover prendere il treno da Trento a Genova e di consultare a tale scopo un orario ferroviario. Se l'orario riporta due treni nella fascia oraria che ci interessa, è perfettamente legittimo concludere che non ci sono altri treni in quella fascia oraria che colleghino Trento a Genova. Questa conclusione si basa sull'assunzione (implicita) che l'orario ferroviario riporti *tutti* i collegamenti esistenti. Questo ci permette di concludere che un collegamento ferroviario tra due città esiste se e solo se esso è riportato sull'orario. Ma questo tipo di ragionamento congetturale (basato su quella che viene chiamata *assunzione del mondo chiuso*) non è in generale applicabile ad altri domini, neanche se apparentemente molto simili a quello di un orario ferroviario. Supponiamo per esempio di voler telefonare a Romano Prodi. È prevedibile che sull'elenco telefonico di Roma (o di Bologna) non ci sia alcun Romano Prodi. Tuttavia questo non ci autorizza a concludere che Prodi non ha il telefono. Infatti, fa parte di ciò che ognuno deve sapere sul servizio telefonico il fatto che l'elenco non riporta tutti i numeri di telefono esistenti; in particolare, non riporta il numero di personaggi famosi che abbiamo chiesto di non essere inclusi nell'elenco (presumibilmente per ragioni di sicurezza). Inoltre, in molti casi il numero di una famiglia è riportato sull'elenco sotto il cognome della moglie o di qualche altro parente. Per queste ragioni, applicare lo stesso schema di ragionamento congetturale nel contesto della ricerca di un collegamento ferroviario e nel contesto della ricerca di un numero telefonico non è corretto. In breve, anche gli schemi di ragionamento possono essere corretti o meno a seconda del contesto.

Per dare un'idea generale della portata dell'idea di ragionamento intra-contestuale, consideriamo in breve tre importanti problemi nella cui soluzione essa sembra poter avere un ruolo importante.

Esempio 1: atteggiamenti proposizionali

Il problema della logica dei cosiddetti atteggiamenti proposizionali è troppo vasto per poter essere riassunto in poche righe. Qui mi limiterò dunque a qualche accenno su uno dei principali rompicapo di tale logica, ovvero il problema dell'*opacità referenziale*².

Uno dei principi logici più generali è il cosiddetto *principio di sostitutività*. Esso, tradizionalmente fatto risalire a Leibniz (almeno nella sua formulazione più accettata), dice che due espressioni con lo stesso riferimento possono essere sostituite l'una all'altra in qualunque enunciato *salva veritate*, cioè senza produrre nessun effetto sul valore di verità dell'enunciato stesso. Un esempio ormai classico, dovuto a Frege [31], è il seguente. Consideriamo l'enunciato:

La stella del mattino è luminosa (6.4)

Poichè le due descrizioni 'la stella del mattino' e 'la stella della sera' si riferiscono allo stesso oggetto (il pianeta Venere), il principio di sostitutività permette di concludere che le due descrizioni sono intercambiabili. Perciò, dato (6.4), siamo giustificati a sostituire la descrizione 'la stella del mattino' con la descrizione 'la stella della sera' e ottenere l'enunciato:

La stella della sera è luminosa (6.5)

con le stesse condizioni di verità di quello di partenza. Il problema è che l'applicabilità di questo principio non è più garantita qualora si abbia a che fare con enunciati che rappresentano atteggiamenti proposizionali. Immaginiamo infatti di sostituire la premessa (6.4) con l'enunciato:

Carlo crede che [la stella del mattino sia luminosa] (6.6)

L'applicazione del principio di sostitutività produrrebbe l'enunciato:

Carlo crede che [la stella della sera sia luminosa] (6.7)

Nonostante continui a valere l'identità di riferimento tra le due descrizioni, la verità di (6.6) non garantisce affatto la verità di (6.7).

2. Per un'introduzione recente in Italiano a tale problema in relazione al problema del significato, si veda [32].

Infatti, è possibile che (6.6) sia vero e che (6.7) sia falso. La ragione intuitiva sta nel fatto che non è detto che Carlo sia a conoscenza del fatto che ‘la stella del mattino’ e ‘la stella della sera’ siano lo stesso oggetto. Affinchè l’inferenza da (6.6) a (6.7) sia garantita, avremmo bisogno di un’ulteriore premessa, cioè che Carlo creda che le due descrizioni si riferiscono allo stesso oggetto.

Posta la questione in questi termini, non è difficile vedere il nesso tra il problema degli atteggiamenti proposizionali e la nozione di ragionamento intra-contestuale³. Infatti, l’operatore proposizionale “Carlo crede che [...]” si comporta come un’assunzione implicita da cui dipende tutto quello che può venir messo al posto dei puntini, esattamente come nel caso dell’operatore “Nelle storie di Sherlock Holmes [...]”. Se le cose stanno così, l’applicabilità o meno del principio di sostitutività può essere definita in termini di ragionamento intra-contestuale: il principio è applicabile se esso richiede un processo di ragionamento intra-contestuale, altrimenti la sua applicabilità è indeterminata⁴.

Esempio 2: la comunicazione

Nel § 5.1 ho accennato al nesso tra comunicazione e contesto. In particolare, citando il lavoro di Sperber e Wilson sul problema della rilevanza, abbiamo visto che il contesto è l’insieme delle assunzioni che un agente usa per interpretare gli enunciati di un parlante in una certa occasione. Anche questo problema ha dei legami con l’idea di ragionamento intra-contestuale. Infatti, dire che ogni interlocutore durante uno scambio comunicativo interpreta un enunciato utilizzando un certo insieme di assunzioni significa che il contenuto è determinato in base all’informazione che egli associa al contesto di quello scambio comunicativo.

Sul fatto che uno scambio comunicativo non avvenga *in vacuo*

3. Come vedremo, almeno i lavori di Dinsmore e di Giunchiglia sulla nozione di contesto pongono esplicitamente questo nesso e si propongono come una soluzione alternativa a quella della logica modale. Cfr. cap. 7 e 9.

4. Vale la pena di ricordare che a simili conclusioni, sebbene in un quadro concettuale diverso, giunge anche Bonomi in [6]. Anch’egli, infatti, ritiene che una spiegazione adeguata della logica degli atteggiamenti proposizionali debba passare attraverso il riconoscimento del ruolo degli spazi cognitivi (o epistemici) degli agenti coinvolti. Sul lavoro di Bonomi ritorneremo nell’appendice B.

c'è accordo pressochè generale tra coloro che si occupano di problemi della comunicazione dal punto di vista psicologico⁵. È interessante notare che questa idea è stata sviluppata anche da un'ottica filosofica per spiegare come avviene la comprensione tra due o più parlanti. Un interessante contributo è il ben noto articolo di Davidson dal titolo *A nice derangement of epitaphs* [27]. Davidson propone di pensare che durante uno scambio comunicativo il parlante e l'ascoltatore usino ognuno due teorie. Esse sono la *teoria anteriore* (o *prior theory*) e la *teoria transitoria* (o *passing theory*). Esse sono così caratterizzate:

For the hearer, the prior theory expresses how he is prepared in advance to interpret an utterance of the speaker, while the passing theory is how he *does* interpret the utterance. For the speaker, the prior theory is what he *believes* the interpreter's prior theory to be, while his passing theory is the theory he *intends* the interpreter to use. [27][pag. 442]

La situazione descritta da Davidson è la seguente. L'ascoltatore ha una teoria anteriore (TA_A) che contiene informazione che – prima di iniziare una conversazione con un certo parlante in una certa circostanza – egli ritiene rilevante per interpretare ciò che l'interlocutore dirà. È importante sottolineare che in generale un agente avrà una diversa TA_A per diversi possibili parlanti e addirittura per lo stesso parlante in due occasioni diverse. Un esempio banale di TA_A potrebbe essere una teoria del tipo: ogni enunciato che Tizio dirà ha lo stesso significato che *mutatis mutandis* io attribuirei allo stesso enunciato. Anche il parlante ha una teoria anteriore (TA_P), la quale contiene le credenze del parlante sulla TA_A . Secondo Davidson, infatti, quando un agente si rivolge a un altro agente, lo fa sempre in base ad aspettative su come sarà interpretato ciò che dirà. Naturalmente va da sè che TA_P potrebbe non essere corretta, cioè che il parlante potrebbe avere delle aspettative errate su come le sue parole saranno interpretate dall'ascoltatore. Quando il parlante dice qualcosa, l'ascoltatore interpreta questo qualcosa in quella che Davidson chiama la teoria transitoria dell'ascoltatore (TT_A). Essa può essere differente dalla TA_A perchè la conversazione può portare l'ascoltatore a modi-

5. Per un riferimento manualistico in Italiano, si veda [88].

ficare le proprie aspettative sul significato da attribuire alle parole del parlante. Nel titolo dell'articolo, per esempio, Davidson allude alla figura di Mrs. Malaprop⁶, la quale usa la parola 'epitaffio' al posto della parola 'epiteto'; quando l'ascoltatore realizza questo fatto, egli aggiusta la TT_A (rispetto alla TA_A) con una regola del tipo: ogni volta che Mrs. Malaprop usa la parola 'epitaffio' intende riferirsi a quello che io chiamo 'epiteto'. Infine, la teoria transitoria del parlante (TT_P) è la teoria che il parlante vuole che l'ascoltatore usi per interpretare le proprie parole. Questo non significa che un parlante, in una conversazione, possa usare una TT_P arbitraria (quella che Davidson chiamerebbe una versione alla Humpty Dumpty della teoria del significato), ma che il parlante può far capire all'ascoltatore – mediante opportune mosse linguistiche – che una certa parola va intesa in un certo modo (in quella conversazione). Se si accetta l'analisi di Davidson, la comprensione è tanto maggior quanto più sono vicine la TT_A e la TT_P , cioè quanto si è vicini al caso in cui l'ascoltatore interpreta le parole del parlante nel modo in cui quest'ultimo intende che esse siano interpretate.

Ho discusso in un certo dettaglio il modello di comunicazione proposto da Davidson allo scopo di far vedere in che senso il contesto, inteso come spazio cognitivo definito da una collezione di assunzioni, giochi un ruolo decisivo nella comunicazione. Dal mio punto di vista, infatti, ognuna delle teorie menzionate da Davidson può essere vista come un contesto, entro cui valgono – *localmente e temporaneamente* – le regole di interpretazione di ciò che degli agenti dicono (o ascoltano) in una determinata conversazione.

Quanto sia importante (ma anche problematico) il ruolo del contesto nell'interpretazione è mostrato da un semplice esempio di Sperber e Wilson [95]. Esso mette in evidenza i fraintendimenti che possono avvenire quando si verifica uno scarto tra ciò che un parlante P voleva dire e ciò che un ascoltatore A effettivamente capisce. Supponiamo che, al termine di una cena, A chieda a P se vuole una tazza di caffè e che P risponda:

Il caffè mi terrebbe sveglio (6.8)

6. Mrs. Malaprop è un personaggio di *Alice nel paese delle meraviglie* di Lewis Carroll. Il nome deriva dalla parola inglese "malapropism", cioè l'errore in cui si incorre quando si usa una parola al posto di un'altra con un suono simile.

Data la situazione (dopo cena), è legittimo aspettarsi che A intenda (6.8) come un rifiuto (qualcosa di equivalente alla frase: “Dato che devo andare a dormire, non prenderò il caffè, poichè mi terrebbe sveglio”). Tuttavia, possiamo immaginare che P in realtà abbia l’intenzione di lavorare tutta la notte, e che la sua risposta volesse quindi essere positiva (qualcosa di equivalente alla frase: “Dato che è sera tardi e devo lavorare, accetterò il caffè, poichè mi terrebbe sveglio”). In questo caso il fraintendimento avviene perchè A ha interpretato P in un contesto diverso da quello inteso da P (nei termini di Davidson, l’ascoltatore ha usato una TT_A diversa dalla TT_P).

Esempio 3: la soluzione di problemi

L’idea del ragionamento intra-contestuale sembra particolarmente interessante rispetto alla formalizzazione del processo di ragionamento mediante cui un agente risolve problemi. Molte evidenze sperimentali, infatti, tendono a supportare l’idea che tale ragionamento avvenga in un contesto, cioè in uno “spazio cognitivo” in cui un agente utilizza quella porzione della propria conoscenza sul mondo che gli sembra rilevante per il problema in questione. Una formulazione molto chiara dell’idea di contesto come l’insieme di tutte e sole le entità (cognitive) che sono effettivamente utilizzate durante uno specifico processo di ragionamento si trova nell’articolo *A Dynamic Approach to Context Modelling* [53] di Boicho Kokinov:

*Context is the set of all entities that influence human (or system’s) cognitive behaviour on a particular occasion. [...] There are many things in the universe that do not influence human behaviour in a particular moment and only very few that do influence it. Moreover, different people will be influenced by different elements of the same environment. So, all the entities in the environment which do influence human behaviour are *internally represented* and it is the representation which actually influence the behaviour [...] That is why context is considered as a ‘state of the mind’ of the cognitive system. [53] [p. 200]*

Per dare un’idea più concreta del fenomeno a cui si riferisce Kokinov, anticipo parte dell’esempio che sarà lungamente discusso e formalizzato nell’appendice A (mi riferirò a tale problema come

il problema GLM⁷). Immaginiamo di dover pianificare un viaggio da Glasgow a Mosca. In termini molto astratti, fare un piano significa partire dalla rappresentazione di una certa situazione (quella, per esempio, in cui il viaggiatore si trova a Glasgow) e individuare una sequenza di azioni tale che la sua esecuzione produca una nuova situazione in cui una o più condizioni finali siano soddisfatte (per esempio, il viaggiatore è a Mosca). Supponiamo di sapere che esiste un volo da Glasgow a Londra, il quale permette la coincidenza con un volo per Mosca. Un possibile piano per risolvere il problema GLM è il seguente: acquistare un biglietto Glasgow-Mosca, prendere il volo Glasgow-Londra e infine prendere il volo Londra-Mosca. Questo piano permette di inferire che, nella situazione generata dall'esecuzione dell'ultima azione, il viaggiatore avrà raggiunto il suo obiettivo (essere a Mosca). Pertanto il piano risolve il problema. O no?

Se consideriamo più da vicino il ragionamento che ho descritto, è evidente che esso fornisce una rappresentazione del problema estremamente semplificata. Infatti, la situazione iniziale (indicata nel seguito con S_0) è descritta esclusivamente in base alla posizione del viaggiatore, al fatto che egli non ha il biglietto e all'esistenza dei due voli. In base a questa descrizione, l'azione di comprare il biglietto produce una nuova situazione S_1 in cui il viaggiatore ha il biglietto ed è a Glasgow; l'azione di prendere il volo Glasgow-Londra produce una situazione S_2 in cui il viaggiatore è a Londra e ha ancora il biglietto; infine, l'azione di prendere il volo Londra-Mosca produce una situazione S_3 in cui il viaggiatore non ha più il biglietto ed è a Mosca. La "bontà" del piano dipende in modo essenziale dall'assunzione che nulla di rilevante è stato omissso. Per esempio, la soluzione al problema GLM descritta sopra presuppone che il viaggiatore non abbia problemi di soldi; e tuttavia è chiaro che aggiungere alla descrizione di S_0 il fatto che il viaggiatore non ha denaro sufficiente a comprare il biglietto basta a invalidare la conclusione che il piano avrà successo. Analogamente, il piano proposto dà per scontato che il viaggiatore sia vestito; e tuttavia, aggiungere l'informazione che

7. Questo esempio, originariamente proposto da McCarthy in [71], è stato ripreso e generalizzato in [9, 46]. Nello studio del ragionamento su azioni in IA, esso viene classificato come caso di *proiezione temporale*, in cui il problema è quello di inferire come sarà il mondo dopo l'esecuzione da parte di un agente di una certa sequenza di azioni.

all'aeroporto di Londra il viaggiatore viene derubato dei suoi vestiti nella toilette rende problematica l'esecuzione dell'azione di prendere il volo Londra-Mosca. Queste osservazioni non significano che il piano descritto sia "sbagliato". Tuttavia, esse suggeriscono che il piano dipende da una serie di assunzioni su ciò che è rilevante ai fini di andare in aereo da Glasgow a Mosca. Se, invece di porre il problema nei termini generali in cui l'abbiamo posto all'inizio, avessimo detto che il viaggiatore è un detenuto delle carceri di Sua Maestà britannica, probabilmente avremmo prodotto una descrizione della situazione iniziale diversa, in cui lo status del viaggiatore avrebbe giocato un ruolo importante. Inoltre, questo avrebbe richiesto di considerare informazione (per esempio, quella relativa allo status di detenuto) che nel piano precedente non era nemmeno stata presa in considerazione (nei termini di Kokinov, non apparteneva all'insieme delle entità che influenzavano il ragionamento in quella particolare occasione).

Il meccanismo cognitivo che abbiamo cercato di descrivere con questo esempio può essere generalizzato come segue: ogni problema è risolto in un contesto, in cui solo una parte della conoscenza potenzialmente disponibile è effettivamente utilizzata da un agente, e questo in base ad assunzioni su ciò che è rilevante e ciò che non lo è. Questo meccanismo (con tutte le sue conseguenze sul piano logico) è stato affrontato da vari autori e da diversi punti di vista. Ciò che tutti questi approcci hanno in comune è l'idea che ogni problema è affrontato (ed eventualmente risolto) in uno "spazio cognitivo" (chiamato per esempio *mental space* da Fauconnier [29] e Dinsmore [28], *problem solving context* da Guha [50], McCarthy [72] e Giunchiglia [39], *working space context* da Giunchiglia e Bouquet [9, 46]), il quale contiene una rappresentazione (parziale) del mondo e quella parte della propria conoscenza che un agente ritiene rilevante per quel problema.

6.2 Ragionamento inter-contestuale

Il secondo aspetto del ragionamento contestuale è quello che riguarda enunciati asseriti in contesti diversi. Una parte di questo problema, quella cioè relativa alle espressioni indicali, è posta anche da Bar-Hillel nella sua breve nota *Can indexical sentences stand in logical*

relations? [3]. In polemica con Castañeda [18], Bar-Hillel sostiene che non ha senso parlare di relazioni logiche tra enunciati indicali:

[W]ith respect to ordinary language, logical relations hold primarily between statements, derivatively between the non-indexical (context-independent) sentences that can be used to make them, but not at all, in any nontrivial sense, between indexical sentences. [3]

Ciò che Bar-Hillel intende sostenere è che un enunciato il cui contenuto dipende dal contesto (il che, nella tradizione modellistica, significa un enunciato indicale) non può essere messo direttamente in relazione con un altro enunciato indicale, per la semplice ragione che un enunciato indicale – separato dal contesto – non esprime alcun contenuto determinato. Per questo, nel passo citato, Bar-Hillel afferma che relazioni logiche esistono solo tra asserzioni, cioè tra oggetti del tipo $c : \Phi$. Per esempio, dice Bar-Hillel, alcune asserzioni che possono essere fatte mediante l'enunciato:

Bar-Hillel è più vecchio di me (6.9)

possono implicare alcune asserzioni che possono essere fatte mediante l'enunciato:

Io non sono più vecchio di Bar-Hillel (6.10)

(per esempio, in tutti i contesti c_1 e c_2 tali che $c_1_A = c_2_A$, cioè hanno lo stesso parlante), oppure possono implicare alcune asserzioni che possono essere fatte mediante l'enunciato:

Tu non sei più vecchio di Bar-Hillel (6.11)

(per esempio, quando il 'tu' è riferito a un parlante che ha usato (6.9)), ma non avrebbe alcun senso dire che l'enunciato indicale (6.9) implica gli enunciati (6.10) e (6.11).

L'esempio di Bar-Hillel è un caso di ragionamento che coinvolge informazione appartenente a contesti diversi. Infatti, l'esistenza di una relazione tra le asserzioni (6.9) e (6.10) si basa in modo essenziale sulla relazione che esiste tra i fattori contestuali in cui i due enunciati sono asseriti. Nel seguito di questo capitolo illustreremo brevemente due esempi di ragionamento inter-contestuale.

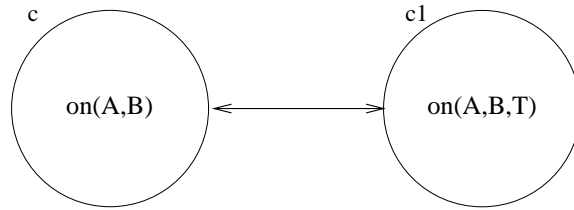


Figura 6.1: Legami tra differenti versioni della Above-Theory

Diverse rappresentazioni dello stesso fatto

Nel § 5.3 abbiamo discusso alcuni esempi molto semplici di casi in cui lo “stesso” fatto può essere rappresentato in modi diversi a seconda delle assunzioni legate a un contesto. Queste rappresentazioni non sono scorrelate, anzi, spesso la soluzione di un problema richiede la capacità di passare dall’una all’altra. Gli esempi di Bar-Hillel discussi poco sopra possono essere letti in questa luce. Supponiamo infatti che un agente P dica (6.9) ad A . Se A volesse ripetere a P quello che gli è appena stato detto, dovrebbe essere capace di trasformare (6.9) in (6.11); se invece A volesse riportare quanto gli ha detto P a un terzo agente, dovrebbe usare un enunciato come:

$$P \text{ non è più vecchio di Bar-Hillel} \quad (6.12)$$

Questo fenomeno è estremamente comune. Basti pensare alla rappresentazione da punti di vista diversi: ciò che è a destra per un agente al tempo t può essere a sinistra al tempo $t1$ se l’agente si è spostato. Durante un viaggio, una città che prima era a sud del punto in cui si trova un viaggiatore dopo un po’ è a nord (se il viaggio è verso sud, ovviamente). Un giorno che al tempo t è indicato come ‘domani’ viene indicato con ‘ieri’ dopo due giorni. L’esistenza di nessi tra enunciati asseriti in diversi contesti non riguarda ovviamente solo gli enunciati indicali. Riprendendo l’esempio di AT, se immaginiamo che un contesto c descriva la posizione di due oggetti A e B al tempo T e che il contesto $c1$ descriva esplicitamente il tempo rispetto a cui la posizione dei blocchi è data, è chiaro che dovrà esistere una qualche relazione tra l’asserzione $c : on(A, B)$ e $c1 : on(A, B, T)$. Graficamente, la stessa idea può essere rappresentata come nella fi-

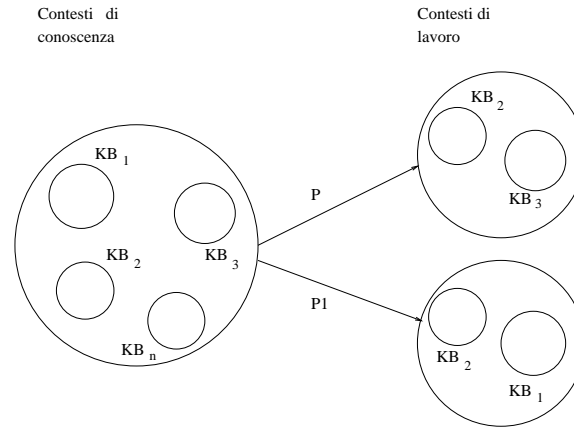


Figura 6.2: Costruzione di contesti di lavoro

gura 6.1, in cui i due cerchi rappresentano i due contesti c e $c1$, in cui sono asseriti i due enunciati $on(A, B)$ e $on(A, B, T)$ rispettivamente.

La costruzione di un contesto di lavoro

Una diversa forma di ragionamento inter-contestuale è rappresentata dalla capacità di riunire informazione di più contesti per risolvere problemi complessi. Torniamo al problema GLM, riguardante la costruzione di un piano di viaggio da Glasgow a Mosca. Sopra ho detto che la ricerca di una soluzione al problema avviene in un contesto in cui un agente utilizza solo quella parte della propria conoscenza che è ritenuta rilevante. Questa parte di conoscenza effettivamente utilizzata per risolvere uno specifico problema è quello che, seguendo la terminologia di [9], chiameremo contesto di lavoro. Il problema è: che cosa fa parte di un contesto di lavoro per GLM?

In prima approssimazione, è possibile pensare che il contesto di lavoro contenga l'informazione che un agente possiede sui viaggi aerei. A tale contesto apparterranno informazioni su biglietti aerei, aeroporti, voli, coincidenze, ecc. In questo contesto è possibile trovare una soluzione a GLM del tipo: acquistare un biglietto, prendere il volo Glasgow-Londra, prendere il volo Londra-Mosca. Tuttavia,

una possibile domanda è: quali sono i confini dell'informazione sui viaggi aerei? Per esempio, il fatto che per prendere un aereo bisogna essere vestiti fa parte del contesto dei viaggi aerei o del contesto sulle regole della convivenza civile? La domanda non è oziosa. Infatti, immaginiamo di chiedere a un viaggiatore che sta viaggiando da Glasgow a Mosca cosa succederebbe se gli rubassero i vestiti nella toilette dell'aeroporto. Il viaggiatore risponderebbe probabilmente che dovrebbe procurarsi altri vestiti, oppure perdere l'aereo. Questa risposta presuppone da parte del viaggiatore l'uso di informazione che, strettamente parlando, non appartiene alla conoscenza che normalmente si utilizza per pianificare un viaggio aereo. Il meccanismo cognitivo che permette al viaggiatore di rispondere alla domanda sembra essere quello di "aggiornare" il contesto di lavoro corrente con informazione riguardante ambiti diversi, a seconda delle necessità. In questo senso, il contesto in cui viene cercata una soluzione per GLM non è dunque il contesto dei viaggi aerei, ma un contesto di lavoro *ad hoc* (e temporaneo), il cui nucleo è la conoscenza sui viaggi aerei e a cui possono essere aggiunte informazioni provenienti da contesti diversi.

La forma di ragionamento contestuale che emerge dalla discussione di GLM può essere rappresentato come nella figura 6.2. La conoscenza di un agente è memorizzata in una serie di *contesti di conoscenza*, ognuno dei quali contiene informazione su un qualche dominio specifico (i contesti KB_1, \dots, KB_n nella figura). Dato uno specifico problema P, viene di volta in volta costruito un *contesto di lavoro* per P in cui viene utilizzata l'informazione di un certo sottoinsieme dei contesti di conoscenza. Quale sottoinsieme dipenderà da ciò che un agente assume essere rilevante per quel determinato problema. Una possibile strategia è quella di utilizzare, come *default*, il minimo numero possibile di contesti di conoscenza e di accrescere tale numero solo nel caso in cui la scelta iniziale si rivelasse inadeguata. In generale, a diversi problemi corrisponderanno diversi contesti di lavoro. Sempre utilizzando l'esempio GLM, è chiaro che il contesto di lavoro di un viaggiatore medio sarà diverso dal contesto di lavoro di un viaggiatore che è rinchiuso in prigione o che non ha soldi per il biglietto.

Parte II

Verso una logica del ragionamento contestuale

7. *Le rappresentazioni ripartite (PR)*

Nella prima parte ho cercato di far vedere che pensare il contesto come una sorta di spazio cognitivo delimitato da una collezione di assunzioni permette di estendere il fenomeno della dipendenza contestuale molto al di là della sola indicialità. Ho anche sostenuto che la logica dei dimostrativi di Kaplan non è adatta a formalizzare questa nozione generalizzata di dipendenza contestuale, non tanto per ragioni tecniche, quanto per l'intuizione di fondo secondo cui il contesto sarebbe parte della struttura del mondo e non della struttura cognitiva di un agente a cui una certa rappresentazione è attribuita. Se dunque LD non è lo strumento adatto a formalizzare la nozione di contesto cognitivo, il problema è di trovare uno strumento alternativo. Sarà dunque questo l'obiettivo della seconda parte del mio lavoro.

Di fatto, le proposte in campo non sono molte. Anche nella tradizione cognitiva – anzi, forse soprattutto in essa – la nozione di contesto è spesso usata in modo intuitivo, ricorrendo a un buon numero di esempi e facendo appello all'intuizione del lettore. I tentativi di spiegare in modo formale il ruolo del contesto in una teoria della rappresentazione della conoscenza e nel ragionamento sono molto pochi. Qui ne discuterò in dettaglio tre: la logica delle *rappresentazioni ripartite (PR)*, proposta da Dinsmore nel libro *Partitioned representations* [28], la *logica del contesto (LC)* di John McCarthy e i *Sistemi MultiContesto (SMC)* di Fausto Giunchiglia. Lo scopo di presentare i tre sistemi non è tanto quello di discuterne i dettagli tecnici, quanto piuttosto di vedere se – e in che misura – essi possono essere visti come un mezzo adeguato per formalizzare la logica del contesto in una cornice cognitiva.

A differenza dei lavori di McCarthy e di Giunchiglia, PR non è

pensata come una vera e propria logica del contesto, quanto piuttosto come un *framework* generale per lo studio della rappresentazione mentale. La motivazione di Dinsmore per lo studio di PR, infatti, è di spiegare gli aspetti funzionali della sua teoria della rappresentazione mentale, basata sulla nozione di *spazio* (mentale). Tuttavia il contesto gioca un ruolo molto importante nella teoria delle rappresentazioni ripartite ed è usato per spiegare molti dei fenomeni che abbiamo discusso in modo intuitivo nei capitoli 5 e 6. Infine, è interessante osservare che in PR si trovano alcune idee che – in forma diversa e sostanzialmente autonoma – trovano posto anche nelle formalizzazioni di McCarthy e Giunchiglia:

- (a) l'idea che la rappresentazione della conoscenza di un agente non sia pensata come un'unica grande base di conoscenza, ma sia ripartita in "spazi" distinti (anche se diversa sarà l'interpretazione di questi spazi nei diversi autori);
- (b) l'idea che il contesto giochi un ruolo centrale in una logica di questa rappresentazione ripartita della conoscenza;
- (c) la distinzione tra ragionamento in un singolo spazio (quello che nel cap. 6 ho chiamato ragionamento intra-contestuale) e ragionamento che coinvolge più spazi (ragionamento inter-contestuale).

7.1 La teoria delle rappresentazioni ripartite

L'intuizione che sta alla base dell'approccio di Dinsmore è che molti problemi di natura logica e cognitiva (per esempio, quello della proiezione delle presupposizioni, quello dell'opacità referenziale, quello dei contesti epistemici) possono essere affrontati applicando il principio del *divide et impera* alla rappresentazione mentale. Il risultato è quello che Dinsmore chiama il modello delle rappresentazioni ripartite (*partitioned representation*). In esso, l'informazione a disposizione di un certo agente è vista non come un'unica grande base di conoscenza, bensì come un insieme di rappresentazioni, ognuna dei quali contiene una certa porzione di conoscenza:

Functionally, partitioned representations illustrate the principle of *divide and conquer* in mental representation. Rather than a large

homogeneous representation or set of representations with unmanageable possibilities for synthesis in reasoning, partitioned representations make use of many isolated context-dependent representations with locally circumscribed [...] opportunities. [28][pag. 45]

Analizziamo in breve i capisaldi di questa teoria.

Spazi e contesti

Quelle che nel passo appena citato sono chiamate rappresentazioni isolate e dipendenti dal contesto sono ciò che, più precisamente, Dinsmore definisce *spazi* (Fauconnier [29] li chiamerebbe spazi mentali). Essi sono così definiti:

[E]ach space represents some logically coherent situation or potential reality, in which various propositions are treated as true, objects are assumed to exist, and relations between objects are supposed to hold. [...] In AI terms, a space is a small knowledge base in its own right. [28]

Per rendere più chiara la nozione di spazio, Dinsmore porta alcuni esempi: “Belief spaces; hope and wish spaces; fictional, dream, and pretense spaces; spaces representing specific places, times and situations; spaces representing the scope of certain existential assumptions; spaces expressing generalizations; spaces representing the implications of certain propositional assumptions, either conditional or counterfactual”.

Ogni enunciato, secondo Dinsmore, è asserito in un certo spazio. Ciò significa che una logica delle rappresentazioni ripartite non avrà a che fare con semplici enunciati, ma con enunciati asseriti in un certo spazio o, più semplicemente, con *asserzioni*. Se S^1 è un simbolo che rappresenta un certo spazio (uno *space tag*) e P è un certo enunciato, la scrittura:

S | P

1. Per quanto possibile, cercherò di riprodurre la notazione e le convenzioni grafiche usate in [28]. Per questa ragione, ad esempio, gli *space tag* e gli enunciati sono scritti in neretto.

rappresenta un’asserzione il cui significato intuitivo è che **P** fa parte del contenuto dello spazio **S**. Per esempio, se immaginiamo che lo spazio **sp_1** contenga una rappresentazione delle storie di Sherlock Holmes e che **P** sia l’enunciato “Holmes è un detective”, allora la scrittura **sp_1** | **P** corrisponde intuitivamente all’asserzione che – nelle storie di Sherlock Holmes – Holmes è un detective. Dinsmore propone di rappresentare il fatto che l’enunciato “Holmes è un detective” è asserito in uno spazio **sp_1** come nella figura 7.1.

sp_1	<i>Holmes e' un detective</i>
------	-------------------------------

Figura 7.1: Esempio di asserzione (PR)

Naturalmente, lo stesso enunciato può essere usato per fare asserzioni diverse. Se immaginiamo per esempio che lo spazio **sp_2** contenga una rappresentazione del pugilato contemporaneo, allora la scrittura **sp_1** | **P** corrisponde all’asserzione che – nella storia del pugilato – Holmes è un detective.

Il problema centrale della teoria è stabilire a quale asserzione corrisponda un enunciato in uno spazio. Quando sopra descrivevo l’esempio dell’enunciato “Holmes è un detective”, mi sono espresso in termini intuitivi dicendo che **sp_1** è una rappresentazione delle storie di Sherlock Holmes, mentre **sp_2** è una rappresentazione del pugilato contemporaneo. Ma come viene formalizzata questa intuizione? In altre parole, come si può formalizzare il fatto che ogni enunciato asserito in **sp_1** va inteso come riferito alle storie di Sherlock Holmes e ogni enunciato asserito in **sp_2** va inteso come riferito al pugilato contemporaneo? È proprio per rispondere a questa domanda che Dinsmore utilizza la prima delle due nozioni di contesto presenti in PR, quella di *contesto primario*. Intuitivamente, il contesto primario (di uno spazio) è un’asserzione che specifica in che modo vanno interpretati gli enunciati asseriti in uno spazio. Ad esempio, per asserire che tutti gli enunciati all’interno di **sp_1** sono riferiti alle storie di Sherlock Holmes e tutti quelli di **sp_2** al pugilato, Dinsmore introduce la seguente notazione (“SSH” è un’abbreviazione per “storie di Sherlock Holmes”):

$$\mathbf{sp_0} \mid \text{Nelle SSH, } [[\mathbf{sp_1}]] \quad (7.1)$$

$$\mathbf{sp_0} \mid \text{Nel pugilato, } [[\mathbf{sp_2}]] \quad (7.2)$$

dove $[[\mathbf{sp_1}]]$ e $[[\mathbf{sp_2}]]$ sono detti termini di contesto primario. Le due asserzioni (7.1) e (7.2) costituiscono, secondo Dinsmore, il contesto primario dello spazio $\mathbf{sp_1}$ e dello spazio $\mathbf{sp_2}$ rispettivamente. È importante sottolineare il fatto che anche un contesto primario è un'asserzione, cioè fa a sua volta parte del contenuto di uno spazio; nell'esempio, lo spazio in cui è asserito il contesto primario degli spazi $\mathbf{sp_1}$ e $\mathbf{sp_2}$ è indicato con il tag $\mathbf{sp_0}$. Graficamente, Dinsmore propone di rappresentare la situazione descritta come nella figura 7.2.

$\mathbf{sp_0}$	<i>Nelle storie di S.H.</i>	sp_1	<i>Holmes e' un detective</i>
	<i>Nel pugilato moderno</i>	sp_2	<i>Holmes e' un detective</i>

Figura 7.2: Esempi di contesti primari (PR)

La nozione di contesto primario è centrale in PR. Supponiamo per esempio di avere a disposizione le due asserzioni

$$\mathbf{sp_1} \mid \text{Holmes è un detective} \quad (7.3)$$

$$\mathbf{sp_2} \mid \text{Holmes è un detective} \quad (7.4)$$

Da esse e dai due contesti primari (7.1) e (7.2) è possibile inferire le due seguenti asserzioni:

$$\mathbf{sp_0} \mid \text{Nelle SSH, Holmes è un detective} \quad (7.5)$$

$$\mathbf{sp_0} \mid \text{Nel pugilato, Holmes è un detective} \quad (7.6)$$

In [28], questo passo di ragionamento è chiamato *context climbing*. Esso corrisponde, in un certo senso, a un passo di decontestualizzazione delle due asserzioni (7.3) e (7.4), dato che in (7.5) e (7.6) il loro contesto viene reso esplicito. In realtà si tratta di una decontestualizzazione parziale, dato che le asserzioni risultanti sono a loro

volta asserite in uno spazio (nell'esempio, in **sp_0**). Tuttavia, qualora fosse noto il contesto primario di **sp_0**, nulla impedirebbe di reiterare il processo di *context climbing*. Se, per esempio, il contesto primario di **sp_0** fosse:

sp_7 | *Carlo crede che, [[sp_0]]* (7.7)

potremmo derivare le asserzioni:

sp_7 | *Carlo crede che, nelle SSH, Holmes è un detective* (7.8)

sp_7 | *Carlo crede che, nel pugilato, Holmes è un detective* (7.9)

Proprio per questo suo ruolo nel processo di decontestualizzazione, Dinsmore richiede che ogni spazio abbia uno e un solo contesto primario. Deve averne uno, perchè altrimenti non sarebbe possibile determinare il contenuto di un enunciato in uno spazio; deve averne al massimo uno, perchè altrimenti il contenuto di un enunciato in un contesto sarebbe ambiguo.

Tuttavia, il contesto primario non esaurisce il ruolo del contesto in PR. Dinsmore nota, infatti, che proprio in conseguenza del significato che il contesto primario assegna ai contenuti dei vari spazi, è possibile che esistano delle relazioni e dei vincoli tra i contenuti di spazi diversi. Supponiamo, per esempio, che gli spazi **sp_3** e **sp_4** contengano rispettivamente gli enunciati della *Above-Theory* AT (cfr. cap. 5, formule (5.5) e (5.6)) e una descrizione dello studio di Carlo all'Università di Genova in cui compaiono gli enunciati *on(Libro1,Libro2)* e *on(Libro2,Libro3)*. Intuitivamente, ci aspettiamo che gli enunciati contenuti nello spazio **sp_3** (cioè gli assiomi di AT) siano utilizzabili per inferire *above(Libro1,Libro3)* in **sp_4**. Ma questo richiede che il contenuto di **sp_3** sia in qualche modo "ereditato" dallo spazio **sp_4**. L'eredità di contenuti non è che una delle possibili relazioni tra spazi individuate da Dinsmore (anche se è la più comune). Proprio per rappresentare i possibili vincoli e le possibili relazioni tra contenuti di spazi diversi, Dinsmore introduce la nozione di *contesto secondario*:

A secondary context provides a kind of mapping from the contents of one space to the contents of another that is a consequence of the semantics of the primary contexts involved. [28][pag. 67]

Nel passo appena citato, si sottolinea un aspetto interessante della nozione di contesto secondario, e cioè il fatto che la relazione tra due spazi è conseguenza della semantica dei contesti primari dei due spazi. Nell'esempio, il fatto che **sp_4** erediti i contenuti di **sp_3** è una conseguenza della semantica (intesa) dei due contesti primari di **sp_3** e **sp_4**, ovvero del fatto che ci aspettiamo che la proprietà transitiva della relazione *above* valga anche nell'ufficio di Carlo.

La notazione lineare che Dinsmore propone per i contesti secondari in cui si ha a che fare con l'eredità di contenuti tra due spazi è la seguente:

sp_4 | [sp_3]

dove **[sp_3]** è detto un termine di contesto secondario (notazionalmente, la differenza tra un termine di contesto primario e uno di contesto secondario è che il primo ha due parentesi quadre, mentre il secondo solo una). Questa asserzione permette dunque di asserire in **sp_4** tutti gli enunciati asseriti in **sp_3**.

Ragionamento “parrocchiale”

Il secondo caposaldo di PR è la nozione di *ragionamento “parrocchiale”* (*parochial reasoning*). Come abbiamo visto, ogni spazio è pensato come la rappresentazione di parte della conoscenza che un certo agente ha sul mondo. Questa conoscenza non deve necessariamente essere fattuale, ma può riguardare uno stato di cose ipotetico (come sarebbe il mondo se fosse vero che ...), un mondo fantastico (per esempio, le storie di Sherlock Holmes), le credenze di un altro agente, e così via. Ognuna di queste rappresentazioni, entro i suoi limiti, è una rappresentazione logicamente coerente di una certa “realtà”. Pertanto, sostiene Dinsmore, è lecito pensare che, entro i confini di ogni spazio, valgano le stesse leggi logiche che valgono per ogni rappresentazione di uno stato di cose. È dunque in base a queste considerazioni che Dinsmore propone la nozione di ragionamento parrocchiale:

A space consolidates information that belongs together in one place, to model a coherent possible “reality” or situation. [...] Because of the license to ignore information external to a space in reaso-

ning within a space, I call this localized reasoning *parochial*. [28][pagg. 53 e 47]

Il ragionamento parrocchiale è dunque il ragionamento che avviene all'interno di un singolo spazio. Esso costituisce la versione di Dinsmore di quello che, nel capitolo 6, abbiamo chiamato ragionamento intra-contestuale.

<i>sp_1</i>	<i>Holmes e' un detective</i>	MP
	<i>Ogni detective ha una pistola</i>	
	<i>Holmes ha una pistola</i>	

Figura 7.3: Esempio di ragionamento parrocchiale (PR)

Come vedremo meglio nella parte dedicata alla formalizzazione di PR, Dinsmore propone di formalizzare il ragionamento parrocchiale come una forma di deduzione standard all'interno di un certo spazio. La figura 7.3 illustra graficamente un semplice esempio di ragionamento parrocchiale.

Ragionamento ripartito

Dinsmore non introduce un termine apposito per il ragionamento che coinvolge asserzioni appartenenti a spazi diversi. Tuttavia, dato che le regole di questo tipo di ragionamento sono chiamate *partitioning rules*, userò il termine di *ragionamento ripartito*. Il ragionamento ripartito è la versione di PR di quello che, nel capitolo 6, abbiamo chiamato ragionamento inter-contestuale.

Nel ragionamento ripartito, le nozioni di contesto primario e secondario giocano un ruolo molto importante. Infatti, la possibilità di utilizzare asserzioni con diverso *space tag* in un processo di ragionamento richiede di fare direttamente appello al significato dei contenuti degli spazi coinvolti (contesto primario) e di utilizzare l'informazione relativa alle relazioni che esistono tra spazi diversi (contesto secondario).

In [28] sono prese in considerazione diverse forme di ragionamento inter-contestuale e noi le esamineremo nei loro aspetti più tecnici nei paragrafi successivi. A titolo di esempio, considererò brevemente due di queste forme, la prima basata sulla regola di *context climbing* (già introdotta sopra), la seconda su una regola chiamata *space initialization*. Le due regole possono essere descritte intuitivamente come segue:

- la prima, *context climbing*, permette di decontestualizzare parzialmente un enunciato asserito in un certo spazio. Essa può essere descritta come segue: se in uno spazio \mathbf{S} è asserito un enunciato \mathbf{P} e il contesto primario di \mathbf{S} è $\mathbf{S1} \mid \Phi[[\mathbf{S}]]$, allora nello spazio $\mathbf{S1}$ si può inferire l'enunciato $\Phi \mathbf{P}$;
- la seconda, *space initialization*, è l'unica regola di PR che permette (a certe condizioni che vedremo) di creare un nuovo contesto primario. Per esempio, data l'asserzione (7.5), la regola permette di creare il contesto primario (7.1), a patto che **sp_1** sia uno *space tag* nuovo (cioè, non usato in altri contesti primari). Una volta creato uno spazio, tutti gli enunciati che compaiono al posto dei puntini nell'enunciato complesso “Nelle storie di Sherlock Holmes, [...]” possono essere asseriti nel nuovo spazio **sp_1**.

Il motivo per cui ho scelto queste due regole è che la loro combinazione permette di formalizzare una strategia di ragionamento contestuale molto interessante che – in forma diversa – comparirà anche in LC e nei SMC. Tale strategia è graficamente rappresentata nella figura 7.4. Supponiamo che un agente abbia a propria disposizione l'asserzione (7.5). Mediante la regola di *space initialization* si può creare il contesto primario (7.1) e asserire l'enunciato che Holmes è un detective nel nuovo spazio **sp_1**. Supponiamo di sapere, per altra via, che nello spazio **sp_1** è vero anche l'enunciato “Tutti i detective hanno una pistola”. Mediante un semplice ragionamento parrocchiale (quello rappresentato nella figura 7.3), concludiamo in **sp_1** che “Holmes ha una pistola”. A questo punto, mediante *context climbing*, possiamo inferire nello spazio **sp_0** l'asserzione che compare nell'ultima riga della figura 7.4.

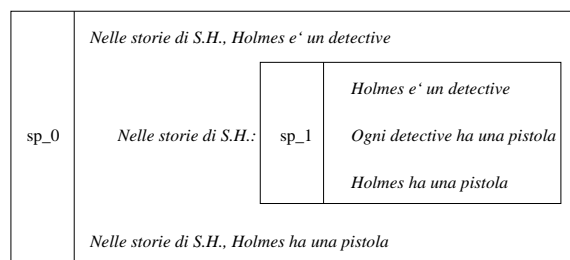


Figura 7.4: Esempio di ragionamento ripartito (PR)

Questa strategia di ragionamento può essere vista come un modo per localizzare in uno spazio il ragionamento su enunciati che dipendono tutti dallo stesso contesto primario. Come abbiamo anticipato, qualcosa di analogo lo ritroveremo anche in LC e nei SMC, il che fa supporre che si tratti di una forma molto generale di ragionamento contestuale.

7.2 Formalizzazione di PR

7.2.1 La sintassi di PR

Nel § 7.1 ho presentato le intuizioni generali della teoria delle rappresentazioni ripartite di Dinsmore. Passiamo ora a discutere la logica di tale teoria proposta da Dinsmore in appendice a [28]. Tale logica è presentata come un'estensione di una logica modale standard o di un calcolo dei predicati di ordine superiore chiamato PC, sui quali Dinsmore non fa alcuna ipotesi particolare. Pertanto, come lo stesso Dinsmore osserva, le definizioni che seguono caratterizzano una classe di logiche (una per ogni possibile scelta di PC).

Il linguaggio di PR

Il linguaggio di PR è ottenuto dal linguaggio di PC mediante l'aggiunta dei seguenti elementi:

1. un insieme di *spazi*: **base**, **sp_1**, **sp_2**, ...;
2. la categoria sintattica delle *asserzioni* (*statements*): se **S** è uno spazio e **P** un enunciato di PC, allora **S | P** è un'asserzione;

3. la definizione di formula ben formata è modificata come segue: se **S** è uno spazio, allora **[[S]]** e **[S]** sono formule ben formate di PR. In particolare, **[[S]]** è chiamato un termine di spazio primario (*primary space term*) e **[S]** un termine di spazio secondario (*secondary space term*).

Alcuni esempi di asserzioni in PR sono:

sp_1		telefono(Fred) = 555-4321
sp_6		[sp_2]
base		crede(George,[[sp_1]])

Qualunque asserzione contenente almeno un termine di spazio è detto un *contesto*; tutte le altre sono dette *asserzioni standard*. Per esempio, la seconda e la terza asserzione qui sopra sono contesti, la prima è un'asserzione standard.

Regole di inferenza

Le regole di inferenza di PR sono divise in due gruppi:

- *regole standard*: si tratta di regole di PC adattate per essere applicate ad asserzioni relative a un solo spazio;
- *regole della ripartizione (partitioning rules)* o regole non standard di PR: regole che creano nuovi spazi, accedono a spazi e permettono la comunicazione tra spazi diversi.

Nella presentazione delle regole, la scrittura **P{X}** indica meta-linguisticamente un enunciato che contiene **X**, **P{X/A}** indica il risultato della sostituzione di ogni occorrenza di **X** in **P** con **A** e, infine, la scrittura **P(_____)** indica quello che Dinsmore chiama un *ambiente sintattico (syntactic environment)*, ovvero un'espressione di PR con un posto vuoto che può essere occupato da qualunque enunciato.

Regole standard di PR

Invece di definire un insieme di regole di PC adattate a PR, Dinsmore sceglie di definire due "metaregole" di corrispondenza che stabiliscono quali regole di PC possono valere (previa opportuna modifica)

come regole standard di PR. La prima è chiamata **Stand 1**: se in PC è ammessa una derivazione della forma:

$$\frac{\begin{array}{c} \mathbf{P1} \\ \mathbf{P2} \\ \dots \end{array}}{\mathbf{Q}}$$

allora in PR è ammessa la seguente regola in ogni spazio **S**:

$$\frac{\begin{array}{c|c} \mathbf{S} & \mathbf{P1} \\ \mathbf{S} & \mathbf{P2} \\ & \dots \end{array}}{\mathbf{S} \mid \mathbf{Q}}$$

Stand 1 permette di ottenere regole per il *ragionamento parrocchiale*. Infatti, ogni regola ottenuta da regole di PC mediante **Stand 1** è tale che tutte le asserzioni coinvolte hanno lo stesso *space tag*. In altre parole, il ragionamento avviene “all’interno” di un singolo spazio.

Un esempio banale di applicazione di (**Stand 1**) è la trasformazione della derivazione:

$$\frac{\begin{array}{c} \mathbf{Bulgaro(Bif)} \\ \forall x(\mathbf{Bulgaro}(x) \supset \mathbf{Spia}(x)) \end{array}}{\mathbf{Spia(Bif)}} \quad (7.10)$$

nella derivazione:

$$\frac{\begin{array}{c|c} \mathbf{sp_3} & \mathbf{Bulgaro(Bif)} \\ \mathbf{sp_3} & \forall x(\mathbf{Bulgaro}(x) \supset \mathbf{Spia}(x)) \\ \mathbf{sp_3} & \mathbf{Spia(Bif)} \end{array}}{\mathbf{sp_3} \mid \mathbf{Spia(Bif)}} \quad (7.11)$$

Già questo semplice esempio, tuttavia, mostra un limite di **Stand 1**, cioè il fatto che essa vale solo per asserzioni standard. In molti casi sarebbe invece utile poter applicare regole standard anche a contesti. La regola **Stand 2** cattura esattamente questa generalizzazione. Se in PR è ammessa per *ogni* enunciato standard **R** una regola della forma:

$$\frac{\begin{array}{c|c} \mathbf{S} & \mathbf{P1} \\ \mathbf{S} & \mathbf{P2} \quad \{\mathbf{R}\} \\ & \dots \end{array}}{\mathbf{S} \mid \mathbf{Q} \quad \{\mathbf{R}\}}$$

allora PR ammette per ogni spazio **S1** una derivazione della forma:

$$\frac{\begin{array}{l|l} \mathbf{S} & \mathbf{P1} \\ \mathbf{S} & \mathbf{P2} \quad \{\mathbf{R}/[[\mathbf{S1}]]\} \\ & \dots \end{array}}{\mathbf{S} \quad | \quad \mathbf{Q} \quad \{\mathbf{R}/[\mathbf{S1}]\}}$$

e una della forma:

$$\frac{\begin{array}{l|l} \mathbf{S} & \mathbf{P1} \\ \mathbf{S} & \mathbf{P2} \quad \{\mathbf{R}/[\mathbf{S1}]\} \\ & \dots \end{array}}{\mathbf{S} \quad | \quad \mathbf{Q} \quad \{\mathbf{R}/[\mathbf{S1}]\}}$$

Sebbene **Stand 2** non sia particolarmente complicata, vale la pena di notare due dettagli tecnici che è facile trascurare. Innanzitutto, si osservi che nella prima parte di **Stand 2** tutti i termini di contesto primario sono trasformati in termini di contesto secondario. Questa trasformazione, che Dinsmore chiama *primary-to-secondary convention*, ha lo scopo di impedire che l'applicazione di una regola standard generi nuovi contesti primari per uno spazio (si ricordi che il contesto primario di uno spazio deve essere unico). Il secondo dettaglio riguarda l'immutabilità dell'enunciato **R** durante la derivazione. Infatti, la premessa di **Stand 2** richiede esplicitamente da un lato che la regola sia applicabile a qualunque enunciato standard **R**, e dall'altro che tale enunciato resti sempre identico nelle premesse e nelle conclusioni. Per esempio, **Stand 2** permette la derivazione:

$$\frac{\begin{array}{l|l} \mathbf{sp_8} & \mathbf{spia}(\mathbf{Bif}) \supset [[\mathbf{sp_13}]] \\ \mathbf{sp_8} & \forall \mathbf{x}(\mathbf{Bulgaro}(\mathbf{x}) \supset \mathbf{spia}(\mathbf{x})) \end{array}}{\mathbf{sp_8} \quad | \quad \mathbf{Bulgaro}(\mathbf{Bif}) \supset [\mathbf{sp_13}]} \quad (7.12)$$

perchè il termine $[[\mathbf{sp_13}]]$ è in una posizione immutabile, mentre non permette la derivazione:

$$\frac{\begin{array}{l|l} \mathbf{sp_8} & \forall \mathbf{x}(\mathbf{Bulgaro}(\mathbf{x}) \supset [[\mathbf{sp_21}]])) \\ \mathbf{sp_8} & \mathbf{Bulgaro}(\mathbf{Bif}) \supset [\mathbf{sp_21}] \end{array}}{\mathbf{sp_8} \quad | \quad \mathbf{Bulgaro}(\mathbf{Bif}) \supset [\mathbf{sp_21}]} \quad (7.13)$$

perchè il termine $[[\mathbf{sp_21}]]$ non è in una posizione immutabile (come si può vedere nella derivazione (7.11), in cui **Spia(x)** è sostituito dall'enunciato standard **Spia(Bif)**).

Le regole della ripartizione

La parte più qualificante di PR, tuttavia, è certamente quella che riguarda le regole non standard. Esse hanno lo scopo di formalizzare le intuizioni che Dinsmore ha presentato nella parte principale del suo libro. Prima di illustrare le regole, dobbiamo brevemente chiarire cosa intende Dinsmore con l'espressione "ambienti che preservano la conseguenza" (*entailment-preserving environment*). Di dice che un ambiente sintattico $\mathbf{P}\{\text{---}\}$ preserva la conseguenza se e solo se dati due enunciati qualunque \mathbf{Q} e \mathbf{R} , se $\mathbf{Q} \vdash \mathbf{R}$ in PC, allora $\mathbf{P}\{\text{---} / \mathbf{Q}\} \vdash \mathbf{P}\{\text{---} / \mathbf{R}\}$. Per esempio, $\mathbf{R} \supset \text{---}$ preserva la conseguenza; infatti se vale la relazione $\mathbf{P} \vdash \mathbf{Q}$, allora vale anche la relazione $\mathbf{R} \supset \mathbf{P} \vdash \mathbf{R} \supset \mathbf{Q}$. Invece l'ambiente $\text{---} \supset \mathbf{R}$ non preserva la conseguenza. Altri esempi di ambienti che preservano la conseguenza sono: **possibile**(---), **necessario**(---), $\forall x(\text{---})$.

Space Initialization. La prima regola, già introdotta intuitivamente nel § 7.1, è chiamata **Space initialization** (*inizializzazione di spazi*). Se $\mathbf{P}\{\text{---}\}$ è un ambiente sintattico che preserva la conseguenza, allora

$$\frac{\mathbf{S} \quad | \quad \mathbf{P}\{\text{---} / \mathbf{Q}\}}{\mathbf{S} \quad | \quad \mathbf{P}'\{\text{---} / [[\mathbf{S1}]]\}} \\ \mathbf{S1} \quad | \quad \mathbf{Q}'$$

dove **S1** è un simbolo di spazio nuovo (non usato in precedenza) e \mathbf{P}' e \mathbf{Q}' sono come \mathbf{P} e \mathbf{Q} tranne che ogni termine della forma $[[\mathbf{T}]]$ diventa della forma $[\mathbf{T}]$. Quest'ultima condizione è sempre la *primary-to-secondary convention*.

Come già notato, **Space initialization** è la sola regola che crea nuovi spazi e il loro contesto primario. Una semplice derivazione che utilizza (**Space initialization**) è la seguente:

$$\frac{\mathbf{sp_1} \quad | \quad \mathbf{possibile}(\mathbf{Bulgaro}(\mathbf{Bif}))}{\mathbf{sp_1} \quad | \quad \mathbf{possibile}([[\mathbf{sp_2}]])} \\ \mathbf{sp_2} \quad | \quad \mathbf{Bulgaro}(\mathbf{Bif}) \quad (7.14)$$

Il motivo per cui si richiede come preconditione che l'ambiente preservi la conseguenza è di garantire il primo principio di "sensa-tezza" degli spazi, cioè la *coerenza*. Dinsmore ritiene infatti che uno

spazio sia sensato solo se al suo interno è possibile derivare esclusivamente enunciati sensati rispetto al significato del suo contesto primario. Se torniamo all'esempio (7.14) e immaginiamo che **sp₂** contenga anche il fatto che tutti i Bulgari sono spie, potremmo derivare in **sp₁** il fatto che è possibile che Bif sia una spia, il che è coerente con il significato del contesto primario **possibile([[sp₂]])**. Viceversa, se l'ambiente non preservasse la conseguenza, non avremmo alcuna garanzia che ciò avvenga. Riepilogando, **Space initialization** permette di creare uno spazio per il ragionamento parrocchiale; la preconditione di preservare la conseguenza è ciò che giustifica la correttezza di tale passo.

Context climbing. La regola di **Context climbing** è, in un certo senso, la regola inversa di **Space initialization**. Nei termini di Dinsmore, essa permette di "globalizzare" le conseguenze del ragionamento parrocchiale. **Context climbing** è data in due forme, una per derivazioni che contengono termini di contesto secondario e una per derivazioni che contengono termini di contesto primario:

$$\frac{\begin{array}{l|l} S & P\{[S1]\} \\ S1 & Q \\ \hline S & P'\{[S1]/Q'\} \end{array}}{\quad} \quad \frac{\begin{array}{l|l} S & P\{[[S1]]\} \\ S1 & Q \\ \hline S & P'\{[[S1]]/Q'\} \end{array}}{\quad}$$

dove **P'** e **Q'** sono come **P** e **Q** salvo che ogni termine della forma **[[T]]** diventa **[T]**. Un semplice esempio di **Context climbing** è la seguente derivazione:

$$\frac{\begin{array}{l|l} sp_1 & possibile([sp_2]) \\ sp_2 & Spia(Bif) \\ \hline sp_1 & possibile(Spia(Bif)) \end{array}}{\quad} \quad (7.15)$$

Space augmentation. La regola di **Space augmentation** permette di aggiungere informazione a uno spazio (oltre a quella che esso eventualmente già contiene grazie alle regole di **Space initialization** e al ragionamento parrocchiale). La forma della regola è la seguente:

$$\frac{\begin{array}{l|l} S & P\{[[S1]]\} \\ S & P\{[[S1]]/[S1] \wedge Q\} \\ \hline S1 & Q \end{array}}{\quad}$$

Un esempio di applicazione di tale regola è il seguente:

$$\begin{array}{l|l}
 \text{sp}_1 & \text{Bulgaro(Fred)} \supset [[\text{sp}_2]] \\
 \text{sp}_1 & \text{Bulgaro(Fred)} \supset \text{Spia(Fred)} \\
 \text{sp}_1 & \text{Bulgaro(Fred)} \supset ([\text{sp}_2] \wedge \text{Spia(Fred)}) \\
 \hline
 \text{sp}_2 & \text{Spia(Fred)}
 \end{array} \quad (7.16)$$

dove il passo tra la seconda e la terza premessa è ottenuto mediante inferenza standard sulle proprietà della modalità della possibilità.

Tale regola permette di formalizzare in PR un secondo principio che Dinsmore identifica come essenziale per la nozione di spazio: il *consolidamento* (*consolidation*). L'idea è che se da un lato è un vantaggio avere spazi separati, dall'altro lato c'è un senso in cui avere troppi spazi potrebbe impedire di eseguire inferenze desiderabili. Un tipico esempio è costituito dagli spazi di credenza: avere spazi di credenza separati per lo stesso agente può (in certi casi) impedire di ragionare in modo parrocchiale sulle credenze di quell'agente (nel caso in cui credenze su aspetti diversi del mondo si trovino in spazi separati e tra loro non comunicanti). Questa idea di non moltiplicare inutilmente spazi è chiaramente legata al significato intuitivo assegnato a un determinato spazio, ovvero al suo contesto. Se infatti avere due contesti **Bif crede che** $[[\text{sp}_1]]$ e **Bif crede che** $[[\text{sp}_2]]$ non pare molto utile (anzi, può essere persino controproducente), viceversa sembra perfettamente legittimo (e forse indispensabile) avere due contesti **possibile** $[[\text{sp}_6]]$ e **possibile** $[[\text{sp}_7]]$, dato che i due spazi potrebbero descrivere effettivamente due realtà alternative e magari non consistenti l'una con l'altra.

Space identity. L'ultima regola non standard di PR, detta **Space identity**, permette di mappare un enunciato su se stesso. Formalmente, essa è molto semplice:

$$\frac{}{\text{S} \mid [\text{S}]}$$

A prima vista, tale regola sembra per lo meno inutile. In realtà, usata in congiunzione con altre regole, essa permette di derivare nuovi contesti secondari. Per esempio:

sp_1		Bulgaro(Fred) \supset [[sp_2]]	<i>Assumption</i>
sp_1		[sp_1]	<i>Space identity</i>
sp_1		Bulgaro(Fred) \supset ([sp_1] \wedge [sp_2])	<i>Stand 2 + PC</i>
sp_2		[sp_1]	<i>Space augmentation</i>

L'ultima riga specifica che **sp_2** eredita l'intero contenuto di **sp_1**. L'ereditare contenuti di un altro spazio è un altro modo per ottenere il consolidamento degli spazi.

7.2.2 La semantica di PR

Al momento di definire la semantica di PR, Dinsmore deve affrontare un problema cruciale: cosa significa dire che un enunciato asserito in un certo spazio è vero? Per esempio, cosa significa che l'enunciato "Holmes è un detective" è vero nello spazio **sp_1**?

Un primo passo verso la risposta a questa domanda consiste nel prendere in considerazione il contesto primario di uno spazio. Siccome sappiamo che l'asserzione:

$$\mathbf{sp_0} \mid \text{Nelle storie di Sherlock Holmes,} [[\mathbf{sp_1}]] \quad (7.17)$$

è il contesto primario di **sp_1**, potremmo pensare di concludere che l'asserzione

$$\mathbf{sp_1} \mid \text{Holmes è un detective} \quad (7.18)$$

è vera se e solo se è vera l'asserzione:

$$\mathbf{sp_0} \mid \text{Nelle storie di S.H., Holmes è un detective} \quad (7.19)$$

Ma in questo modo non abbiamo fatto altro che spostare il problema da **sp_1** a **sp_0**. Se supponiamo, come abbiamo fatto nel § 7.1, che il contesto primario di **sp_0** sia:

$$\mathbf{sp_7} \mid \text{Carlo crede che,} [[\mathbf{sp_0}]] \quad (7.20)$$

possiamo sostenere che (7.19) è vera se e solo se è vera **sp_7** | Carlo crede che, nelle storie di S.H., Holmes è un detective. Questo regresso, ottenuto mediante reiterate applicazioni della regola di **Context**

climbing, sembra poter continuare indefinitamente. C'è un punto in cui questo regresso può essere sensatamente interrotto?

Dinsmore propone di risolvere il problema assegnando un'interpretazione privilegiata allo spazio chiamato **base**. Ecco come si esprime Dinsmore a tal proposito:

For purposes of modeling a complete objectivist semantics we can postulate the existence of a space which I call **base** as the outermost space in the embedding hierarchy, the great grandfather of all spaces where context climbing bottoms out. **base** can be thought of as the space that represents things as unconditionally true, i.e. not relative to some context, and so **base** is assumed not to have a primary context. [...] A proposition is satisfied in **base** if and only if that proposition is true. **base** is thus conceived of as the non-temporal, non-situational, totally objective repository of universal truth. [28][pag. 60]

In altri termini, lo spazio **base** è pensato come il livello a cui il regresso si arresta perchè i contenuti di **base** non dipendono da alcuna assunzione (come dimostrato dal fatto che **base** non ha un contesto primario). Questo spazio, dunque, è il perno su cui Dinsmore definisce la semantica di PR.

Come era già avvenuto per la sintassi di PR, anche la semantica di PR è costruita assumendo di disporre di una qualche semantica per PC ed estendendola a PR. Supponiamo dunque che sia stata definita una qualche semantica per PC e che **I** sia la funzione di interpretazione che assegna un'interpretazione a ogni enunciato di PC. Un modo diretto ed elementare per definire la semantica di PR potrebbe essere quello di definire una funzione parziale **J** che ha come dominio l'insieme delle asserzioni di PR tale che:

- (a) per ogni enunciato **P** di PC, $\mathbf{J}(\mathbf{base}|\mathbf{P}) = \mathbf{I}(\mathbf{P})$;
- (b) per ogni asserzione **S|Q** di PR, se **S** \neq **base** o **Q** contiene un termine di spazio, allora $\mathbf{J}(\mathbf{S}|\mathbf{Q})$ è indefinita.

In base a questa definizione, asserzioni come **sp₁ | P** o **base | possibile([sp₃])** non avrebbero alcuna interpretazione. Tuttavia, osserva Dinsmore, se è vero che tali asserzioni non hanno un'interpretazione in sè, è vero che alcune di esse hanno un'interpretazione

“intesa”. In particolare, Dinsmore ha in mente tutte quelle asserzioni che possono essere ricondotte allo spazio **base** mediante l’applicazione di un certo numero di istanze della regola di **Context climbing**. Per esempio, dato l’insieme di asserzioni:

$$\begin{array}{l|l} \mathbf{sp_3} & \mathbf{verde(Kermit)} \\ \mathbf{base} & \mathbf{possibile([\mathbf{sp_3}])} \end{array} \quad (7.21)$$

è abbastanza intuitivo pensare che esso abbia la stessa interpretazione che in PC avrebbe l’enunciato **possibile(verde(Kermit))**. Dinsmore tenta dunque di generalizzare questa intuizione con la nozione di *albero interpretabile* (*interpretable tree*), definita come segue:

(I-tree): un insieme di asserzioni **T** è un albero interpretabile se e solo se valgono le seguenti condizioni:

(a) per ogni enunciato in **T** della forma:

$$\mathbf{S_n} \mid \mathbf{P_n}$$

esiste una sequenza di enunciati in **T** della forma:

$$\mathbf{base} \mid \mathbf{P1}\{[\mathbf{S1}]\}, \mathbf{S1} \mid \mathbf{P2}\{[\mathbf{S2}]\}, \dots, \mathbf{S_{n-1}} \mid \mathbf{Pn}\{[\mathbf{Sn}]\}$$

(b) per ogni contesto in **T** della forma:

$$\mathbf{S0} \mid \mathbf{P}\{[\mathbf{S1}]\}$$

esiste almeno un’asserzione in **T** della forma:

$$\mathbf{S1} \mid \mathbf{Q}$$

(c) Nessun termine di spazio primario compare due volte in **T**

Le tre condizioni ammontano a richiedere che gli spazi che sono menzionati in **T** formino un albero alla cui radice c’è lo spazio **base**, che non ci siano spazi vuoti e che ogni spazio abbia un solo contesto primario. A questo punto è possibile definire l’interpretazione di un albero interpretabile **J(T)**, come segue. Prima di tutto si definisce l’*espansione* di uno spazio **S** rispetto a un albero interpretabile **T**:

$$\mathbf{E_T(S)} = \mathbf{S} \mid \mathbf{P1} \wedge \dots \wedge \mathbf{Pn} \wedge \mathbf{C1}\{[\mathbf{S1}]/\mathbf{E_T(S1)}\} \wedge \dots \wedge \mathbf{Cn}\{[\mathbf{Sn}]/\mathbf{E_T(Sn)}\}$$

dove $S \mid P_1, \dots, S \mid P_n$ sono tutte le asserzioni etichettate con il nome di spazio S in T e $S \mid C_1\{[S_1]\}, \dots, S \mid C_n\{[S_n]\}$ sono tutti i contesti primari con il nome di spazio S in T .

Applicando ricorsivamente tale definizione, la funzione E_T ci dice effettivamente tutti i contenuti che possono essere asseriti in uno spazio applicando la regola di **Context climbing**. Per cui, l'ultimo passo verso la definizione di interpretazione di un albero interpretabile è il seguente: per ogni albero interpretabile T in PR,

$$J(T) = I(P)$$

dove $P = E_T(\text{base})^2$. Rispetto a questa semantica di PR, Dinsmore prova il seguente teorema di correttezza:

Teorema 7.2.1 [Correttezza di PR] *Ogni asserzione standard della forma $\text{base} \mid Q$ derivato in PR da un insieme P di premesse standard etichettate con base è conseguenza logica di P .*

7.3 Discussione

Dopo aver discusso gli aspetti intuitivi e la formalizzazione di PR, chiediamoci se e in che misura PR permette di formalizzare la dimensione cognitiva della dipendenza dal contesto.

Innanzitutto, il contesto primario permette di catturare il fatto che il significato degli enunciati asseriti in un certo spazio dipende da assunzioni implicite. Che questo sia vero lo si può facilmente mostrare osservando che lo stesso enunciato può essere usato per fare asserzioni diverse a seconda dello spazio in cui è contenuto. Bisogna però aggiungere che il contenuto di ogni spazio dipende da un'unica assunzione, quella rappresentata dal suo contesto primario. O meglio, dipende da un'unica sequenza (gerarchica) di assunzioni, ottenuta dalla concatenazione dei contesti primari degli spazi che legano lo spazio in cui è asserito allo spazio **base** (vedi semantica). Tuttavia talvolta sarebbe opportuno avere la possibilità di rappresentare il fatto che i contenuti di uno spazio dipendono da più assunzioni allo stesso livello, ognuna delle quali produce un certo effetto sul significato di ciò che è contenuto in uno spazio. Un esempio è quello del

2. O forse, più precisamente, potremmo dire che $P \in \{Q \text{ tali che } \text{base} \mid Q \text{ appartiene a } E_T(\text{base})\}$.

problema GLM (cfr. § 6.1), in cui quello che abbiamo chiamato un contesto di lavoro dipende da tante assunzioni non organizzate (nè organizzabili) in una catena.

Un secondo aspetto che PR non sembra catturare pienamente è il legame tra contesto e lessico. Sebbene in molti esempi della parte informale del libro Dinsmore sembri pensare che a spazi diversi debbano essere associati linguaggi diversi (o per lo meno, sottoinsiemi diversi di un unico linguaggio), questo aspetto si perde in PR. Infatti, la base su cui è definito il linguaggio di PR è un singolo linguaggio predicativo (quello di PC). La categoria delle asserzioni, che sono il principale oggetto sintattico di PR, è definita ricorsivamente a partire da un insieme di spazi e da PC: se **S** è uno spazio e **P** una formula grammaticalmente corretta di PC, allora **S | P** è un'asserzione. In questa definizione, nessun riferimento è fatto alla possibilità che in diversi spazi siano asseribili diversi insiemi di formule di PC.

In terzo luogo, la logica proposta da Dinsmore non sembra in grado di trattare direttamente il legame tra diverse rappresentazioni dello “stesso” fatto in diversi spazi. Su questo particolare aspetto, non è chiaro quanto questo sia un limite di PR e quanto sia Dinsmore che non ha preso in considerazione questa possibilità. In ogni caso, nessuna regola di PR permette di cambiare la forma di un enunciato (in particolare di una formula di PC) quando esso è “spostato” (o ereditato) da uno spazio a un altro o di formulare un'asserzione che dica che un certo enunciato in uno spazio è una rappresentazione a un diverso livello di dettaglio dello stesso fatto rappresentato da un altro enunciato in un altro spazio. Per esempio, non è chiaro come l'enunciato **on(A,B)** in uno spazio **sp_m** possa essere trasformato in un enunciato **on(A,B,T)** in uno spazio **sp_n** in cui il tempo deve essere reso esplicito. Uno potrebbe immaginare di introdurre una regola mediante cui l'enunciato **on(A,B)** in uno spazio che descrive una situazione al tempo **T** diventa **on(A,B,T)** in un altro spazio. Il problema, però, è che non è chiaro in che modo questo possa essere fatto preservando le regole di ben formatezza di un linguaggio logico standard come quello di PC (nei linguaggi logici, un predicato non può avere una volta due e una volta tre argomenti).

Un altro problema è il seguente: quale nesso esiste tra l'enunciato **P** in uno spazio **sp_i** e l'enunciato **P** in uno spazio **sp_j**? Da un lato, sappiamo che l'interpretazione di **P** in **sp_i** è riportata a quella di

un enunciato più complesso nello spazio **base**. Ma questo non ci permette di stabilire se intuitivamente i due enunciati “dicono la stessa cosa” nei due spazi o no. Questo problema diventa ancora più urgente se immaginiamo di introdurre il seguente contesto secondario:

sp.i | [sp.j]

Come sappiamo, il suo significato è che lo spazio **sp.i** eredita i contenuti di **sp.j**. Supponiamo che **P** sia asserito in **sp.j**. Qual è, intuitivamente, il nesso tra le due asserzioni di **P**? Quando **P** viene ereditato da **sp.i**, questo vuol dire che **P** significa la stessa cosa nei due spazi o no? Per essere più concreti, immaginiamo che i due spazi **sp.p** e **sp.f** rappresentino rispettivamente le credenze di Paolo e di Fausto e che **sp.pf** rappresenti le credenze congiunte di Paolo e di Fausto (magari dal punto di vista di Carlo). Esso dovrebbe ereditare i contenuti di **sp.p** e **sp.f**. Se i due spazi originari contengono entrambi **P**, è lecito supporre che le due asserzioni **sp.p | P** e **sp.f | P** possano essere rappresentate entrambe dall’asserzione **sp.pf | P**? È possibile tener conto del fatto che Paolo e Fausto potrebbero attribuire diverso significato a **P** (un esempio banale è quello in cui **P** contiene l’indicale ‘io’)? La semantica di PR non permette di dare una risposta definita a queste domande.

Un’ultima considerazione sulla semantica di PR. Se a livello intuitivo Dinsmore insiste molto sull’idea che gli spazi sono rappresentazioni autonome di un certo aspetto del mondo, a livello formale questo aspetto ne esce alquanto indebolito. Infatti, la semantica di PR implica che – di fatto – solo gli enunciati nello spazio denominato **base** abbiano un significato in sè. Tutti gli enunciati appartenenti a spazi diversi hanno un significato solo in senso derivato, cioè solo in quanto sono in qualche modo riconducibili a enunciati (più complessi) dello spazio **base**. Questo però costituisce un serio limite alle possibilità di PR di formalizzare la nozione di contesto cognitivo. Infatti, come abbiamo visto, una delle ragioni cruciali per cui abbiamo bisogno del contesto in una teoria della rappresentazione della conoscenza è proprio l’impossibilità per un agente con limitata conoscenza del mondo di elencare tutte le dipendenze contestuali di un certo enunciato. Per contro, assegnare un’interpretazione a un’asserzione **S | P** solo se è possibile percorrere a ritroso il cammino da **S** a **base** mediante ripetute applicazioni della regola di **Context Climbing** è

un modo per dire che un'asserzione ha significato solo se è possibile decontestualizzarla completamente. Per quanto infatti Dinsmore ripeta più volte che questa non è l'unica interpretazione possibile della teoria delle rappresentazioni ripartite, nella semantica di PR assume una posizione che egli stesso definisce "oggettivistica". Un modo per re-interpretare la posizione di Dinsmore è quello di sostenere che **base** non descrive il mondo come veramente è, ma è una rappresentazione del mondo relativa a un agente. In altre parole, **base** sarebbe lo spazio in cui un certo agente interpreta tutti gli enunciati che egli rappresenta mentalmente in spazi diversi da **base**. Questa interpretazione sposterebbe il problema da quello di una decontestualizzazione di tipo metafisico (l'eliminazione delle dipendenze contestuali permette di descrivere come stanno le cose nel mondo) a una decontestualizzazione di tipo cognitivo (l'eliminazione delle dipendenze contestuali permette di stabilire il livello massimo di generalità di una rappresentazione del mondo da parte di un certo agente). Questa visione è certamente coerente con l'approccio generale di Dinsmore. Tuttavia, da un lato non ci dice nulla sul nesso tra le rappresentazioni mentali di agenti diversi; dall'altro, non è detto che un agente sia sempre in grado di percorrere effettivamente la catena dei contesti primari fino alla radice (cioè lo spazio **base**). Questa difficoltà sembra insormontabile per PR, poichè l'idea di decontestualizzazione è incorporata nella struttura stessa di PR (una struttura sostanzialmente gerarchica), il cui effetto è che non è possibile assegnare un significato a un enunciato in uno spazio che non sia propriamente inserito in questa gerarchia o albero alla cui radice sta lo spazio **base**.

8. *La logica dei contesti (LC)*

John McCarthy è stato, a mia conoscenza, il primo a proporre esplicitamente di formalizzare la nozione di contesto¹. In precedenza, infatti, la nozione di contesto era sempre stata introdotta in alcuni sistemi formali come uno strumento per formalizzare altri fenomeni, linguistici (soprattutto l'indicalità) o cognitivi (per esempio, la ripartizione della conoscenza in spazi distinti). McCarthy, spinto da motivazioni interne all'IA, ha invece ritenuto necessario affrontare direttamente il problema di dare una logica dei contesti². Storicamente, a parte gli accenni ancora molto vaghi dello stesso McCarthy nel suo articolo sul problema della generalità [70], la prima versione della *logica dei contesti* (LC) proposta da McCarthy apparve nella tesi di dottorato che Guha preparò sotto la sua supervisione [50]. Guha propose anche una semplice semantica di tale logica, che tuttavia non è stata ulteriormente approfondita. McCarthy ha presentato le proprie idee in prima persona nell'articolo *Notes on Formalizing Context* [72], idee successivamente ampliate in alcune note non pubblicate (l'ultima, in ordine di tempo, è [73]). Una semantica (diversa da quella di Guha)

1. Anche se alcune idee sull'utilizzo della nozione di contesto in AI furono proposte quasi dieci anni prima da Richard Weyhrauch nel suo articolo *Prolegomena to a Theory of Mechanized Formal Reasoning* [100]. Weyhrauch era motivato dal progetto di identificare il corrispettivo meccanizzato della nozione (formale) di teoria. Un contesto era, in quest'ottica, una struttura dati che rappresentava finitamente una teoria. Storicamente, è interessante notare che l'articolo di Weyhrauch apparve sullo stesso numero del *Journal of Artificial Intelligence* dedicato al problema del ragionamento non monotono in cui furono originariamente pubblicati anche i contributi di McCarthy sulla circoscrizione [68], di Reiter sulla logica dei default [87] e di McDermott e Doyle su un approccio modale [75]. Tutta la ricerca successiva sul ragionamento non monotono in AI si è snodata sulle direzioni tracciate da questi quattro fondamentali articoli.

2. Per una discussione critica di tutto il progetto scientifico di McCarthy, compreso il modo in cui giunge a introdurre il problema del contesto, si veda [43].

per una versione proposizionale di LC è stata proposta da Buvac e Mason (due studenti di McCarthy) nell'articolo *Propositional Logic of Context* [15]; Buvac ne ha proposto anche un ampliamento per la parte predicativa in *Quantificational Logic of Contexts* [14]. È interessante notare che McCarthy, pur avendo seguito i lavori di Buvac e Mason, non ha mai preso posizione a favore di tale semantica, probabilmente per il forte aspetto modale di tali approcci (McCarthy ha sempre combattuto una battaglia personale contro l'uso della logica modale in IA).

8.1 Il problema della generalità

Come abbiamo accennato nel capitolo 1, la principale motivazione che spinse McCarthy a proporre una formalizzazione del contesto fu il cosiddetto *problema della generalità*³, così presentato dallo stesso McCarthy:

It was obvious in 1971 and even in 1958 that AI programs suffered from a lack of generality. It is still obvious and now there are many more details. The first gross symptom is that a small addition to the idea of a program often involves a complete rewrite beginning with the data structures [...] When we take the logic approach to AI, lack of generality shows up in that the axioms we devise to express common sense knowledge are too restricted in their applicability for a general common sense database. [70][pag. 226]

Il tipo di difficoltà che McCarthy ha in mente è ben esemplificato dalla *Above-Theory*, che in molti articoli compare come il principale esempio motivante per la formalizzazione del contesto: qualunque forma uno scelga per rappresentare la conoscenza sulla transitività della relazione *above*, essa non sarà mai abbastanza generale

3. Una interessante osservazione storica è che la stessa linea di pensiero aveva condotto McCarthy, quasi dieci anni prima, a isolare la problematica del cosiddetto ragionamento non monotono. In questo capitolo non mi occuperò in modo particolare del problema del ragionamento non-monotono (qualche osservazione in più è presente nell'appendice A). Per chi fosse interessato, i contributi "storici" sulla formalizzazione del ragionamento non monotono sono raccolti in [37]. In [70] il problema del ragionamento non monotono viene esplicitamente discusso in relazione al problema della generalità di cui ci occupiamo in questo paragrafo. Come vedremo, la formalizzazione del contesto è visto da McCarthy proprio come un modo per risolvere alcuni aspetti del problema della generalità che le logiche non monotone non risolvevano.

da essere applicabile in tutte le circostanze. Questo è esattamente il punto in cui problema della generalità e contesto si intrecciano:

Whenever we write an axiom, a critic can say that the axiom is true only in a certain context. With a little ingenuity the critic can usually devise a more general context in which the precise form of the axiom doesn't hold. [70][pag. 226]

McCarthy sembra intravedere due possibili strade per risolvere questo problema⁴. La prima è quella di cercare di esplicitare tutto ciò che è implicito in una certa rappresentazione, in modo da interrompere il gioco del “critico” che continua a trovare situazioni sempre più improbabili in cui una rappresentazione non vale. Tuttavia McCarthy ritiene che questa soluzione non sia una vera soluzione, almeno per tre ragioni:

- prima di tutto, è innegabile che – in pratica – gli esseri umani utilizzino rappresentazioni altamente dipendenti dal contesto, probabilmente per la maggior semplicità e per l'efficienza comunicativa. Il passo di McCarthy citato poco sopra, infatti, si concludeva con la seguente affermazione:

[...] [I]f we axiomatize at a fairly high level of generality, the axioms are often longer than is convenient in special situations. Thus humans find it useful to say, 'The book is on the table', omitting reference to time and precise identification of what book and what table. [70]

- la seconda ragione è che non sempre ha senso parlare di una rappresentazione assolutamente generale. Prendiamo l'esempio del problema GLM (cfr. § 6.1): non è vero che continuando a introdurre primitive linguistiche sempre più complesse (per esempio aumentando l'arietà dei predicati) o complicando gli assiomi (per esempio aggiungendo precondizioni) si ottenga una rappresentazione con il maggior grado possibile di generalità. Talvolta, per esempio, la stessa azione può richiedere

4. È interessante confrontare queste due possibili strade con quelle indicate da Lewis nel Postscript di [57] a cui ho accennato nel § 3.6. Anche se da due prospettive molto diverse, sembra che la formalizzazione della dipendenza contestuale si scontri sempre con lo stesso tipo di difficoltà.

due insiemi di precondizioni diversi, tali che nessuno dei due sia un sottoinsieme dell'altro⁵;

- infine, la terza ragione è che non è sempre possibile, per agenti con limitata conoscenza del mondo, stabilire una lista completa di assunzioni implicite da cui una certa rappresentazione dipende. Quando infatti si passa dalla rappresentazione di cosiddetti micro-mondi (una sorta di domini giocattolo, come il mondo dei blocchi, introdotti in IA per studiare le proprietà logiche di particolari formalismi di rappresentazione) a conoscenza sul mondo reale, la complessità aumenta a tal punto che è difficile prevedere in anticipo tutto ciò che può (e potrà) qualificare la verità di un certo assioma (o insieme di assiomi).

La seconda strada è quella di formalizzare la nozione di contesto in modo tale che il contesto rappresenti (implicitamente) l'insieme delle assunzioni da cui una certa rappresentazione dipende. Questa strada dovrebbe permettere di risolvere tutte e tre le difficoltà contro cui si scontrava la prima soluzione. In primo luogo, essa permetterebbe di lasciare implicita (nel contesto) molta informazione. In secondo luogo, le assunzioni implicite dovrebbero permettere di giustificare il motivo per cui certa informazione può essere trascurata in un contesto e non in un altro (per esempio, nel contesto del micro-mondo dei blocchi è ragionevole tralasciare l'informazione che uno eventualmente possiede sulle proprietà dei corpi sferici, mentre nel contesto del gioco delle bocce non lo è). Infine, asserire un enunciato (o insieme di enunciati, come per esempio quelli di AT) *in* un certo contesto è un modo per segnalare che quell'enunciato dipende da assunzioni, solo alcune delle quali sono note. Questo permette di stare dietro al gioco del "critico", poichè le sue domande possono essere viste come la richiesta di passare ogni volta a un contesto più generale del precedente, in cui una o più assunzioni sono esplicitate.

8.2 Le idee base di LC

Uno dei punti di forza di McCarthy è sempre stata la sua capacità di cogliere, utilizzando esempi molto semplici e intuitivi, aspetti del

5. Questo problema, chiamato *problema della qualificazione*, è lungamente discusso e formalizzato nell'appendice A.

ragionamento di senso comune così “ovvi” da essere spesso sfuggiti all’analisi logica tradizionale. Tali esempi hanno dapprima aperto la strada verso nuove aree di ricerca, quindi ne hanno alimentato la discussione per anni⁶. Lo stesso sembra avvenire per la logica dei contesti, rispetto alla quale McCarthy rifugge da premature generalizzazioni che ne limitino la portata. Questo aiuta a capire l’atteggiamento da “informatico” o da “ingegnere” con cui McCarthy dice di voler affrontare il problema del contesto:

Our object is to introduce contexts as abstract mathematical entities with properties useful in artificial intelligence. Our attitude is therefore a computer science or engineering attitude. If one takes a psychological or philosophical attitude, one can examine the phenomenon of contextual dependence of an utterance or belief. However, it seems to us unlikely that this study will result in a unique conclusion about *what context is*. Instead, as is usual in AI, various notions of context will be found useful. [72]

In questo paragrafo presenterò le intuizioni “da ingegnere” in base a cui McCarthy ha intrapreso una formalizzazione del contesto che sia utile per il progetto (più generale) di formalizzazione del senso comune in IA. Nei paragrafi successivi esporrò invece parte del lavoro tecnico che è stato sviluppato su tali intuizioni da McCarthy stesso e dai suoi collaboratori.

Rappresentare la conoscenza nel suo contesto

La prima intuizione, motivata dalla discussione del problema della generalità, è che ogni enunciato è sempre relativo a un contesto. Conseguentemente, i principali oggetti formali di LC saranno espressioni del tipo:

$$c : w$$

il cui significato intuitivo è che l’enunciato w è asserito in un contesto c . Per esempio, il fatto che l’enunciato “Holmes è un detective” è relativo al contesto delle storie di Sherlock Holmes (abbreviato con

6. Basti pensare che la ricerca sul ragionamento non monotono si è sviluppata attorno ad esempi apparentemente banali come quello del pinguino Tweety[68]. Gli articoli in [37] fanno emergere molto chiaramente il ruolo motivante degli esempi di McCarthy.

SHS) è rappresentato con la scrittura:

$$SHS : \textit{Holmes è un detective} \quad (8.1)$$

In modo simile potremmo esprimere il fatto che lo stesso enunciato è asserito relativamente al contesto della storia giudiziaria americana o del pugilato.

È interessante notare che McCarthy, a differenza di Dinsmore, “salta” il passaggio attraverso l’idea di spazio (mentale). Invece di dire che ogni enunciato appartiene a uno spazio e di definire poi il contesto (primario) di questo spazio, McCarthy preferisce pensare direttamente che un enunciato sia sempre asserito in un contesto. Questa scelta, probabilmente, è dovuta all’impostazione di McCarthy, meno legata all’idea di rappresentazione mentale e più a quella di rappresentazione della conoscenza (così come quest’ultima è intesa in IA).

Reificazione del contesto

Un aspetto molto importante di LC (forse quello più innovativo rispetto all’approccio metafisico) è la richiesta che, tra i fatti asseribili in un certo contesto, ci siano anche fatti su altri contesti. Se da un lato è vero che la scrittura $c : w$ indica che w è asserita in un certo contesto, dall’altro McCarthy ritiene che una logica dei contesti debba possedere un linguaggio sufficientemente espressivo per rappresentare (linguisticamente) il fatto che una certa formula è asserita in un contesto. Per esempio, esiste una notevole differenza tra il fatto che l’enunciato “Ho fame” sia emesso in un contesto c e l’enunciato che dice che “Ho fame” è stato emesso nel contesto c . In LC, il primo caso è rappresentato con la notazione:

$$c : \textit{Ho fame} \quad (8.2)$$

mentre il secondo è rappresentato dalla formula:

$$c_1 : \textit{ist}(c, \textit{Ho fame}) \quad (8.3)$$

Il simbolo \textit{ist} è introdotto da McCarthy con il significato intuitivo che la formula data come secondo argomento (in questo caso

“Ho fame”) è vera (*IS True*) nel contesto dato come primo argomento (cioè c). Tra le due occorrenze del simbolo c in (8.2) e (8.3) c ’è una differenza sostanziale : nella prima, c è un oggetto metalinguistico che serve per parlare dall’esterno del sistema di un certo contesto; nella seconda, c è un nome (del linguaggio di LC) che denota un oggetto del dominio di interpretazione, al quale stiamo attribuendo una proprietà.

Una domanda pertinente a questo punto è: che tipo di oggetti sono c e w in formule del tipo $c_1 : ist(c, w)$? La posizione di McCarthy su questo punto non è del tutto chiara. Qui non discuterò nei particolari lo status di w . Mi limito ad accennare al fatto che pensare w come una formula vera e propria porta a vedere *ist* più come una modalità che come un predicato (questa, come vedremo, è la strada che prenderanno Buvac e Mason, ma in parte anche Guha), mentre pensarla come il nome di una formula richiede di affrontare il legame tra la formula in quanto tale e il suo nome in altri contesti (un problema che, come vedremo, tornerà in primo piano nei Sistemi MultiContesto, cap. 9). Concentriamoci invece su c . Nei termini di McCarthy il simbolo (linguistico) c è la *reificazione* di un contesto. McCarthy ritiene che i contesti siano *oggetti ricchi*, cioè oggetti che non possono essere descritti completamente a causa della loro complessità. In questo modo i contesti vengono messi nella stessa categoria ontologica delle situazioni, almeno così come esse sono definite da McCarthy e Hayes in [74]⁷. Nel caso di una situazione, definita come lo stato dell’universo in un determinato istante di tempo, la ricchezza dipende dal fatto che nessun essere finito può conoscere lo stato completo dell’universo, ma solo un certo insieme di fatti su di esso (per esempio, nella situazione s vale il fatto P). Nel caso di un contesto, la ricchezza deriva dal fatto che nessun essere finito è in generale in grado di conoscere tutti i fatti che sono veri relativamente a un certo contesto. Una posizione simile, ma non identica, è presente in Guha:

Contexts are objects in the domain, *i.e.* we can make statements “about” contexts. They are rich objects [...] in that a context can never be completely described. The contextual effects on an ex-

7. Un confronto tra le nozioni di situazione e di contesto come oggetti ricchi, si veda [41]. Parte del confronto è ripreso anche nel capitolo 9.

pression are often so rich that they cannot be captured completely in the logic. This is what leads us to incorporate contexts as objects in our ontology. [...] In other words, the context object can be thought of as the reification of the context dependencies of the sentences associated with the context. [50] [p. 6]

L'accento è messo sulla nozione di dipendenza contestuale: siccome in generale non è possibile ricostruire tutti i fatti da cui una certa espressione dipende, si introduce un oggetto (il contesto) che rappresenti tutte queste dipendenze, solo alcune delle quali vengono eventualmente rappresentate⁸.

La reificazione dei contesti e le formule del tipo $ist(c, w)$ permettono un'espressività molto maggiore sia rispetto a LD (il cui linguaggio non prevede termini che rappresentino contesti), sia rispetto a PR (i cui termini per contesti primari e secondari sono più che altro un modo abbreviato per indicare l'insieme di enunciati contenuti in uno spazio). In LC è possibile asserire fatti relativamente al contesto in cui un certo enunciato è prodotto. Supponiamo infatti che Kaplan sia a Los Angeles il 21 aprile 1973 e dica "Io sono qui ora"⁹. Se chiamiamo E tale contesto di emissione, possiamo scrivere:

$$E : \text{Io sono qui ora} \quad (8.4)$$

Si noti che questo non permette in nessun modo di stabilire che il contenuto dell'emissione è che David Kaplan è a Los Angeles il 21 aprile 1973. Ciò che ci manca è informazione *a proposito* di E . Il meccanismo della reificazione dei contesti ci permette di esprimere tale informazione, naturalmente qualora sia disponibile. Per esempio, il fatto che la data di emissione è il 21 aprile 1973 può venir espresso con la formula:

$$Obs : \text{tempo}(E, 21\text{-apr-1973}) \quad (8.5)$$

8. Osserviamo che McCarthy, in articoli successivi, ha sostenuto che non tutti i contesti sono oggetti ricchi; per esempio, secondo la sua prospettiva, tale non sarebbe il contesto delle storie di Sherlock Holmes, dato che l'insieme dei fatti veri in esso sarebbe esattamente l'insieme dei fatti contenuti negli omonimi libri. Ma su questo punto preferiamo non insistere.

9. Questo esempio è una mia elaborazione a partire da LC. In generale, McCarthy e il suo gruppo non sono in generale interessati a formalizzare contesti di produzione.

dove Obs è un contesto che rappresenta la conoscenza che un osservatore ha del contesto E . La stessa cosa può essere fatta per esprimere l'informazione che il parlante di E è David Kaplan. Avere o non avere l'informazione espressa da (8.5) in Obs spiega la capacità o meno di un agente di risolvere la dipendenza di (8.4) dal contesto di produzione. Per esempio, dati degli assiomi adeguati, un'inferenza che ci aspettiamo di poter fare in Obs da (8.4) e dalle informazioni su parlante, luogo e data associate a E è proprio:

$$Obs : \text{ist}(E, \text{Io sono qui ora}) \supset \\ \text{Kaplan è a Los Angeles il 21 aprile 1973} \quad (8.6)$$

Tale inferenza sarebbe bloccata dall'assenza di informazione su E .

È interessante a questo proposito notare che LC offre un modo per risolvere una difficoltà discussa nel capitolo 5 relativamente alla possibilità di formalizzare in modi diversi lo stesso fatto a seconda di ciò che viene implicitamente assunto. Per esempio, avevamo osservato che la logica di Kaplan prevede una sola "traduzione" formale dell'enunciato "(Io) sono qui (ora)", quella in cui tutti i dimostrativi sono esplicitati. In altre parole, la dipendenza di "(Io) sono qui (ora)" dal contesto è ridotta da Kaplan al fatto che le espressioni indicali hanno un comportamento di tipo parametrico. Tuttavia Kaplan non prende in considerazione la possibilità che una rappresentazione di un enunciato dipenda dal tempo anche nel senso che il tempo è lasciato implicito. In LC è possibile catturare anche questa seconda forma (non parametrica) di dipendenza dal tempo (e, per analogia, da altri fattori) utilizzando l'idea che una delle proprietà di un contesto può essere quella di *specializzare* la verità di uno o più enunciati a un certo tempo. Per esempio, possiamo immaginare che un contesto $c2$ specializzi il valore degli enunciati di un altro contesto $c1$ al tempo t . McCarthy propone di rappresentare questa relazione tra $c1$ e $c2$ con il seguente assioma¹⁰:

$$(\text{spec-time}(t, c1, c2) \wedge \text{ist}(c1, p)) \supset \text{ist}(c2, \text{at-time}(t, p)) \quad (8.7)$$

Il significato intuitivo di (8.7) è il seguente: se un contesto $c2$ specializza i contenuti del contesto $c1$ al tempo t , allora tutto ciò che

10. Quando non diversamente indicato, le formule di LC che introdurrò senza alcun contesto sono da intendersi come appartenenti a tutti i contesti.

è assertito in c_1 può essere assertito in c_2 relativamente al tempo t . Pertanto, se abbiamo l'informazione che il contesto c_2 specializza il tempo di E al 21 aprile 1973, a partire da un enunciato come:

$$E : \text{Sono qui} \quad (8.8)$$

è possibile ricavare qualcosa come:

$$c_0 : \text{ist}(c_2, \text{at-time}(21\text{-apr-1973}, \text{Sono qui})) \quad (8.9)$$

e questo senza che l'enunciato in questione contenga alcun riferimento, neanche parametrico, al tempo associato al contesto di produzione.

Operazioni sui contesti

Se Dinsmore aveva solo implicitamente introdotto l'idea di operazioni specifiche sui contesti, McCarthy mette questa idea al centro di LC. Le principali operazioni introdotte da McCarthy sono tre: *entrare in un contesto*, *uscire da un contesto* e il *lifting*. Come si noterà, queste tre operazioni stanno alla base della formalizzazione in LC di quello che nel cap. 6 ho chiamato ragionamento intra-contestuale.

(a) *Entrare in un contesto*

La prima operazione su cui si concentra l'attenzione di McCarthy è quella di *entrare* in un contesto. Tecnicamente, questa operazione consiste nel passare da una formula del tipo:

$$c_1 : \text{ist}(c, w) \quad (8.10)$$

a una formula del tipo:

$$c : w \quad (8.11)$$

Ci sono vari modi di interpretare questa operazione. Intuitivamente, può essere pensata in base all'analogia con il processo cognitivo di focalizzare l'attenzione su un insieme di fatti (ovvero quelli assertiti in un singolo contesto). Per esempio, se c fosse il contesto delle storie di Sherlock Holmes, entrare in c vorrebbe dire restringere l'attenzione (e il ragionamento) ai soli fatti che appartengono a quel

contesto. Tecnicamente, McCarthy propone di pensare l'operazione di entrare in un contesto in modo analogo all'operazione di fare un'assunzione in un calcolo di deduzione naturale. L'idea è che la verità di ciò che è asserto (o che viene derivato) nel contesto delle storie di Sherlock Holmes dipende dalle assunzioni relative a quel contesto¹¹.

(b) Uscire da un contesto

La seconda operazione, quella di *uscire* da un contesto, è speculare alla prima. Tecnicamente, essa permette di passare da una formula del tipo:

$$c : w \quad (8.12)$$

a una formula del tipo:

$$c_1 : \text{ist}(c, w) \quad (8.13)$$

Anche questa operazione ha un duplice livello di interpretazione. Da un lato, essa corrisponde all'operazione intuitiva di esplicitare il contesto in cui un certo fatto è asserto. Per esempio, dopo aver inferito qualche fatto nel contesto delle storie di Sherlock Holmes, potremmo voler esplicitare che esso è relativo a quel contesto (e non a un altro). Dal punto di vista più tecnico, uscire da un contesto può essere visto come l'operazione di scaricare una certa assunzione (o insieme di assunzioni) in calcoli di deduzione naturale, cioè l'operazione inversa a quella di fare assunzioni (associata all'idea di entrare in un contesto).

La combinazione delle due operazioni di entrata e uscita da un contesto può essere vista come un modo per generalizzare il calcolo della deduzione naturale. Lo stesso McCarthy suggerisce questa interpretazione fin dal suo primo lavoro sui contesti, cioè [70]. L'esempio di McCarthy è il seguente (leggermente modificato rispetto

11. Non facendo parte degli scopi del presente lavoro, mi limiterò a osservare di passaggio che entrare in un contesto non ha solo una valenza rappresentazionale, ma può essere sfruttata anche per progettare dei sistemi computazionalmente molto efficienti. Si veda, per esempio, l'utilizzo dei contesti fatto da Lenat e Guha nel progetto CYC [55].

alla notazione originale):

1	$ist(c,p)$	Assunzione
2	p	Entrare in c
	...	
	...	
n	q	
$n+1$	$ist(c,q)$	Uscire da c

L'idea è che, a partire dall'assunzione che un certo fatto p sia vero in un contesto c (linea 1), è possibile entrare nel contesto c (linea 2), derivare qualche conseguenza q usando solo fatti appartenenti al contesto c (linee 2- n), e infine asserire la verità di q in c uscendo da c stesso (linea $n + 1$). Questo tipo di ragionamento è analogo a quello descritto intuitivamente nel paragrafo 7.1 (e rappresentato nella figura 7.4) a proposito di PR, anche se ci sono delle importanti differenze tecniche.

L'operazione di uscire da un contesto suggerisce una domanda generale: esiste un termine all'operazione di uscire da un contesto? In altre parole, è possibile continuare indefinitamente il processo di uscire da un contesto o esiste qualcosa come un contesto più esterno (*outermost contest*)? Qui la risposta di McCarthy (e del suo gruppo) è chiara: non esiste un contesto più esterno, perchè altrimenti le formule di tale contesto non sarebbero asserite in nessun contesto e quindi tutte le loro dipendenze contestuali dovrebbero essere esplicitate. Ma questo, come abbiamo visto, non viene ritenuto possibile da McCarthy. Questa è una seconda differenza con PR, sulla quale ritornerò in sede di conclusioni del capitolo.

(c) Il "lifting"

Una terza operazione molto importante è il *lifting*. Tale operazione permette di mettere in relazione la verità di una formula in un contesto con la verità di una formula in un altro contesto. Per esempio, è naturale pensare che se nel contesto che descrive l'ufficio di Fausto all'Università è vero il fatto che ci sono due scrivanie, lo stesso fatto sarà vero anche nel contesto della descrizione dell'arredamento dell'Università (e viceversa). Le relazioni tra formule di diversi contesti sono immaginate da McCarthy come assiomi (chiamati appunto *lif-*

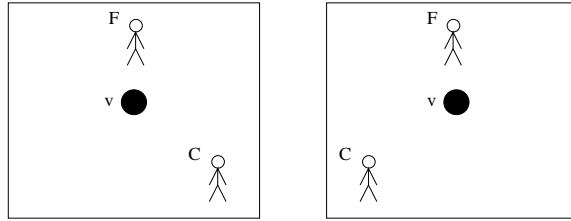


Figura 8.1: Esempio di *lifting* (LC)

ting axioms). Nella formulazione di Guha, lo scopo di un assioma di *lifting* è il seguente:

Given a pair of contexts C_1 and C_2 and a formula F_1 in C_1 we would like to determine what an equivalent formula in C_2 would be; *i.e.* we are interested in computing a formula F_2 which in C_2 would ‘state the same thing’ in C_2 as F_1 in C_1 . [50] [p. 34]

La relazione ‘esprimere la stessa cosa’ tra due formule è formalizzata come un bicondizionale, per cui gli assiomi di *lifting* avranno la seguente forma:

$$ist(c1, p) \equiv ist(c2, q) \quad (8.14)$$

Nei casi più semplici, p e q sono la stessa formula. Tuttavia, il *lifting* di un fatto da un contesto a un altro richiede in generale una trasformazione della formula in questione. Un semplice esempio (tratto da [50]) è rappresentato nella figura 8.1. Fred (F) sta di fronte a Chris (C) e, riferendosi al vaso (v) al centro della stanza, dice:

$$Mi\ piace\ il\ vaso\ alla\ tua\ sinistra \quad (8.15)$$

Chris, che non ha sentito, si sposta sull’altro lato della stanza e chiede a Fred di ripetere. Fred stavolta dice:

$$Mi\ piace\ il\ vaso\ alla\ tua\ destra \quad (8.16)$$

La trasformazione di (8.15) in (8.16) è ciò che Guha (e McCarthy) intendono quando dicono che due formule, sebbene differenti, esprimono la stessa cosa in due contesti diversi.

Anche il problema della *above-theory* (cfr. capitolo 5) può essere visto come una forma di *lifting*. Se assumiamo che il contesto Obs contenga una esplicita rappresentazione del tempo e $Obs_at(t)$ sia la specializzazione di Obs al tempo t , possiamo immaginare che valga (per esempio) il seguente (schema di) assioma di *lifting*:

$$ist(Obs, above(x, y, t)) \equiv ist(Obs_at(t), above(x, y)) \quad (8.17)$$

il cui significato intuitivo è: ogni volta che si può asserire in Obs che un oggetto x è sopra un oggetto y al tempo t , allora nel contesto $Obs_at(t)$ dovrà essere asseribile $above(x, y)$ (e viceversa).

Un'osservazione – che riprenderò nel capitolo sui Sistemi MultiContesto – è che, in un certo senso, anche le operazioni di entrata e di uscita da contesti potrebbero essere pensate come un caso particolare di *lifting*: ogni volta che una formula $ist(c, w)$ vale in un contesto c_1 , allora la formula w deve valere nel contesto c (e viceversa). Ma non è questo il modo in cui le operazioni di entrata e uscita dal contesto sono formalizzate in LC.

8.3 Formalizzazione di LC

Come accennato all'inizio di questo capitolo, McCarthy non ha fornito una vera e propria formalizzazione di LC, limitandosi a proporre intuizioni sulle proprietà che una tale formalizzazione dovrebbe avere e a presentare esempi da usare come banco di prova per una logica dei contesti. LC è stata formalizzata da Guha nella sua tesi di dottorato e da Buvac e Mason in alcuni articoli. Nei prossimi paragrafi cercherò di far vedere in che modo (e fino a che punto) tali lavori catturano le intuizioni di McCarthy, presentando (e talvolta contrapponendo) i due approcci.

8.3.1 Sintassi di LC

Guha [50] da un lato e Buvac e Mason [15] dall'altro concordano sull'esistenza di un vocabolario totale di LC, a partire dal quale sono poi definiti i linguaggi dei singoli contesti. Entrambi i lavori propongono di definire il linguaggio di un contesto come un sottoinsieme del vocabolario totale; tuttavia, le due formalizzazioni divergono significativamente nel modo in cui tale idea è trattata dal punto di vista

formale. Infatti, mentre [50] definisce la nozione di linguaggio di un contesto a livello sintattico, [15] recupera l'idea a livello semantico mediante l'utilizzo di funzioni di valutazione parziali.

Guha definisce la sintassi di LC come segue:

1. esiste un insieme di oggetti chiamati *contesti*;
2. la *grammaticalità* di un'espressione è così definita:
 - (a) il *vocabolario totale* è un insieme qualunque di simboli (non logici);
 - (b) i simboli logici sono quelli normalmente appartenenti a un linguaggio del primo ordine con identità (connettivi, quantificatori e variabili individuali, identità) più il simbolo *ist*;
 - (c) termini e formule grammaticalmente ben formati sono definiti a partire dal vocabolario totale come segue:
 - ogni simbolo è un termine;
 - ($\langle \text{costante} \rangle \langle \text{termine} \rangle \langle \text{termine} \rangle \dots$) è un termine;
 - ($\langle \text{costante} \rangle \langle \text{termine} \rangle \langle \text{termine} \rangle \dots$) è una formula;
 - $\neg \langle \text{formula} \rangle$ è una formula;
 - ($\langle \text{formula} \rangle \vee \langle \text{formula} \rangle$) è una formula;
 - ... (la definizione per gli altri connettivi proposizionali binari è ricavabile modificando quella standard in base alla definizione precedente);
 - $\forall \langle \text{variabile} \rangle \langle \text{formula} \rangle$ è una formula;
 - ...
 - $\text{ist}(\langle \text{termine} \rangle \langle \text{formula} \rangle)$ è una formula.
3. un *linguaggio* è un sottoinsieme del vocabolario totale tale che:
 - (a) per ogni simbolo costante, viene specificato se esso sia un simbolo di predicato, di funzione o di costante individuale;
 - (b) a ogni simbolo di predicato e di funzione (in questo sottoinsieme) viene assegnata una certa arietà.

Questa definizione non è standard sotto molto aspetti. Innanzitutto, la definizione di grammaticalità è data rispetto a un insieme di simboli e non rispetto a un linguaggio in senso tradizionale. Ciò significa, per esempio, che lo stesso simbolo può comparire come simbolo costante di predicato, di funzione e come costante individuale in due espressioni diverse e grammaticalmente ben formate (in altre parole, se il simbolo a appartiene al vocabolario totale, allora $a(x, y)$, $a(x, y, z)$, $a(x) = y$ e a sono tutte espressioni grammaticalmente ben formate del vocabolario totale). La nozione di linguaggio viene invece introdotta relativamente a un contesto; a ogni contesto viene assegnato un sottoinsieme dei simboli del vocabolario totale e ognuno dei simboli del linguaggio viene assegnato a una precisa categoria sintattica (simboli di predicato, di funzione, simboli di costante individuale); ai predicati e ai funtori viene assegnata una certa arietà (numero di argomenti). Il motivo per cui la definizione di linguaggio passa attraverso quella di vocabolario totale è che in tal modo Guha intende render conto della distinzione tra espressioni *grammaticalmente corrette* (proprietà chiamata *grammaticality*) ed espressioni *dotate di senso* (proprietà chiamata *meaningfulness*). Guha ritiene che tale distinzione sia tra i desiderata fondamentali di una logica dei contesti, poichè essa permette di spiegare in che senso espressioni grammaticalmente corrette possano avere un senso in certi contesti ma non in altri. Per esempio, l'espressione *calvo(Re-di(Francia))* da un lato è sicuramente grammaticale, ma dall'altro non è dotata di senso nel contesto cucina italiana.

È interessante notare che, anche se una formula F è priva di senso in un contesto c , la versione di LC di Guha prevede che la formula $ist(c, F)$ sia comunque sensata. Per esempio, anche se l'espressione *calvo(Re-di(Francia))* non appartiene al linguaggio del contesto *Cucina italiana*, e quindi l'asserzione:

Cucina italiana : calvo(Re-di(Francia))

non è sensata, la formula:

$$ist(Cucina italiana, calvo(Re-di(Francia))) \quad (8.18)$$

è dotata di senso e dunque deve ricevere una valutazione in un modello per LC. Il problema sarà dunque quello di come trattare dal punto di vista semantico formule come (8.18).

Buvac e Mason, invece, introducono il linguaggio di LC con una definizione molto vicina a quella usata nella definizione di sistemi modali. Si parte da un insieme K di contesti, da un insieme P di atomi proposizionali e dalla modalità *ist*. La definizione di formula ben formata per formule costruite a partire da elementi di P e dai connettivi logici è quella standard per un linguaggio proposizionale. Quanto a *ist*, la definizione è la seguente: se un'espressione w appartiene all'insieme W delle formule ben formate e k appartiene all'insieme K dei contesti, allora $ist(k, w)$ è una formula ben formata di LC. Come avevo anticipato, dunque, Buvac e Mason non forniscono una definizione di linguaggio di un contesto a livello di sintassi.

8.3.2 Semantica di LC

La semantica di LC proposta da Guha in [50] è appena abbozzata e – a quanto mi risulta – non è stata ulteriormente investigata in lavori dello stesso autore. In breve, le idee principali sono le seguenti (con FOL-interpretazione indicherò un'interpretazione classica del primo ordine):

- una struttura contestuale (*context structure*) CS è una funzione che assegna a ogni contesto C un linguaggio $L(C)$ e un insieme di FOL-interpretazioni di $L(C)$, cioè $CM(C)$;
- data una CS , una formula (in cui non compaia alcuna occorrenza di *ist*) è dotata di senso in un contesto C se essa è ben formata in $L(C)$;
- siano F una formula, C un contesto, U una FOL-interpretazione e CS una struttura contestuale. Allora la coppia $\langle U, CS \rangle$ ¹² soddisfa F in C se e solo se:
 1. $U \in CM(C)$;
 2. F è dotata di senso in C secondo CS ;
 3. valgono le regole ricorsive standard della verità in un modello del primo ordine per connettivi e quantificatori;

12. Per semplicità di presentazione trascuriamo il fatto che in realtà la definizione è data per una tripla, il cui terzo elemento è una funzione di sostituzione che permette di assegnare un'interpretazione alle variabili.

4. valgono le seguenti regole per *ist*. Se F è della forma $ist(C_k, P)$, F è soddisfatta in C da $\langle U, CS \rangle$ se e solo se:

(a) C_k è un contesto¹³;

(b) per ogni U_j in $CM(C_k)$, P è soddisfatta in C_k rispetto alla coppia $\langle U_j, CS \rangle$

- la formula G in C è *conseguenza logica* della formula F in C se e solo se ogni $\langle U, CS \rangle$ che soddisfa F in C soddisfa anche G in C .

La semantica¹⁴ proposta da Buvac e Mason in [15] è piuttosto diversa da quella di Guha, dovendo render conto del fatto che *ist* è trattato come una modalità. Come notazione, i due autori introducono le seguenti convenzioni:

- se X e Y sono insiemi, $X \rightarrow_p Y$ è l'insieme delle funzioni parziali da X a Y ;
- X^* è l'insieme di tutte le sequenze finite di elementi di X ;
- $\bar{x} = [x_1 \dots x_n]$ varia su X^* ;
- $*$ è l'operazione di concatenazione tra sequenze di oggetti.

Un modello \mathcal{M} di LC è una funzione che mappa una sequenza di contesti $\bar{\kappa} \in K^*$ in un insieme di assegnamenti parziali di valori di verità (\mathcal{P} è l'operazione di potenza su insiemi e P è l'insieme delle lettere proposizionali):

$$\mathcal{M} \in [K^* \rightarrow_p \mathcal{P}(P \rightarrow_p 2)]$$

con la restrizione che:

1. per ogni $\bar{\kappa}$, i domini degli assegnamenti parziali di verità devono essere identitici;

13. Nella definizione originale, il primo argomento di *ist* poteva essere anche una variabile, per cui la prima clausola riguardava l'interpretazione del primo argomento in base alla funzione di sostituzione.

14. Ai fini della nostra argomentazione, sarà sufficiente considerare la semantica proposizionale di LC. Si tenga inoltre presente che la semantica predicativa di LC è tuttora in fase di raffinamento (si veda per esempio [14]).

2. il dominio di \mathcal{M} è un sottoalbero di K^* con una radice unica.

Con $\bar{\kappa}^{\mathcal{M}}$ viene indicato l'insieme di assegnamenti di verità parziali $\mathcal{M}(\bar{\kappa})$ (che può anche essere vuoto). La collezione di tutti questi modelli è denotata con M .

Prima di definire la relazione di soddisfacibilità, Buvac e Mason definiscono le nozioni di vocabolario di un modello (*Vocab*) e di vocabolario di un enunciato (*Vocab*). La prima è una funzione $Vocab : \mathcal{M} \rightarrow \mathcal{P}(K^* \times P)$ definita come segue:

$$Vocab(\mathcal{M}) =_{Def} \{ \langle \bar{\kappa}, \rho \rangle \mid \bar{\kappa} \in Dom(\mathcal{M}) \text{ e } \rho \in Dom(\mathcal{M}(\bar{\kappa})) \}$$

Intuitivamente, la funzione *Vocab* restituisce l'insieme di coppie $\langle \bar{\kappa}, \rho \rangle$ tali che $\bar{\kappa}$ appartiene al dominio di \mathcal{M} e ρ appartiene al dominio (che, come sappiamo, è unico) degli assegnamenti di verità parziali che \mathcal{M} assegna a $\bar{\kappa}$.

La nozione di vocabolario di una formula in un contesto è invece definita come una funzione che, applicata a una formula in un contesto, restituisce il vocabolario di quella formula:

$$Vocab(\bar{\kappa}, \phi) = \begin{array}{ll} \{ \langle \bar{\kappa}, \phi \rangle \} & \phi \in P \\ Vocab(\bar{\kappa}, \phi_0) & \text{se } \phi \text{ è } \neg\phi \\ Vocab(\bar{\kappa} * \kappa, \phi_0) & \text{se } \phi \text{ è } ist(\kappa, \phi_0) \\ Vocab(\bar{\kappa}, \phi_0) \cup Vocab(\bar{\kappa}, \phi_1) & \text{se } \phi \text{ è } \phi_0 \supset \phi_1 \end{array}$$

Intuitivamente, *Vocab* è una funzione che permette di scomporre una formula complessa nei suoi elementi proposizionali costitutivi (eliminando quindi le occorrenze di *ist*). La definizione di *Vocab* è generalizzata a insiemi di formule T come segue:

$$Vocab(\bar{\kappa}, T) = \bigcup_{\phi \in T} Vocab(\bar{\kappa}, \phi)$$

A questo punto, Buvac e Mason passano a definire la nozione di soddisfacibilità. Se $\pi \in \overline{\kappa}^{\mathcal{M}}$ e $\text{Vocab}(\overline{\kappa}, \phi) \subseteq \text{Vocab}(\mathcal{M})$, allora:

$$\begin{array}{ll} \mathcal{M}, \pi \models_{\overline{\kappa}} \rho & \text{sse } \pi(\rho) = 1, \rho \in P \\ \mathcal{M}, \pi \models_{\overline{\kappa}} \neg\phi & \text{sse } \text{not } \mathcal{M}, \pi \models_{\overline{\kappa}} \phi \\ \mathcal{M}, \pi \models_{\overline{\kappa}} \phi \supset \psi & \text{sse } \mathcal{M}, \pi \models_{\overline{\kappa}} \phi \text{ implies } \mathcal{M}, \pi \models_{\overline{\kappa}} \psi \\ \mathcal{M}, \pi \models_{\overline{\kappa}} \text{ist}(\kappa_1, \phi) & \text{sse } \forall \pi_1 \in (\overline{\kappa} * \kappa_1)^{\mathcal{M}} \mathcal{M}, \pi_1 \models_{\overline{\kappa} * \kappa_1} \phi \end{array}$$

In generale, $\mathcal{M} \models_{\overline{\kappa}} \phi$ se e solo se $\forall \pi \in \overline{\kappa}^{\mathcal{M}} \mathcal{M}, \pi \models_{\overline{\kappa}} \phi$.

Due osservazioni suggerite dagli stessi autori:

- in questa logica, gli assegnamenti parziali di verità possono essere pensati come assegnamenti totali in una logica a tre valori; in particolare, Buvac e Mason hanno in mente la logica di Bochvar. In essa, l'implicazione risulta indefinita se l'antecedente o il conseguente sono indefiniti, e questo – secondo Buvac e Mason – sarebbe più in accordo con la nozione di *sensatezza* (*meaningfulness*) di una formula in LC;
- la modalità *ist* è formalizzata come validità (semplificando, la formula $\text{ist}(\kappa, \phi)$ è soddisfatta se e solo se tutti gli assegnamenti di verità di κ soddisfano ϕ). Questo corrisponde a modellare un contesto come un insieme di possibili stati di cose. Gli autori fanno vedere che, ponendo restrizioni sul modello, è possibile formalizzare *ist* come verità (cioè soddisfacibilità in un solo assegnamento). In tal modo, un contesto verrebbe pensato come un singolo (possibile) stato di cose.

Si noti, infine, che [15] contiene un sistema formale assiomatico per LC, per il quale viene provata la correttezza e la completezza. Naturalmente sono preservate tutte le tautologie proposizionali e il Modus Ponens è incluso tra le regole di inferenza. Viene definito un assioma:

$$(K) \quad \vdash_{\overline{\kappa}} \text{ist}(\kappa_1, \phi \supset \psi) \supset \text{ist}(\kappa_1, \phi) \supset \text{ist}(\kappa_1, \psi)$$

che è una versione contestuale dell'assioma K modale, mentre la regola:

$$\frac{\vdash_{\overline{\kappa} * \kappa_1} \phi}{\vdash_{\overline{\kappa}} \text{ist}(\kappa_1, \phi)}$$

è la versione contestuale della regola modale di necessitazione e corrisponde in qualche modo all'idea di McCarthy di uscire da un contesto.

8.4 Discussione

A differenza della logica di Dinsmore, LC ha tra i suoi presupposti centrali l'idea che un contesto racchiuda un numero molto alto di assunzioni implicite, solo alcune delle quali sono effettivamente note. Nei termini di McCarthy, un contesto è un oggetto ricco, cioè un oggetto che è inconoscibile nella sua totalità da un soggetto con limitata conoscenza del mondo. Questa idea richiama alla mente quanto detto nel capitolo 4 a proposito dell'uso che Bar-Hillel fa dell'esperimento mentale di Tom Brown. Sebbene Bar-Hillel si riferisse solo alle espressioni indicali, resta il fatto che gli argomenti a favore della necessità di studiare la logica delle espressioni indicali (cioè delle espressioni il cui contenuto dipende dal contesto nella tradizione modellistica) e la necessità di formalizzare il contesto in IA poggiano entrambi sul riconoscimento che si ha a che fare con esseri con una conoscenza limitata del mondo, i quali non sono in grado di esprimere (o rappresentare) determinati contenuti se non mediante espressioni "incomplete", il cui significato dipende da fattori di contorno.

Nonostante questo, anche in LC si può riscontrare – a mio avviso – uno scarto tra l'intuizione e la formalizzazione. [50] insiste moltissimo sul fatto che a contesti diversi debbano essere associati diversi linguaggi e diversi insiemi di formule. Contesti che descrivono lo "stesso" dominio a diversi livelli di generalità debbono avere linguaggi diversi; per esempio, il fatto che un blocco si trovi sopra un altro a un tempo t non può essere espresso nella versione più semplice della *above-theory*, mentre può essere espresso nella sua generalizzazione in cui i predicati *on* e *above* non sono più binari ma ternari. Questa intuizione è abbastanza mantenuta nella formalizzazione di Guha, anche se con una sorta di *detour* attraverso la nozione di vocabolario totale, a partire dal quale sono definiti i linguaggi di ogni contesto. Lo scopo del *detour* di Guha è quello di preservare la grammaticalità di qualunque formula del tipo $ist(c, w)$. Vale la pena di notare che il passaggio attraverso la nozione di vocabolario

totale è necessario solo perchè Guha mette *ist* tra i simboli logici, il che lo rende applicabile a formule appartenenti al linguaggio di qualsiasi contesto (sostanzialmente, anche per Guha *ist* è una sorta di modalità). Come vedremo nel capitolo 9, questo non è però l'unico modo di pensare *ist*. Quanto a Buvac e Mason, essi indeboliscono ulteriormente la dipendenza del vocabolario dal contesto. Infatti, il linguaggio del loro sistema è definito globalmente e la nozione di vocabolario di un contesto viene recuperato solo parzialmente per via semantica (mediante l'utilizzo di valutazioni parziali).

Un'ultima considerazione generale è la seguente. Sebbene la struttura dei contesti di LC sia molto diversa da quella di PR, le due logiche sono accomunate dal fatto che in entrambe è insita una struttura gerarchica. In PR, essa è un albero con lo spazio **base** alla radice; in LC, è una sequenza (infinita) di contesti sempre più generali. A ogni livello di questa sequenza, un enunciato viene parzialmente decontestualizzato. Il fatto che non esista un contesto più esterno (quello che McCarthy chiama un *outermost context*) significa solo che la decontestualizzazione è posta al limite, in un punto infinitamente distante ma pur sempre definibile. Questa strutturazione è imposta dall'aver incluso la modalità *ist* tra i simboli logici di LC. Infatti, questo suo status logico rende *ipso facto* possibile trascendere qualsiasi contesto, cioè salire un gradino nella gerarchia di generalità di cui stiamo parlando. In tale modo si salva l'idea di contesto come oggetto ricco, ma in una forma che non mi pare molto intuitiva.

9. I Sistemi MultiContesto (SMC)

I Sistemi MultiContesto (SMC) nascono dalla stessa esigenza da cui nasce il lavoro di McCarthy e del suo gruppo su LC, cioè la necessità di creare formalismi adeguati per la formalizzazione della conoscenza e del ragionamento di senso comune in IA. Tuttavia, se il lavoro di McCarthy è motivato soprattutto dalla ricerca di una soluzione al problema della generalità, quello di Giunchiglia è maggiormente motivato dal *problema della località*¹, cioè dal problema di formalizzare quella proprietà del ragionamento di “focalizzarsi” solo su un sottoinsieme dell’informazione e delle risorse potenzialmente disponibili. La definizione formale di SMC si trova per la prima volta in [41]; essa costituisce un’evoluzione abbastanza diretta di quelli che in [47] erano chiamati Sistemi MultiLinguaggio. A partire da questa intuizione iniziale Giunchiglia e il suo gruppo hanno fatto vedere come una logica multi-contestuale basata sull’idea della località (e del ragionamento locale) permettesse di formalizzare varie forme di ragionamento di senso comune: il ragionamento meta-teorico [25], il ragionamento in contesti modali [48], con particolare riferimento alle modalità cosiddette epistemiche [49, 48, 23, 5], il ragionamento su azioni [99, 9]. A questo aspetto più “sintattico” del lavoro sui SMC si è accompagnato fin dall’inizio lo sforzo di fornire una semantica che permettesse di render conto in modo adeguato delle sostanziali differenze esistenti tra i SMC e altri sistemi formali, in particolare rispetto ai sistemi modali. Dopo l’approccio (di sapore ancora modale) di Alex Simpson [93], di recente è stata avviata una rifondazione della semantica dei SMC, basata su una semantica chiamata *Seman-*

1. Il problema della località è comunque collegato con quello della generalità. Si veda, a tal proposito, l’appendice A, in cui i due problemi sono visti in stretta connessione.

tica a Modelli Locali [45], la quale cattura in modo molto intuitivo i principi in base a cui i SMC sono stati costruiti.

9.1 Contesto come teoria parziale e approssimata

Lo studio dei SMC è motivato dall'intuizione che molti processi cognitivi – in particolare il ragionamento – sono locali, cioè utilizzano solo un sottoinsieme dell'informazione che un agente ha a propria disposizione. Ecco come questa intuizione è espressa all'inizio dell'articolo dal titolo *Contextual reasoning* [41]:

It is widely agreed on that most cognitive processes are *contextual* in the sense that they depend on a set of variables which constitute the environment (or context) inside which they are carried on [. . .] Our basic intuition is that reasoning is usually performed on a subset of the global knowledge base; we never consider *all we know* but only a very small subset of it.

La proposta di Giunchiglia è di pensare un contesto esattamente come il sottoinsieme della base di conoscenza globale e delle risorse che è utilizzato durante un determinato processo di ragionamento:

We take a *context c* to be that **subset of the complete state of an individual** that is used for reasoning about a given goal.

Le due citazioni permettono di capire che la nozione di contesto che Giunchiglia intende formalizzare con i SMC è molto vicina a quella che, fin dall'inizio, ho chiamato contesto cognitivo. Infatti, un contesto è visto come quel sottoinsieme dello stato cognitivo di un individuo che, in base a una serie di assunzioni (l'“environment” del processo) sono utilizzate da un agente in una circostanza per ragionare su un problema.

Quando Giunchiglia parla di sottoinsieme dello stato cognitivo, egli ha in mente qualcosa di diverso da quello che Dinsmore chiama spazio (mentale). Infatti, in [41] ogni contesto è pensato come una vera e propria teoria che l'agente usa durante un processo di ragionamento:

A context is a theory of the world which encodes an individual's perspective about it. It is a *partial theory* as the individual's complete description of the world is given by the set of all contexts.

It is an *approximate theory* [...] as we never describe the world completely.

I due concetti chiave del passo che abbiamo riportato sono quelli di *teoria parziale* e di *teoria approssimata*. Un contesto non è una teoria che contiene una descrizione completa del mondo – sostiene Giunchiglia – ma una teoria che descrive una porzione di mondo a un certo livello di dettaglio e dalla prospettiva di un determinato agente. Con una metafora, potremmo dire che un contesto contiene una rappresentazione della conoscenza di un agente sul mondo che è incompleta lungo due dimensioni: in superficie (essa copre solo una porzione di mondo) e in profondità (il livello di approssimazione).

Per chiarire in che senso parzialità e approssimazione siano essenziali alla nozione di contesto formalizzata nei SMC, è interessante considerare la contrapposizione che Giunchiglia propone tra *contesto* e *situazione*. Una situazione, così come è definita da McCarthy e Hayes, è lo stato completo dell'universo a un certo istante di tempo². Giunchiglia contrappone a questa nozione di situazione la propria definizione di contesto:

A situation records the state of the world as it is, independently of how it is represented in the mind of a reasoner. A context, rather, is *inside* the reasoning individual. It is part of his state and, as such, it is responsible of his subjective view of the world. [41]

Una situazione, dunque, è al di fuori della sfera cognitiva: la situazione è pensata come una rappresentazione di come stanno effettivamente le cose in un certo istante di tempo. Una situazione, non è nè parziale nè approssimata (nel senso visto sopra). Essa è, per così dire, un blocco unico, e ogni divisione di questo blocco – sia in termini di superficie (parzialità), sia in termini di profondità (approssimazione) – richiede un intervento cognitivo, cioè un agente che “suddivida” il mondo in oggetti, attribuisca loro alcune proprietà,

2. “A situation *s* is the complete state of the universe at an instant of time” [74]. Su tale nozione di situazione è stato costruito il cosiddetto *situation calculus* (introdotto da McCarthy e Hayes nello stesso articolo), tutt'ora uno dei formalismi più usati in IA per formalizzare il ragionamento su azioni. Le idee base del *situation calculus* sono presentate nel capitolo A. In un certo senso, si può dire che una situazione corrisponde a quella che nella tradizione modellistica viene chiamata una circostanza, cioè una coppia mondo-tempo.

ponga delle relazioni, e così via. Certo, è possibile che un contesto rappresenti una situazione, ma la differenza tra i due tipi di oggetto non è annullata:

- innanzitutto, una situazione può essere descritta in molti modi diversi, a diversi livelli di dettaglio (basti ricordare la differenza tra $on(A, B)$ e $on(A, B, T)$ per rappresentare il fatto che un oggetto A è sopra un oggetto B);
- in secondo luogo, diversi contesti possono descrivere diverse porzioni della stessa situazione (in quest'ottica, è possibile ripensare il problema dei sintagmi nominali quantificati posto da Bonomi – e da me discusso alla fine del § 3.6 – come un esempio di rappresentazione parziale di una situazione, entro cui tutti i cani dormono);
- infine, ci possono essere diversi punti di vista individuali sulla stessa porzione di situazione (si veda l'esempio della scatola magica nel § 9.2, illustrato anche nella figura 9.1).

Si noti che le definizioni intuitive di contesto proposte da Giunchiglia mettono l'accento su ciò che sta “dentro” a un contesto piuttosto che su ciò che sta fuori. Il livello di parzialità e di approssimazione di una rappresentazione presuppone sì una serie di assunzioni, ma l'enfasi non è tanto su queste assunzioni (e sulla loro struttura), quanto sul fatto che diversi insiemi di assunzioni producono diverse rappresentazioni (parziali e approssimate) di un certo stato di cose.

9.2 I principi di località e compatibilità

I SMC si basano su una nozione di contesto (e di ragionamento contestuale) fondata su due principi: il *principio di località* e il *principio di compatibilità*. Ecco come essi sono formulati da Giunchiglia e Ghidini in [44]:

Principle 1 (of locality): reasoning uses only part of what is potentially available (e.g. what is known, the available inference procedures). The part being used while reasoning is what we call *context* (of reasoning).

Principle 2 (of compatibility): the context may change. However, there is *compatibility* among the reasoning performed in different contexts.

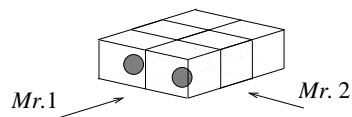


Figura 9.1: La scatola magica

Il primo principio mette l'accento sull'idea di contesto come teoria (anche se parziale e approssimata) e suggerisce l'idea che un sistema per il ragionamento contestuale debba permettere la localizzazione della rappresentazione della conoscenza e del ragionamento. Il secondo principio mette l'accento sul fatto che la conoscenza e i processi di ragionamento di diversi contesti non sono del tutto slegati uno dall'altro, ma sono collegati da vincoli di compatibilità. Prima di illustrare come questi due principi sono formalizzati nei SMC, cercherò di chiarirli mediante due esempi tratti da [42].

Il primo esempio riguarda la formalizzazione di quelli che in IA vengono chiamati *viewpoint*, cioè punti di vista. Immaginiamo che due agenti (*Mr.1* e *Mr.2*) stiano osservando la "scatola magica" della figura 9.1. La scatola è detta magica perchè non permette ai due agenti di capire a che profondità si trovino gli oggetti sferici che essi vedono al suo interno (l'esempio assume che i due agenti conoscano le proprietà magiche della scatola). Nella situazione descritta nella figura, perciò, *Mr.1* non può capire se le sfere nere che vede sono a profondità uno, due o tre e *Mr.2* non può capire se le sfere nere che vede sono a profondità uno o due. Per brevità, supponiamo che la lettera predicativa *D* significhi che c'è una sfera a destra, la lettera *C* che c'è una sfera al centro e la lettera *S* che c'è una sfera a sinistra. Nella situazione della figura, *Mr.1* descriverebbe la situazione con la formula $(D \wedge S)$, mentre *Mr.2* la descriverebbe con la formula $(S \wedge \neg C \wedge \neg D)$. Il principio di località è quello che permette di rendere conto del fatto che i punti di vista di *Mr.1* e *Mr.2* sono indipendenti, ovvero la rappresentazione della scatola di un agente non può contenere informazione che sarebbe disponibile se egli avesse l'informazione che ha l'altro agente. La località si manifesta, per esempio, nei seguenti fatti:

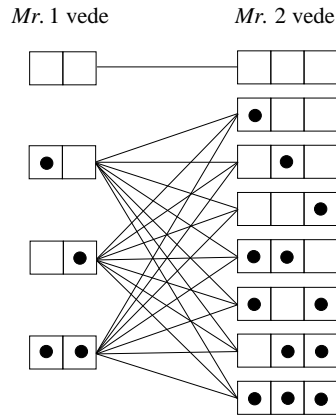


Figura 9.2: Compatibilità tra punti di vista

- la posizione della “stessa” sfera (quella che entrambi gli agenti vedono) è correttamente descritta con la formula D da $Mr.1$ e con la formula S da $Mr.2$;
- $Mr.1$ non ha una nozione di ‘al centro’, dato che dal suo punto di vista la scatola ha solo due posizioni (‘destra’ e ‘sinistra’). Pertanto, possiamo immaginare che la lettera proposizionale C non appartenga al linguaggio che è usato per descrivere il suo punto di vista;
- $Mr.1$ vede due sfere nella scatola, mentre $Mr.2$ ne vede solo una.

Il principio di compatibilità è quello che permette di rendere conto del fatto che i due agenti stanno effettivamente guardando la stessa scatola e perciò possono ragionare sulle relazioni (di compatibilità) tra i loro punti di vista. Per esempio:

- $Mr.1$ sa che, se non vede nessuna sfera, allora neanche $Mr.2$ ne può vedere alcuna;
- $Mr.1$ sa che, se vede una sfera sulla sinistra, allora anche $Mr.2$ potrebbe vedere una sfera sulla sinistra, o al centro o sulla destra (per le proprietà magiche della scatola).

La relazione di compatibilità globale che vale tra i due punti di vista è descritta nella figura 9.2.

L'esempio dei punti di vista non deve far pensare che il tipo di assunzioni che caratterizzano un contesto esprimano solo la prospettiva in senso percettivo. Consideriamo uno scenario diverso, anche se costruito sfruttando lo scenario della scatola magica. Immaginiamo di voler rappresentare il punto di vista di un certo agente ϵ che sta osservando dall'esterno $Mr.1$ e $Mr.2$ e che si pone il problema di ragionare sulle loro credenze. Le credenze di ϵ stesso sono un contesto, dato che costituiscono una rappresentazione parziale e approssimata del mondo dal suo punto di vista. Alcune delle credenze di ϵ riguardano le credenze di $Mr.1$ e altre riguardano le credenze di $Mr.2$. Per esempio, ϵ attribuisce a $Mr.1$ la credenza che c'è una sfera sulla destra e a $Mr.2$ la credenza che c'è una sfera sulla sinistra. Le credenze che ϵ attribuisce a $Mr.1$ e $Mr.2$ costituiscono a loro volta due nuovi contesti, nel senso che l'insieme delle credenze che ϵ attribuisce a $Mr.1$ e $Mr.2$ sono una rappresentazione parziale di ciò che $Mr.1$ e $Mr.2$ vedono dal punto di vista di ϵ^3 . Così, nel contesto delle credenze che ϵ attribuisce a $Mr.1$, la formula D rappresenta la credenza di ϵ che $Mr.1$ crede che ci sia una sfera sulla destra, mentre nel contesto delle credenze che ϵ attribuisce a $Mr.2$, la formula D rappresenta la credenza di ϵ che $Mr.2$ crede che ci sia una sfera sulla destra.

Rispetto a questo esempio, il principio di località permette di tenere isolate le credenze di ϵ da quelle che egli attribuisce rispettivamente a $Mr.1$ e di $Mr.2$. Per esempio:

- la credenza che $Mr.1$ crede che ci sia una sfera a destra non appartiene all'insieme delle credenze che ϵ attribuisce a $Mr.2$;
- ϵ attribuirà a $Mr.1$ la credenza D , mentre attribuirà a $Mr.2$ la credenza $\neg D$;
- ϵ non metterà nè C nè $\neg C$ nel contesto delle credenze di $Mr.1$.

3. Accenno solo al fatto che questo trattamento del ragionamento sulle credenze sembra essere molto vicino alla proposta di [6], in cui Bonomi sostiene che una logica delle credenze deve tener conto degli spazi cognitivi degli agenti coinvolti. Si veda l'appendice B per un approfondimento di questa osservazione.

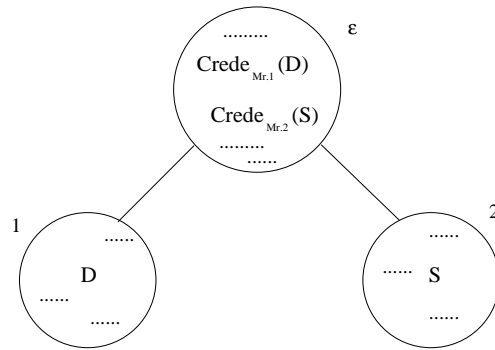


Figura 9.3: Contesti di credenza (SMC)

Il principio di compatibilità permette invece di mettere in relazione i diversi contesti presenti in questa rappresentazione. Per esempio:

- il fatto che ϵ creda che $Mr.1$ creda D è in relazione (di compatibilità) con il fatto che ci sia la formula D nel contesto che rappresenta le credenze di $Mr.1$ dal punto di vista di ϵ ;
- il fatto che ϵ non creda che $Mr.2$ creda D è in relazione (di compatibilità) con il fatto che non ci sia la formula D nel contesto che rappresenta le credenze di $Mr.2$ dal punto di vista di ϵ ;
- ...

Lo scenario è (parzialmente) rappresentato dalla figura 9.3. Il cerchio superiore rappresenta il contesto delle credenze di ϵ . La formula $Crede_{Mr.1}(D)$ significa intuitivamente che ϵ creda che $Mr.1$ creda D ; analogamente per la formula $Crede_{Mr.1}(S)$. Al livello inferiore della figura ci sono due contesti che rappresentano le credenze di $Mr.1$ e $Mr.2$ dal punto di vista di ϵ . Come si può vedere, c'è una (ovvia) corrispondenza tra le credenze di ϵ su ciò che $Mr.1$ e $Mr.2$ credono (cerchio superiore) e il contesto che rappresenta le credenze di $Mr.1$ e $Mr.2$ dal punto di vista di ϵ (cerchi 1 e 2). Questo è dovuto appunto al vincolo di compatibilità, che permette di assegnare alle

formule dei contesti 1 e 2 il significato “inteso” di essere credenze di *Mr.1* e *Mr.2* dal punto di vista di ϵ^4 .

Località e compatibilità possono essere usate anche per spiegare il ragionamento contestuale su informazione indicale. Consideriamo un semplice esempio. Sia *c1* un contesto che rappresenta le credenze di Carlo al 6 gennaio 1997 e sia *c2* un contesto che rappresenta le credenze di Carlo al 7 gennaio 1997. Supponiamo che in *c1* sia vero l’enunciato:

$$\text{Ieri piovava} \quad (9.1)$$

Intuitivamente, quello che ci aspettiamo è che in *c2* sia vero l’enunciato:

$$\text{L'altro ieri piovava} \quad (9.2)$$

Questo legame è il risultato di un vincolo di compatibilità (in questo caso, temporale) posto tra formule che appartengono a due diverse rappresentazioni parziali e approssimate del mondo (in questo caso la parzialità è data dal fatto che la rappresentazione descrive il mondo a un certo istante di tempo).

È facile infine vedere come anche le varie versioni della *Above-Theory* di McCarthy (o gli esempi di Guha sul predicato ‘Buy’) siano pensabili in termini di località e compatibilità.

9.3 Formalizzazione

La sintassi dei SMC

La definizione dei SMC dal punto di vista sintattico è estremamente semplice. Un contesto è pensato come un sistema formale assiomatico standard e un sistema MultiContesto è definito come un insieme di contesti più un insieme di regole speciali, chiamate *regole ponte*, la cui peculiarità è di avere premesse e conclusioni che appartengono a contesti diversi.

4. La struttura rappresentata nella figura è in realtà più complessa. Infatti, è probabile che ϵ abbia anche delle credenze su ciò che *Mr.1* crede che *Mr.2* creda (e viceversa), e su ciò che *Mr.1* crede che *Mr.2* creda su ciò che *Mr.1* crede; e via dicendo. Ogni “annidamento” (*nesting*) dell’operatore di credenza corrisponde ad aggiungere un livello alla struttura rappresentata nella figura. Questo modo di rappresentare il ragionamento sulle credenze è presentato in modo rigoroso in [49, 48]. Su questa struttura ritorneremo nell’appendice B, dove essa sarà sfruttata per formalizzare la possibilità di leggere in modo opaco e trasparente un enunciato che riporta una credenza di un agente.

Definizione 9.3.1 [Contesto] Sia L un linguaggio formale, $\Omega \subseteq L$ e Δ un insieme di regole di inferenza definite su L . Un contesto c è definito come la tripla:

$$\langle L, \Omega, \Delta \rangle$$

dove L è detto il linguaggio di c , Ω è detto l'insieme di assiomi di c e Δ è l'apparato deduttivo di c .

Definizione 9.3.2 [Regola ponte] Una regola ponte è una regola della forma:

$$\frac{c_1 : \Phi_1, \dots, c_n : \Phi_n}{c_{n+1} : \Phi_{n+1}}$$

dove c_1, \dots, c_{n+1} sono contesti, $c_{n+1} \neq c_i$ ($i = 1, \dots, n$) e $\Phi_1, \dots, \Phi_{n+1}$ sono formule appartenenti ai linguaggi di c_1, \dots, c_{n+1} rispettivamente.

La notazione $c : \Phi$ è una scrittura metateorica per parlare di una formula Φ appartenente al linguaggio del contesto c .

Definizione 9.3.3 [Sistema MultiContesto (SMC)] Sia I una famiglia di indici. Un Sistema MultiContesto è definito come una coppia:

$$\langle \{C_i\}_{i \in I}, BR \rangle$$

dove $\{C_i\}_{i \in I}$ è un insieme di contesti e BR un insieme di regole ponte.

Si noti che, nella definizione di contesto, non è stata posta nessuna restrizione su cosa conta come linguaggio di un contesto nè su cosa conta come apparato deduttivo. Questo permette dunque di definire SMC in cui a contesti diversi siano associati linguaggi diversi (e, naturalmente, assiomi diversi) e anche regole di inferenza diverse. Questa ultima condizione è equivalente a dire che contesti distinti possono avere "logiche" diverse.

Una nozione di prova per SMC è stata formalmente definita in [39]. Essa è un'estensione di un calcolo a sequenti nello stile di Gentzen [36]. Non è il caso, in questa sede, di entrare nei dettagli tecnici. L'intuizione è la seguente. Il ragionamento che avviene all'interno di un contesto (o *ragionamento locale*) è trattato come deduzione in senso standard. Una prova di questo genere è chiamata una prova

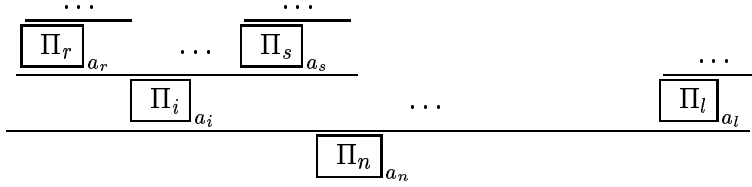


Figura 9.4: Schema di una deduzione multi contestuale (SMC)

locale. Una prova multi-contestuale è ottenuta dalla composizione di varie prove locali. Più precisamente, l'applicazione di una regola ponte è pensata come l'aggiunta di una nuova linea di dimostrazione in una prova locale di un contesto, cioè del contesto in cui viene asserita la conclusione della regola; le premesse di una regola ponte sono linee di dimostrazione appartenenti ad altre prove locali. Graficamente, una prova in un SMC può essere rappresentata come nella figura 9.4. I rettangoli rappresentano pezzi di prove locali, cioè interne a un contesto; l'indice alla base destra del rettangolo indica il nome del contesto a cui appartiene il pezzo di prova all'interno del rettangolo. Le linee orizzontali tra rettangoli diversi segnalano invece l'applicazione di una regola ponte. Ogni premessa di una regola ponte appartiene a una prova locale contenuta in uno dei rettangoli che stanno sopra alla riga orizzontale, mentre la conclusione della regola ponte appartiene alla prova locale contenuta nel rettangolo che sta sotto alla riga orizzontale.

Vediamo, molto sinteticamente, come i SMC possono essere usati per formalizzare i due scenari descritti nel § 9.2. Per quanto riguarda il primo scenario (scatola magica senza osservatore esterno), possiamo immaginare un SMC con due contesti $c_{Mr.1}$ e $c_{Mr.2}$, dei quali $c_{Mr.1}$ rappresenta ciò che vede $Mr.1$ e $c_{Mr.2}$ ciò che vede $Mr.2$. I simboli (non logici) del linguaggio $L_{Mr.1}$ sono le lettere proposizionali D e S , mentre quelli di $L_{Mr.2}$ sono le lettere proposizionali D , C e S . $\Omega_{Mr.1}$ è l'insieme $\{D, S\}$, mentre $\Omega_{Mr.2}$ è l'insieme $\{S\}$ ⁵. $\Delta_{Mr.1} = \Delta_{Mr.2}$ è un qualunque insieme di regole corrette e

5. Intuitivamente, $\Omega_{Mr.1}$ e $\Omega_{Mr.2}$ descrivono lo specifico scenario della figura 9.1. Una diversa disposizione delle sfere avrebbe comportato diversi insiemi di assiomi.

complete (per esempio, il calcolo della deduzione naturale di [82]). Un esempio di regola ponte⁶ è il seguente:

$$\frac{c_{Mr.1} : S}{c_{Mr.2} : S \vee C \vee D} \quad (9.3)$$

cioè: qualora S sia derivabile in $c_{Mr.1}$ ($Mr.1$ vede una sfera a sinistra), allora in $c_{Mr.2}$ è derivabile la formula $S \vee C \vee D$ ($Mr.2$ vede una sfera o a sinistra o al centro o a destra). In modo analogo è possibile riprodurre tutti i vincoli della figura 9.2.

Un semplice SMC per il ragionamento di ϵ sulle credenze di $Mr.1$ e $Mr.2$ è il seguente. Abbiamo tre contesti, ϵ , 1 e 2, che rappresentano rispettivamente le credenze di ϵ e le credenze che ϵ attribuisce $Mr.1$ e $Mr.2$. L_ϵ contiene due simboli di predicato unari $Crede_{Mr.1}$ e $Crede_{Mr.2}$ e nomi per tutte le formule dei contesti 1 e 2 (per esempio, se la formula ϕ appartiene al linguaggio del contesto 1, nel contesto ϵ avremo il nome “ ϕ ”). Per semplicità, assumiamo che $L_1 = L_{Mr.1}$ e che $L_2 = L_{Mr.2}$ ⁷. $\Delta_\epsilon = \Delta_1 = \Delta_2$ è un qualunque insieme di regole corrette e complete⁸. Per formalizzare la struttura della figura 9.3, abbiamo bisogno di due schemi di regole ponte, chiamati rispettivamente *reflection up* e *reflection down* ($i = 1, 2$):

$$\frac{i : \Phi}{\epsilon : Crede_{Mr.i}(\text{“}\Phi\text{”})} \quad \mathcal{R}_{up} \quad (9.4)$$

$$\frac{\epsilon : Crede_{Mr.i}(\text{“}\Phi\text{”})}{i : \Phi} \quad \mathcal{R}_{dn} \quad (9.5)$$

Reflection up permette di derivare la formula $Crede_{Mr.i}(\text{“}\Phi\text{”})$ nel contesto ϵ a partire dalla premessa Φ nel contesto i ; *reflection down* ha un significato duale.

A titolo di esempio, riportiamo una semplice prova multi-contestuale relativa allo scenario delle credenze. Facciamo vedere come

6. Qui, per ragioni di spazio, ignoriamo la distinzione tra le regole ponte cosiddette ristrette e le regole ponte non ristrette. Le prime richiedono che la premessa della regola non dipenda da alcuna assunzione, mentre le seconde non pongono questa restrizione. Per un trattamento tecnico di questa differenza, si veda [48].

7. Questa scelta di linguaggi non permette dunque di attribuire a $Mr.1$ credenze su ciò che vede $Mr.2$ e viceversa.

8. Questa scelta non è ininfluente sul tipo di scenario formalizzato. Infatti, essa presuppone che ϵ attribuisca a $Mr.1$ e $Mr.2$ abilità inferenziali identiche alle proprie. In generale, però, non è detto che sia così.

è possibile derivare la conclusione $Crede_{Mr.1}(\text{"}\Phi\text{"})$ nel contesto ϵ a partire dalle assunzioni $Crede_{Mr.1}(\text{"}\Psi\text{"})$ e $Crede_{Mr.1}(\text{"}\Psi \supset \Phi\text{"})$:

$$\begin{array}{c}
 \frac{\boxed{Crede_{Mr.1}(\text{"}\Psi\text{"})}_\epsilon}{\mathcal{R}_{dn}} \quad \frac{\boxed{Crede_{Mr.1}(\text{"}\Psi \supset \Phi\text{"})}_\epsilon}{\mathcal{R}_{dn}} \\
 \frac{\frac{\Psi \quad \Psi \supset \Phi}{\Phi} \supset E}{\mathcal{R}_{up}} \\
 \boxed{Crede_{Mr.1}(\text{"}\Phi\text{"})}_\epsilon
 \end{array}$$

La prova corrisponde a quello che, nella letteratura cognitiva, viene talvolta chiamato ragionamento simulativo [24]. L'idea è che un agente (nel nostro caso ϵ) costruisce un contesto contenente le credenze che egli attribuisce a un altro agente (nell'esempio *Mr.I*) e simula il ragionamento che *Mr.I* potrebbe fare se avesse quelle credenze (nell'esempio, il Modus Ponens⁹). Naturalmente, questo non significa che *Mr.I* sia effettivamente in grado di eseguire l'inferenza attribuitagli da ϵ ; tutto il processo avviene nella mente di quest'ultimo, il quale assume che *Mr.I* sarebbe in grado di eseguire un certo ragionamento. Nell'esempio, l'unico passo di ragionamento locale è quello che avviene nel contesto 1, che corrisponde all'applicazione della regola di Modus Ponens¹⁰.

9.3.1 La semantica dei SMC

La semantica dei SMC, detta *Semantica a Modelli Locali (Local Model Semantics)*, può essere vista come un'estensione di una semantica di tipo tarskiano a un sistema in cui ci siano più teorie (i contesti) tra le quali esistano dei vincoli. Nella presentazione della semantica dei

9. Nei cosiddetti calcoli della deduzione naturale [82, 36], come quelli usati nell'esempio, la regola di Modus Ponens è formalizzata dalla regola di eliminazione dell'implicazione (indicata con il simbolo $\supset E$ nella prova).

10. Si noti che questo schema di ragionamento è lo stesso che abbiamo visto nel capitolo 7 (formalizzato mediante le regole di *Context initialization* e *Context climbing*) e che abbiamo visto nel capitolo 8 (formalizzato mediante l'operazione di entrata e di uscita da un contesto). Come avevo anticipato, tuttavia, gli aspetti tecnici differiscono in modo significativo.

SMC, mi atterrò allo schema di [44]. Per semplificare la presentazione, definiamo la semantica per un SMC costituito da una coppia di contesti; la generalizzazione a un numero qualunque di contesti non presenta particolari difficoltà. Sempre per semplicità, mi restringerò al caso in cui i linguaggi dei contesti siano linguaggi del primo ordine.

Siano L_1 e L_2 due linguaggi del primo ordine (intuitivamente, i linguaggi associati a due contesti diversi). Siano \mathcal{M}_1 e \mathcal{M}_2 rispettivamente l'insieme di tutti i modelli del primo ordine di L_1 e di L_2 . Ogni modello $m \in \mathcal{M}_i$ è detto un *modello locale* di L_i (per $i = 1, 2$). Con la scrittura $2^{\mathcal{M}_i}$ indichiamo l'insieme di tutti i possibili sottoinsiemi di \mathcal{M}_i (cioè, ogni elemento di $2^{\mathcal{M}_i}$ è un insieme di modelli locali di L_i).

Definizione 9.3.4 [Relazione di compatibilità] *Siano \mathcal{M}_1 e \mathcal{M}_2 gli insiemi di tutti i modelli locali di due linguaggi L_1 e L_2 . \mathbf{C} è una relazione di compatibilità sse:*

$$\mathbf{C} \subseteq 2^{\mathcal{M}_1} \times 2^{\mathcal{M}_2}$$

Intuitivamente, dunque, una relazione di compatibilità per una coppia di linguaggi è una relazione binaria tra insiemi di modelli locali dei due linguaggi. Dal punto di vista insiemistico, \mathbf{C} è un insieme di coppie di modelli locali il cui primo elemento appartiene a \mathcal{M}_1 e il secondo elemento a \mathcal{M}_2 . Ogni coppia $\mathbf{c} \in \mathbf{C}$ è chiamata una *coppia di compatibilità* (per L_1 e L_2). Se \mathbf{c} è una coppia di compatibilità, la scrittura c_i indica l' i -esimo elemento della coppia (per $i = 1, 2$).

Definizione 9.3.5 [Modello] *Un modello (per $\{L_1, L_2\}$) è una relazione di compatibilità \mathbf{C} tale che:*

- (a) $\mathbf{C} \neq \emptyset$;
- (b) $\langle \emptyset, \emptyset \rangle \notin \mathbf{C}$

In altri termini, un modello è una relazione di compatibilità che soddisfa due condizioni molto generali: la relazione non è vuota (condizione a) e inoltre non contiene nessuna coppia di compatibilità vuota (condizione b).

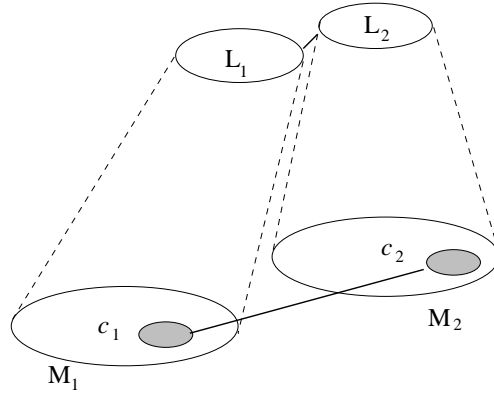


Figura 9.5: Relazione di compatibilità (SMC)

Per rendere l'idea in modo più intuitivo, ci serviremo della figura 9.5, tratta da [44]. I due cerchi superiori rappresentano i due linguaggi L_1 e L_2 . I due cerchi inferiori su cui sono proiettati i due cerchi superiori rappresentano M_1 e M_2 , dove $M_1 \subseteq \mathcal{M}_1$ e $M_2 \subseteq \mathcal{M}_2$ (ricordiamo che \mathcal{M}_1 e \mathcal{M}_2 rappresentano l'insieme di tutti i modelli del primo ordine di L_1 e L_2). Le due aree grigie nei cerchi inferiori rappresentano una coppia di compatibilità, cioè due sottoinsiemi c_1 e c_2 di M_1 e M_2 tali che $\langle c_1, c_2 \rangle \in \mathbf{C}$.

Dal punto di vista semantico, un contesto C_i è definito formalmente come l'insieme dei modelli locali permessi da una relazione di compatibilità \mathbf{C} :

$$C_i = \{m \mid m \in c_i, \text{ per } \mathbf{c} \in \mathbf{C}\} \quad (9.6)$$

Passiamo ora a vedere cosa significa che un modello \mathbf{C} soddisfa una formula Φ di un linguaggio L_i (in simboli, $\mathbf{C} \models_i \Phi$). Indichiamo con la scrittura \models_{cl} la relazione di soddisfacibilità classica tra modelli di un linguaggio del primo ordine e formule dello stesso linguaggio.

Definizione 9.3.6 [Soddisfacibilità locale] *Un insieme di modelli locali M_i del linguaggio L_i soddisfa localmente una formula $i : \Phi$*

(in simboli, $M_i \models_{loc} i : \Phi$) sse per ogni $m \in M_i$, m soddisfa classicamente Φ (in simboli, $m \models_{cl} \Phi$).

Definizione 9.3.7 [Soddisfacibilità] *Un modello \mathbf{C} soddisfa una formula $i : \Phi$ (in simboli, $\mathbf{C} \models i : \Phi$) sse per ogni coppia di compatibilità $\mathbf{c} \in \mathbf{C}$, c_i soddisfa localmente $i : \Phi$ (in simboli, $c_i \models_{loc} i : \Phi$).*

Infine, la definizione di *validità* è la seguente:

Definizione 9.3.8 [Validità] *Una formula $i : \Phi$ è valida (in simboli, $\models \Phi$) sse essa è soddisfatta in ogni modello \mathbf{C} .*

Sopra ho detto che le regole ponte formalizzano una relazione di compatibilità. Vediamo per esempio a quale vincolo di compatibilità corrisponda la regola ponte (9.3). Per semplicità, identifichiamo un modello locale per i contesti $c_{Mr.1}$ e $c_{Mr.2}$ con l'insieme delle lettere proposizionali a cui è assegnato il valore di verità vero. Indichiamo con la scrittura $\Theta(c_i)$ l'insieme delle formule del contesto $c_{Mr.i}$ soddisfatte da tutti i modelli locali che appartengono a una certa coppia di compatibilità $\mathbf{c} \in \mathbf{C}$. La regola ponte (9.3) esprime dunque il seguente vincolo di compatibilità:

$$\text{Se } S \in \Theta(c_1), \text{ allora } (S \vee C \vee D) \in \Theta(c_2)$$

cioè: non è possibile che l'elemento di una coppia di compatibilità che contiene modelli locali del contesto $c_{Mr.1}$ soddisfi la formula S senza che l'altro elemento della coppia di compatibilità (contenente modelli locali di $c_{Mr.2}$) soddisfi la formula $(S \vee C \vee D)$. Lo stesso può essere fatto per ogni vincolo rappresentato dalla figura 9.2¹¹.

9.4 Discussione

Pensare un contesto come una teoria permette di catturare l'intuizione che un contesto sia un oggetto ricco in un senso molto profondo. Infatti, una teoria è per definizione un oggetto di cui non è in generale possibile conoscere tutto, nel senso che è sottodeterminata rispetto alle sue formule, come dimostra l'esistenza di formule che non sono

¹¹. Per ragioni di brevità, non discuterò la semantica del sistema per le credenze. Rimando per questo all'appendice B.

nè dimostrabili nè refutabili (in termini semantici, che non sono nè valide nè insoddisfacibili).

I SMC sembrano in grado di catturare in modo naturale molte delle forme di dipendenza contestuale discusse nel capitolo 5. Il legame tra lessico e contesto è formalizzato assumendo che ogni contesto abbia un linguaggio distinto. È importante sottolineare che linguaggi distinti non vuol necessariamente dire linguaggi diversi. Nulla vieta, per esempio, di immaginare due contesti con lo stesso insieme di simboli elementari e con le stesse regole di ben formatezza. Tuttavia, nei SMC, anche due simboli “uguali” che appartengono al linguaggio di contesti diversi sono trattati come simboli distinti, la cui interpretazione è in linea di principio indipendente. Consideriamo, per esempio, il caso di ϵ che osserva *Mr.1* e *Mr.2*. Sia il contesto che descrive le credenze di *Mr.1* (cioè 1), sia quello che descrive le credenze di *Mr.2* (cioè 2) contengono la lettera predicativa *D*. Tuttavia, finché non venga posto qualche vincolo di compatibilità tra i contesti 1 e 2, non c'è alcun legame tra *D* nel linguaggio L_1 e *D* nel linguaggio L_2 .

Quanto abbiamo appena detto mostra quanto sia concettualmente diverso l'approccio dei SMC rispetto a PR e LC. In PR, un enunciato viene valutato solo nello spazio **base**. In questo spazio, gli enunciati del linguaggio vengono sostanzialmente interpretati come in un sistema modale, in cui ogni catena di contesti primari costituisce una sorta di modalità distinta. Ma questo sembra significare che un enunciato **P** esprime sempre la stessa proposizione, anche se questa può essere vera in uno spazio e falsa in un altro.

Quanto a LC, si ricorderà che una delle principali operazioni tra contesti è il cosiddetto *lifting*. Esso permette di trasformare una formula di un contesto in una formula di un altro contesto in modo tale che le due formule dicano “la stessa cosa” nei due diversi contesti. Nei SMC, questa idea non è accettabile. La forte enfasi sulla località impedisce di dire a quali condizioni due formule in due contesti diversi dicano veramente la stessa cosa. Il legame più forte che può esistere tra formule (o insiemi di formule) di contesti diversi nei SMC è un legame di compatibilità: la situazione può essere tale che il valere di una formula (o di un insieme di formule) in un contesto richiede il valere di un'altra formula (o insieme di formule) dall'altra. A mio parere, questa non è una debolezza, ma un punto di forza

dei SMC. Infatti, se si accetta fino in fondo l'idea del contesto come oggetto ricco, non si vede in che modo sia possibile dire che due formule dicono "la stessa cosa" se non si è in grado di definire l'elenco completo delle assunzioni da cui ognuna di esse dipende¹².

Per quanto riguarda il ragionamento contestuale, non mi dilungherò troppo in questa sede, dato che le appendici A e B forniscono un'ampia presentazione e dettagliati esempi di come avviene il ragionamento nei SMC. Solo alcune brevi osservazioni. Innanzitutto, la definizione di SMC permette evidentemente di associare logiche diverse a contesti diversi, dato che ogni contesto c_i ha il suo insieme di regole locali Δ_i . È dunque possibile che in c_i l'insieme di regole Δ_i costituisca un calcolo corretto e completo rispetto alla semantica standard del primo ordine, mentre nel contesto c_j l'insieme di regole Δ_j costituisca un calcolo corretto e completo rispetto a una semantica del mondo chiuso.

Per quanto riguarda il ragionamento inter-contestuale, possiamo osservare che le regole ponte (e quindi, semanticamente, l'idea della compatibilità) generalizzano l'idea di Dinsmore di contesto secondario e, in definitiva, anche l'idea di definire operazioni sui contesti del gruppo di McCarthy. Infatti, le relazioni tra spazi espresse in PR mediante contesti secondari non sono altro che casi particolari di relazioni di compatibilità. Per esempio, in PR il contesto secondario:

sp_1 | [sp_2]

serve a rappresentare il fatto che gli enunciati contenuti nello spazio [sp_2] sono ereditati dallo spazio [sp_1]. In termini di relazione di compatibilità, questo è spiegato dicendo che esiste una relazione di compatibilità tra due contesti $c1$ e $c2$ tale che il valere di un enunciato Φ in $c2$ impone che l'enunciato Φ debba valere nel contesto $c1$. Questa semplice relazione è formalizzata dalla regola ponte:

$$\frac{c2 : \Phi}{c1 : \Phi}$$

Questo era il caso dell'esempio in cui si chiedeva di utilizzare gli assiomi di AT nel contesto delle storie di Sherlock Holmes. Tale

12. Per qualche altra considerazione sul rapporto tra il *lifting* in LC e nei SMC, si veda il § 10.4 nel capitolo conclusivo.

applicazione, infatti, si basa essenzialmente sull'assunzione che le relazioni tra gli oggetti fisici del mondo fittizio in cui si immagina che agisca il famoso detective siano compatibili con quelle del nostro mondo. Anche in questo caso non è detto che le leggi fisiche del contesto di Sherlock Holmes siano "le stesse" di quelle del nostro mondo, ma solo che sono compatibili. Questo riprende quanto detto poco sopra a proposito del *lifting* come formulato in LC.

I SMC sono un "sistema" per il ragionamento contestuale in senso molto più debole di quanto non lo siano PR e LC. Come abbiamo detto in sede di discussione dei due sistemi, essi pongono molta enfasi sulla struttura complessiva del ragionamento contestuale e meno sugli aspetti di localizzazione che la nozione di contesto sembra comportare. Questa prospettiva globale si manifesta nel fatto che PR e LC hanno una struttura molto ben definita, in cui gli spazi (i contesti) sono organizzati l'uno rispetto all'altro in modo assolutamente rigido. In PR questa struttura ha lo scopo di ricondurre ogni asserzione di uno spazio **sp_i** a un'asserzione dello spazio **base**, mentre in LC questa struttura è data dal fatto che *ist* è pensato come un simbolo logico, che può essere applicato per uscire da qualunque contesto, creando in questo modo una sequenza infinita di contesti ognuno dei quali è il risultato di essere usciti da quello precedente. Nei SMC, i contesti sono invece pensati come una collezione di teorie in linea di principio non organizzate in alcuna struttura. Certo è possibile definire una serie di vincoli tra contesti tali da imporre una qualche struttura (un tipico esempio è quello della struttura per il trattamento delle credenze), ma il punto cruciale è che tale struttura non è predefinita nella logica stessa dei SMC. Non esiste, per esempio, nessuna regola ponte "di sistema", cioè presente in ogni SMC; infatti, è anche pensabile – come caso limite – un SMC in cui l'insieme delle regole ponte sia vuoto.

Un effetto di questa impostazione del problema del ragionamento contestuale è che la definizione di SMC, come già notato all'inizio di questo capitolo, mette più l'accento su ciò che sta "dentro" a un contesto (cioè sul fatto che un contesto rappresenta una porzione di realtà) piuttosto che su ciò che sta "fuori" (cioè sulle assunzioni che ne definiscono i confini). Si confronti, per esempio, la definizione di contesto nei SMC con quella di contesto primario data da Dinsmore. In PR un contesto primario è un'asserzione del tipo:

$$\mathbf{S} \mid \mathbf{P}([\mathbf{sp_n}])$$

dove \mathbf{S} è un simbolo di spazio, $[\mathbf{sp_n}]$ un termine di contesto primario e \mathbf{P} è un'assunzione del tipo "Nelle storie di Sherlock Holmes". In questa formulazione, l'enfasi non è tanto su ciò che sta dentro lo spazio $[\mathbf{sp_n}]$, quanto piuttosto sull'assunzione \mathbf{P} che deve essere implicitamente premessa a ogni enunciato che appartiene a $[\mathbf{sp_n}]$. Un'osservazione simile può essere fatta per LC, in cui un contesto è pensato come la "reificazione" di tutte le assunzioni da cui dipende un certo insieme di enunciati.

Per queste (e altre) ragioni, i SMC costituiscono a mio parere una novità dal punto di vista rappresentazionale (e anche logico-formale) rispetto a PR e LC. Tuttavia, siccome la discussione di questa tesi esula dalla presentazione dei SMC, mi pare opportuno rimandarla in sede di conclusioni generali.

Parte III

Conclusioni

10. Conclusioni

10.1 Due prospettive sul problema del contesto

Il problema del contesto in una teoria della rappresentazione della conoscenza è il problema di isolare i fattori “di contorno” che contribuiscono a determinare il contenuto di un’espressione linguistica e di spiegare quale ruolo tali fattori hanno nell’uso che di questa informazione viene fatto nel ragionamento. A fronte di questo problema, ho identificato nella letteratura due nozioni profondamente diverse di contesto: la prima, che ho chiamato *contesto metafisico*, vede il contesto come parte della struttura del mondo rispetto a cui una certa espressione linguistica è interpretata; la seconda, che ho chiamato *contesto cognitivo*, vede il contesto come parte della struttura cognitiva dell’agente a cui una certa espressione linguistica è attribuita. Questi due modi di concepire il contesto (e la dipendenza contestuale) sono la manifestazione di due prospettive molto diverse da cui è possibile costruirsi una teoria della rappresentazione della conoscenza. Cerchiamo dunque di riepilogare i tratti salienti di queste due prospettive.

10.1.1 La prospettiva metafisica

Nella prima prospettiva, che ho chiamato metafisica, il contesto è pensato come parte della struttura del mondo rispetto alla quale è assegnato un riferimento a ogni espressione linguistica. Nello sviluppo di una semantica del linguaggio naturale, si era giunti (soprattutto con i lavori di Montague) a riconoscere che il riferimento di ogni espressione linguistica dipende dalla circostanza (intesa come coppia tempo–mondo possibile) rispetto a cui è valutata. Tuttavia le

espressioni indicali resistevano a questa analisi. Infatti, il riferimento di un'espressione indicale varia anche rispetto a una singola circostanza, poichè dipende dalle coordinate del punto spazio-temporale e logico in cui è prodotta. L'insieme delle coordinate che identificano questo punto è ciò che nella tradizione modellistica viene chiamato contesto di produzione (o contesto *tout court*) e che nel mio lavoro ho assunto come esempio tipico di contesto metafisico.

Un contesto metafisico può essere pensato come un *luogo* di un *mondo* in cui si trova un *agente* in un dato istante di *tempo*. In un certo senso, la nozione di contesto metafisico introduce una forma di "visione prospettica" nella semantica del linguaggio naturale, dato che un contesto è sempre "centrato" su un agente (come abbiamo visto nel § 3.2, un punto spazio-temporale e logico in cui non sia posizionato un agente non è un contesto). Tuttavia questa visione prospettica è assunta in senso molto debole, dato che l'agente associato a un contesto è visto come un semplice produttore di enunciati, il cui stato cognitivo non gioca alcun ruolo nel determinare il contenuto delle espressioni linguistiche attribuitegli. Questa astrazione dagli aspetti cognitivi dell'agente a cui un enunciato è attribuito discende da una delle più fondamentali assunzioni della tradizione modellistica in filosofia del linguaggio, e cioè che una teoria del significato debba descrivere la relazione tra linguaggio e mondo (cioè stabilire a quali condizioni si può dire che un enunciato asserisce qualcosa di vero o di falso rispetto a una certa circostanza). Rispetto a questa impostazione generale, il contesto aggiunge una dimensione, quella del punto di produzione dell'enunciato stesso.

Da quanto detto, dovrebbe risultare chiaro che, nella prospettiva metafisica, non viene adottato il punto di vista dell'agente rispetto a cui un enunciato è valutato, ma quello di un osservatore esterno che determina quale sarebbe il contenuto di un enunciato se emesso da un agente in un certo contesto. Riprendendo l'esempio di Perry dei due campeggiatori persi nel bosco e in disaccordo sulla propria posizione rispetto alla mappa della regione che stanno consultando (cfr. cap. 4), possiamo dire che la prospettiva metafisica studia il problema del significato dal punto di vista di un osservatore che, da un aereo, si chiedesse quale sarebbe il contenuto dell'enunciato "Siamo qui" qualora i campeggiatori lo usassero al tempo *t*. Dalla prospettiva dell'aviatore, infatti, ciò che i due campeggiatori fanno (o non

sanno) sulla propria posizione al tempo t non gioca alcun ruolo. Tutto ciò che all'aviatore serve per assegnare un contenuto a qualsiasi enunciato attribuito ai due campeggiatori è la propria informazione sul punto in cui i due campeggiatori si trovano, informazione che in genere (per esempio, in LD) è assunta essere completa. Nel capitolo 4 ho introdotto il termine *contenuto metafisico* per designare il contenuto che l'aviatore assegnerebbe a ogni espressione linguistica di un parlante, in particolare alle espressioni indicali.

10.1.2 La prospettiva cognitiva

Nella prospettiva cognitiva, il contesto è concepito come parte della struttura cognitiva di un agente, entro la quale viene assegnato un significato a un certo insieme di enunciati. L'osservazione di partenza è che non è possibile dire qual è il significato di un enunciato senza fare appello a un certo insieme di assunzioni in base a cui esso è interpretato. L'insieme di queste assunzioni è ciò che viene chiamato contesto nella tradizione cognitiva e che io ho chiamato contesto cognitivo.

Volendo forzare un certo parallelismo con la nozione metafisica di contesto, potremmo dire che un contesto cognitivo è un punto nello spazio cognitivo di un certo agente; questo punto è identificato da una serie di assunzioni in base a cui un'espressione è valutata in quel punto. Anche nella prospettiva cognitiva, dunque, l'idea di agente gioca un ruolo cruciale nella definizione di contesto. Solo che l'agente non è guardato dall'esterno come un semplice produttore di enunciati, ma come un osservatore del mondo che usa il linguaggio per rappresentare ciò che egli conosce. In quest'ottica, lo stato cognitivo dell'agente gioca un ruolo determinante, dato che le assunzioni che costituiscono un contesto non sono parte dello stato del mondo, ma della rappresentazione che un agente ha del mondo. L'importanza attribuita allo stato cognitivo e all'idea di rappresentazione del mondo (piuttosto che al mondo in quanto tale) discende dalle motivazioni generali della scienza cognitiva, il cui scopo può essere descritto (almeno in parte) come quello di spiegare cosa succede "nella testa" di un agente (naturale o artificiale, reale o ipotetico), utilizzando a tal fine strumenti e modelli di tipo simbolico e computazionale. Rispet-

to a questo fine, il contesto è visto come un modo per organizzare la rappresentazione mentale di un agente.

Riprendendo nuovamente l'esempio di Perry, dunque, la prospettiva cognitiva assume il punto di vista dei campeggiatori stessi, e gli enunciati a loro attribuiti sono pensati come strumenti di rappresentazione di ciò che essi sanno del mondo. Dalla prospettiva cognitiva la domanda è: quale contenuto rappresenterebbe per i due campeggiatori l'enunciato "Siamo qui" in una determinata circostanza? La risposta dipende ovviamente dall'informazione che essi hanno a disposizione in quella circostanza sul contesto di produzione. Se hanno informazione sul punto in cui si trovano, può darsi che il contenuto che essi attribuiscono all'enunciato coincida con il suo contenuto metafisico (cioè con il contenuto che gli attribuirebbe l'aviatore); se non hanno informazione, o ne hanno di errata, essi non assegneranno un contenuto definito o gliene assegneranno uno "sbagliato". Per distinguere questa nozione di contenuto da quella della prospettiva metafisica, nel cap. 4 ho introdotto il termine di *contenuto cognitivo*.

10.2 Ricostruzione concettuale del problema del contesto

Le due prospettive appena descritte sono motivate da interessi diversi, pongono domande diverse, studiano fenomeni diversi (si confrontino i capitoli 2 e 3 da un lato e i capitoli 5 e 6 dall'altro), utilizzano un apparato concettuale e strumenti logici diversi. Nonostante questa apparente irriducibilità, nella prima parte ho cercato di difendere l'idea che il problema del contesto nelle due prospettive può essere visto come un unico problema in quella che ho chiamato una teoria della rappresentazione della conoscenza. Per far ciò, ho analizzato quattro fasi del problema del contesto.

Fase 1

La prima fase, che ho descritto nel capitolo 2, va dai lavori di Tarski sulla semantica dei linguaggi formalizzati al lavoro del primo Lewis sulla nozione di indice, passando per i contributi di vari autori, tra i quali Carnap, Kripke e Montague. Ciò che, dal mio punto di vista, accomuna tutti questi lavori è l'idea che il significato di

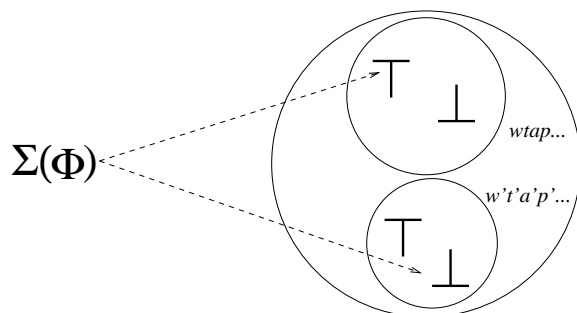


Figura 10.1: Problema del contesto. Fase 1

un'espressione linguistica dipenda esclusivamente dalla circostanza (o dall'insieme di circostanze) rispetto a cui essa è valutata. All'inizio di questa fase, il significato è identificato con una funzione che assegna un oggetto di un certo dominio a ogni espressione di un linguaggio. Questa idea venne successivamente elaborata in vari modi, includendo tra gli argomenti della funzione un mondo possibile e un tempo (infatti, il riferimento di un'espressione può essere diverso in mondi diversi o in tempi diversi). Neanche questa soluzione, tuttavia, permetteva di dare una semantica generale del linguaggio naturale, a causa delle particolari proprietà delle espressioni indicicali, il cui riferimento non dipende tanto da come stanno le cose a un certo istante di tempo, ma da dove si trova l'agente che usa una certa espressione in un certo mondo a un certo istante di tempo (cioè, dal contesto di produzione). Il trattamento degli indicicali richiese di includere, tra i fattori da cui dipende il riferimento, anche fattori cosiddetti contestuali. Al termine della Fase 1, il significato di un'espressione linguistica è visto come una funzione da un indice (cioè, l'insieme di tutti i fattori – contestuali e non – da cui dipende il riferimento) a un oggetto extra-linguistico (il riferimento o estensione).

Graficamente, questa prima fase può essere rappresentata (anche se in modo semplificato) come nella figura 10.1. A sinistra abbiamo un enunciato (Φ). Il suo riferimento è determinato dalla funzione Σ , la quale assegna a Φ un valore di verità rispetto a ogni indice $wtpa\dots$, dove w è un mondo, t un tempo, a un agente, p un luogo, e

i puntini rappresentano altri possibili fattori (cfr. cap. 2, in particolare la discussione su [57]).

Fase 2

La fase 2 è inaugurata dalla critica di Kaplan al trattamento delle espressioni indicali in base alla sola nozione di indice. Il cuore dell'argomento di Kaplan è il seguente: l'inclusione dei fattori contestuali nell'indice è una soluzione inadeguata, perchè non permette di distinguere tra la circostanza associata al punto in cui un enunciato è prodotto (il contesto di produzione) e le possibili circostanze rispetto a cui ciò che un enunciato dice (in quel contesto) può essere valutato. Per illustrare l'importanza di questa distinzione, Kaplan usa l'esempio dell'enunciato "Io sono qui ora". Esso, infatti, è sempre vero nella circostanza associata al suo contesto di produzione (infatti, nessuna emissione di "Io sono qui ora" può essere falsa), ma non è necessariamente vero in una circostanza qualsiasi (nulla vieta, infatti, di immaginare un mondo in cui il parlante, al tempo associato al contesto di produzione, si trova in un luogo diverso). Senza insistere su questo esempio (ampiamente discusso nel cap. 3), la conclusione di Kaplan è che il significato di un'espressione deve essere pensato come una funzione di due insiemi di fattori distinti: il primo è un contesto (che permette di tener conto del punto in cui un'espressione è prodotta) e il secondo un indice (che permette di tener conto della circostanza rispetto a cui un'espressione, presa in un contesto, è valutata).

Rispetto alla figura 10.1, la determinazione del contenuto di un'espressione richiede quindi una struttura più complessa. La figura 10.2 tenta di illustrare questa struttura in modo grafico. Un modello è costituito da due parti: l'insieme dei contesti di una struttura, cioè un insieme delle quadruple $\langle w, t, a, p \rangle$ (rappresentate nella figura come un sistema di assi cartesiani¹) e un insieme di circostanze. Il riferimento di un enunciato Φ è determinato in due passi: al primo passo, vengono risolte le dipendenze di Φ dal contesto di produzione (per esempio, 'qui' viene interpretato come il luogo associato

1. Per ragioni grafiche, la figura riporta un sistema tridimensionale. Tuttavia, almeno per quanto riguarda LD, il sistema ha quattro dimensioni, corrispondenti ai quattro fattori da cui è composto un contesto.

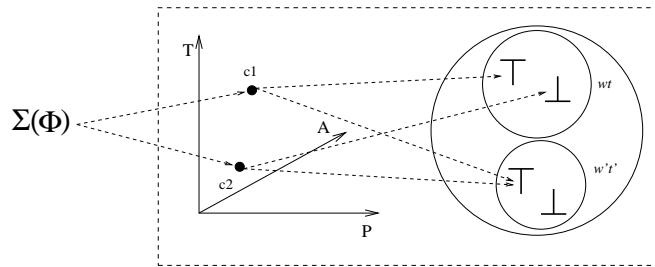


Figura 10.2: Problema del contesto. Fase 2

al contesto, cioè c_P); al secondo passo, viene determinato il valore di verità dell'enunciato ("de-indicalizzato", per così dire) rispetto a ogni possibile circostanza (compresa quella associata al contesto di produzione).

Nella fase 2, dunque, viene realizzata una prima scissione tra contesto e circostanza. Una circostanza, infatti, è solo una parte di ciò che è associato a un contesto c (rappresentato dalla coppia $\langle c_W, c_T \rangle$) e il riferimento di un'espressione può variare indipendentemente dal variare delle circostanze (per esempio, nella figura 10.2, Φ è vero nella circostanza w_t se preso rispetto al contesto c_1 , ma è falso nella stessa circostanza se preso rispetto a c_2). Tecnicamente, questa scissione è ottenuta sdoppiando alcune delle coordinate da cui dipende il significato di un'espressione (in particolare, tempo e mondo). Come abbiamo visto, il secondo Lewis sostiene che le coordinate che dovrebbero essere sdoppiate in realtà sono quattro (tempo, mondo, luogo e standard di precisione), ma questa osservazione non tocca l'impianto generale dato da Kaplan alla logica dei dimostrativi.

Fase 3

Nonostante le importanti innovazioni apportate da Kaplan rispetto alla fase 1, dovrebbe essere chiaro che egli si colloca del tutto all'interno di quella che ho chiamato prospettiva metafisica. In un certo senso, la logica di Kaplan può essere vista come un tentativo di riportare l'indicalità (e quindi la dipendenza dal contesto) nell'alveo della semantica modellistica tradizionale. LD, infatti, è uno stru-

mento per riportare le condizioni di verità di un enunciato indicale a condizioni di verità di enunciati non indicali (si veda la definizione 3.4.4 nel capitolo 3). La fase 3 è caratterizzata dal riconoscimento che LD, sebbene permetta di formalizzare aspetti molto importanti della logica degli indicali, non ne cattura uno che – dal punto di vista della teoria della rappresentazione della conoscenza – è assolutamente cruciale. Questa incapacità è messa in luce nel capitolo 4 mediante la discussione del problema di Tom Brown. LD, infatti, non permette di spiegare il fatto che esiste una differenza tra il contenuto metafisico di un'espressione indicale (determinato dal punto in cui è usata) e il suo contenuto cognitivo (determinato da ciò che un agente sa sul punto in cui l'espressione è usata). Nel caso in cui l'agente a cui è attribuita un'espressione indicale abbia effettivamente informazione sufficiente (e corretta) sul contesto di produzione, il contenuto metafisico e quello cognitivo coincidono. Ma in tutti gli altri casi non è così.

Questo aspetto della logica degli indicali, discusso nel capitolo 4, non è del tutto estraneo alla tradizione modellistica. Bar-Hillel, Perry e molti altri sono consci del fatto che un agente potrebbe non avere informazione sufficiente sul contesto per determinare (o per determinare in modo esatto) il contenuto di un'espressione indicale. Lo stesso Kaplan ha presente questa possibilità:

[...] a lack of knowledge about the context (or perhaps about the structure) may cause one to mistake the Content of a given utterance
[...] [51] [p.92]

Tuttavia, come ho detto, LD non cattura questo aspetto e, di conseguenza, non riesce a spiegare un aspetto essenziale del ruolo degli indicali in una teoria della rappresentazione della conoscenza: quello di accrescere in modo effettivo il potere espressivo del linguaggio, almeno finchè esso è usato da agenti con limitata conoscenza del mondo (per un agente onnisciente, ogni contenuto esprimibile in forma indicale è esprimibile sempre e senza perdita di generalità in forma non indicale). Una logica che permetta di formalizzare adeguatamente questo aspetto degli indicali deve necessariamente far dipendere il riferimento di un'espressione indicale dall'informazione che un agente ha (o non ha) *sul* contesto di produzione. Questo permetterebbe di spiegare perchè, in certi casi, un agente non è in grado

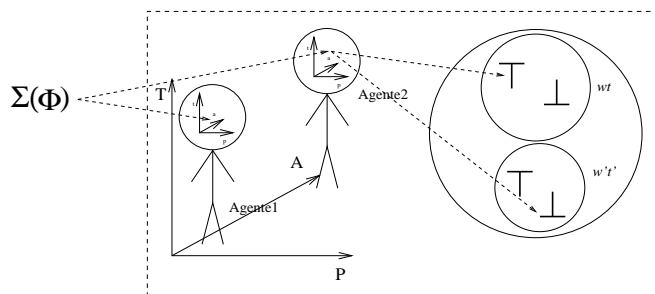


Figura 10.3: Problema del contesto. Fase 3

di decontestualizzare un enunciato indicale e perchè, nonostante questo, egli può essere ugualmente in grado di produrre comportamenti adeguati basati su informazione indicale.

La figura 10.3 cerca di rappresentare il passaggio dalla fase 2 alla fase 3. Il punto cruciale è che il contenuto di un enunciato in un contesto viene determinato non tanto in base al valore effettivo delle coordinate contestuali, quanto in base alla rappresentazione che del contesto di produzione ha l'agente che usa (o interpreta) un certo enunciato. Il fatto che l'enunciato Φ (valutato rispetto all'Agente1) non abbia un riferimento nelle due circostanze sta a rappresentare il fatto che egli non ha informazione sufficiente per determinare il contenuto di Φ in quel contesto (sebbene Φ abbia certamente un contenuto metafisico, che avremmo potuto rappresentare con una freccia dal punto in cui si trova l'agente – e non dalla sua “testa” – alle due circostanze).

Un modo per riassumere il passaggio dalla fase 2 alla fase 3 è di dire che la spiegazione della dipendenza degli indicali in termini di contesto metafisico viene trasformata in una spiegazione in termini di contesto cognitivo. Infatti, l'informazione necessaria a determinare il contenuto di un'espressione indicale non è più costituita direttamente dal valore delle coordinate del contesto di produzione, ma da una serie di assunzioni (da parte di un agente) sul valore che tali coordinate hanno rispetto a un certo contesto di produzione. Queste assunzioni definiscono uno spazio cognitivo, che può essere visto come la rappresentazione che quell'agente ha – dal proprio punto di vista – di

una certa porzione di mondo in un dato istante di tempo.

Fase 4

Nella Fase 3, viene rafforzata la visione prospettica di cui ho parlato nel § 10.1.1. Non solo un contesto è centrato su un agente, ma i legami tra linguaggio e punto di produzione sono visti dal punto di vista dell'agente che si trova in quel punto, tenendo conto di ciò che esso sa o non sa su di esso. Questo rafforzamento è basato sul significato più profondo dell'indicalità, che è quello di permettere l'espressione di contenuti da parte di un agente che è situato in un determinato punto e che sfrutta questo suo essere situato per esprimere contenuti che altrimenti gli sarebbe impossibile esprimere.

Questo approccio al problema della dipendenza dal contesto degli indicali può essere visto come l'anello di congiunzione tra la prospettiva metafisica e quella cognitiva. Infatti, un contesto nella prospettiva cognitiva è una sorta di spazio definito da una collezione di assunzioni in base alle quali è interpretato tutto ciò che sta all'interno di quello spazio. La fase 3 ha mostrato che, tra queste assunzioni, ce ne possono essere alcune che si riferiscono al valore delle coordinate del punto in cui un certo enunciato è usato. Tuttavia gli esempi del capitolo 5 mostrano che le espressioni indicali non sono le uniche il cui significato dipende da assunzioni implicite. L'interpretazione di molte altre espressioni dipende da assunzioni che, in generale, non hanno a che fare con il punto di produzione di un enunciato (si ricordino gli esempi di Sperber e Wilson riportati nel cap. 6 sul processo di comunicazione). Non solo, ma addirittura la forma linguistica usata per descrivere un certo aspetto del mondo rivela la dipendenza da assunzioni implicite (si ricordino gli esempi di Guha e McCarthy sul predicato *Buy* e sulla *Above-Theory*).

La situazione della Fase 4 è rappresentata, anche se in modo parziale e insoddisfacente, dalla figura 10.4. La figura ha più che altro lo scopo di trasmettere l'intuizione che il significato di un enunciato Φ è relativo allo spazio cognitivo rispetto a cui è interpretato. A differenza della figura 10.3, uno spazio cognitivo non presuppone solo assunzioni sul punto di produzione, ma assunzioni di molti altri tipi. L'aspetto più insoddisfacente della figura è però che, una volta relativizzato il significato di ogni espressione linguistica a un

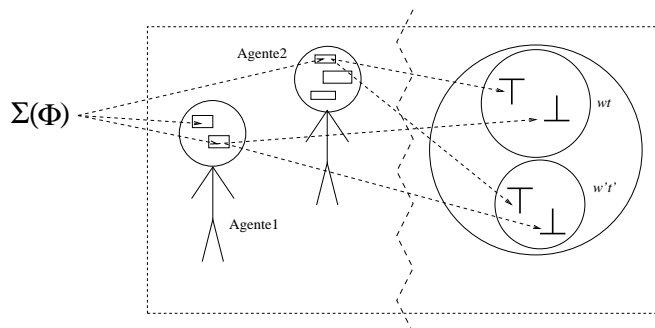


Figura 10.4: Problema del contesto. Fase 4

contesto, non è chiaro in che senso sia possibile “proiettare” il suo contenuto su una circostanza (come invece era possibile fare fino alla fase 3, in cui solo parte indicale del linguaggio veniva fatta dipendere da fattori contestuali di tipo cognitivo). Per questa ragione, nella figura 10.4, ho marcato una frattura tra agenti e mondo. Su questo problema torneremo tra breve.

Gli indicali sono un po’ la chiave di volta in questa ricostruzione concettuale. Il motivo è presto detto: l’indicalità è l’unica intersezione tra i problemi affrontati nella prospettiva metafisica e in quella cognitiva, sebbene gli approcci – come abbiamo visto – siano molto diversi. Per questo ho deciso di fare leva sul problema dell’indicalità per mettere in luce il capovolgimento che avviene nel passaggio dalla nozione metafisica a quella cognitiva di contesto. Tuttavia, una volta accettato questo capovolgimento, il problema degli indicali occupa una posizione tutto sommato marginale nel quadro generale del problema del contesto. Per rendersene conto, basta considerare la scarsità di studi cognitivi su questo aspetto della contestualità².

2. Questo non significa, però, che l’indicalità non sia studiata in lavori di tradizione cognitiva. Per esempio, un recente articolo di Lespérance e Levesque – due ricercatori di IA che lavorano presso l’Università di Toronto (Canada) – dal titolo *Indexical Knowledge and Robot Action – A Logical Account* [56], sostiene che la capacità di trattare conoscenza di tipo indicale è essenziale per progettare robot in grado di decidere sul corso di azioni da adottare in base a informazioni che provengono dall’ambiente circostante mediante sensori. Per esempio, i *sonar* utilizzati per stabilire la posizione non danno mai informazione sulla posizione assoluta, ma sempre sulla posizione relativa (per esempio, c’è un oggetto

Questa “eclissi” del problema degli indicali è spiegabile se si tiene conto della profonda differenza tra le intuizioni di fondo delle due prospettive. Se si astrae da fattori legati allo stato cognitivo dell’agente a cui una certa espressione è attribuita, l’insieme dei fattori “di contorno” da cui può dipendere il contenuto di un enunciato non può andare al di là delle coordinate del punto di produzione³. E siccome le uniche espressioni del linguaggio il cui contenuto dipende dalle coordinate del punto di produzione sono gli indicali, la conclusione che trattamento dell’indicalità e problema del contesto coincidano è quasi immediata. Viceversa, una volta che si sia deciso di tenere in considerazione gli aspetti cognitivi, il raggio della dipendenza contestuale si allarga talmente che la rappresentazione del contesto di produzione diventa solo uno tra i tanti aspetti del fenomeno.

10.3 La logica del contesto cognitivo

Il passaggio dalla prospettiva metafisica a quella cognitiva si manifesta nel modo più evidente in un passaggio da una nozione di contesto come parte della struttura del mondo a una nozione di contesto come parte dello stato cognitivo di un agente. Un contesto viene pensato come una sorta di “spazio cognitivo” in cui la conoscenza di un certo agente su una porzione di mondo è rappresentata e interpretata in base a una collezione di assunzioni (tra le quali sono incluse credenze, intenzioni, aspettative, obiettivi, ecc.). Proprio questo passaggio spiega molte proprietà delle logiche che sono state proposte per formalizzare la nozione di contesto cognitivo e le loro differenze rispetto a LD.

L’intuizione del contesto come spazio cognitivo sta – in diversa

che sbarra la strada a due metri da qui). È in base a informazione di questo tipo che un robot deve poter pianificare i propri spostamenti. Lespérance e Levesque così descrivono gli scopi generali del loro lavoro: “This work deals with one aspect of the relationship between knowledge and action that has been neglected and inadequately handled by these theories [le teorie dell’azione usate in IA]: the fact that the knowledge required for action is often relative to the agent’s perspective – that is often *indexical* (or relative) knowledge rather than objective knowledge [56].

3. È interessante osservare che autori come Lewis [60] avevano posto il problema di una serie di aspetti (*features*) contestuali da cui dipende il significato che hanno un sapere cognitivo (cfr. § 3.6). Tuttavia, questi aspetti non hanno poi trovato un vero e proprio ruolo nella formalizzazione della nozione di contesto, probabilmente proprio per la difficoltà di renderne conto dalla prospettiva metafisica.

misura – alla base di tutte e tre le formalizzazioni che ho discusso nei capitoli 7, 8 e 9. Nel passaggio dal concetto intuitivo alla formalizzazione, l'idea di spazio cognitivo si trasforma nell'idea di uno *spazio logico*, in cui certi termini o certe formule sono esprimibili (grammaticali, sensati) e altri no, in cui certi fatti sono veri e altri no, in cui certe regole di inferenza sono applicabili e altre no. In quest'ottica, è possibile riconsiderare alcune idee che ho già presentato nei tre capitoli precedenti:

- la logica della rappresentazione ripartita (PR) di Dinsmore è basata sul concetto di spazio (mentale). Uno spazio è definito come “a context-dependent representation”, e ognuno di essi descrive “a logically coherent situation or potential reality, in which various propositions are treated as true, objects are assumed to exist, and relations between objects are supposed to hold”. In altre parole, ogni spazio contiene una serie di enunciati che descrivono un aspetto del mondo in base a qualche assunzione, la quale ne costituisce il contesto primario. Le relazioni tra questi spazi sono pensate come contesto secondario;
- nella logica dei contesti (LC) di McCarthy e del suo gruppo, un contesto è pensato come “a group of assertions (closed under entailment) about which something can be said” [50]. Per esempio, di certi contesti si può dire che essi riguardano un certo dominio (i contesti che Guha chiama micro-teorie); di altri, che essi descrivono una situazione a un certo istante di tempo; di altri ancora che essi contengono l'informazione necessaria per risolvere un determinato problema; e così via;
- nella logica dei sistemi MultiContesto (SMC), un contesto è pensato come “a theory of the world which encodes an individual's perspective about it”, o anche come “that subset of the complete state of an individual that is used for reasoning about a given goal” [41]. L'idea di spazio cognitivo è formalizzata sostanzialmente identificando un contesto con una teoria, presentata come un sistema assiomatico formale (e quindi con un linguaggio, un insieme di assiomi e un insieme di regole di inferenza).

Nella prospettiva cognitiva, l'espressione "*in un contesto*" è pensata in base alla metafora dentro/fuori: un enunciato è in un contesto se appartiene all'insieme di fatti che sono rappresentati in un certo spazio cognitivo, altrimenti ne è fuori. Questo permette di sottolineare ancora una volta la differenza con la prospettiva metafisica, in cui l'idea che un enunciato è interpretato *in un contesto* è pensata in base alla metafora della superficie spaziale: un enunciato è interpretato in un contesto se è valutato rispetto al punto (di un certo mondo) in cui si trova l'agente che lo ha emesso.

Se i confini di un contesto cognitivo sono definiti da una collezione di assunzioni, i contenuti di un contesto possono essere visti come la rappresentazione di una certa porzione di mondo dipendente da quelle assunzioni. Gli enunciati di un contesto cognitivo non sono pensati come una diretta rappresentazione di un certo fatto, ma come una rappresentazione dipendente da certe assunzioni e quindi, in definitiva, un'interpretazione. Dinsmore, richiamando il concetto di *realismo interno* di Putnam [83] e le idee di Winograd e Flores [101], esprime questa idea come segue:

[...] there is evidence that any representation not only *re-presents* reality, but also *interprets* reality. It is impossible to talk about semantics as a simple correspondence between representations and an objective reality. [28] [pag. 16]

Le assunzioni in base a cui una porzione di realtà è rappresentata in un contesto si manifestano in vari modi. Il primo è la scelta di un vocabolario, scelta che determina l'insieme di fatti di un certo dominio che sono esprimibili in un contesto. Come scrive Guha, infatti, la scelta di un certo vocabolario è sempre frutto di qualche assunzione:

One of the first things we need to do in representing any domain is to pick a vocabulary [...] The vocabulary should allow expression of facts about phenomena we expect to find. The choice of the vocabulary can therefore exclude certain phenomena from consideration [...] If certain phenomena are excluded, this constitutes an assumption that these phenomena are not important/do not exist. [50][pagg.3-4]

Un secondo modo mediante cui le assunzioni implicite si manifestano è costituito dal fatto che l'insieme di enunciati veri è diverso da contesto a contesto. Come già avveniva (ma per ragioni diverse) per il contesto metafisico, il variare del valore di verità al variare del contesto cognitivo non è spiegabile in termini di variazione di mondo possibile. Infatti, lo stesso enunciato (per esempio, "37 gradi è una temperatura normale") è vero nel contesto della fisiologia umana e falso nel contesto di un bollettino meteo di Trento, anche se i due contesti parlano dello stesso mondo possibile. In questo senso va letta, per esempio, la contrapposizione fatta da Giunchiglia tra situazione e contesto (cfr. cap. 9): data una singola situazione, essa può essere descritta da molti contesti diversi, dato che ognuno di essi ne rappresenta solo una porzione (parzialità), che la stessa porzione di una situazione può essere rappresentata a diverso livello di dettaglio (approssimazione) e, infine, che la descrizione può essere data dal punto di vista di agenti diversi.

I contenuti di diversi contesti possono stare, come abbiamo visto, in relazione tra di loro. Questo è vero, in un certo senso, anche per la nozione di contesto metafisico. Già Bar-Hillel, infatti, aveva parlato di relazione logica tra asserzioni, dove un'asserzione è una coppia costituita da un contesto e un enunciato. Nella prospettiva metafisica, la relazione è determinata dalla relazione reciproca tra i punti in cui un enunciato può essere prodotto. Per esempio, se un enunciato $\Phi(\text{ora})$ è vero al tempo t , al tempo $t + 1$ sarà vero l'enunciato $\Phi(\text{ieri})$. Analogamente per le altre coordinate. Per questo, nel capitolo 1, ho proposto di considerare la dipendenza dal contesto metafisico come una sorta di dipendenza parametrica in uno spazio cartesiano. Nella prospettiva cognitiva, invece, la relazione tra i contenuti di diversi contesti è regolata dalla relazione tra le assunzioni dei diversi contesti. Per esempio, la relazione tra il contesto della *Above-Theory* e il contesto delle storie di Sherlock Holmes (il secondo "eredita" i contenuti del primo) è determinata dal fatto che si assume che nello spazio fisico in cui si muovono i personaggi di Conan Doyle valgano le stesse relazioni che valgono tra gli oggetti del mondo reale (o almeno che i due insiemi di relazioni siano compatibili). Il problema è che le relazioni tra possibili assunzioni sono molto più complesse di quelle che esistono tra le coordinate di un contesto metafisico. Non solo, ma abbiamo visto che in generale

non sembra sia neanche possibile determinare in modo esaustivo da quali assunzioni dipendano i contenuti di un contesto, per cui non è facile dire in che modo essi possano essere messi in relazione con i contenuti di altri contesti.

Infine, qualche parola sulla nozione di decontestualizzazione. Come ho detto più volte, essa corrisponde a un processo di esplicitazione (nella formulazione linguistica) di tutte le componenti del significato di un enunciato che dipendono dal contesto. Nella prospettiva metafisica, ciò equivale a trasformare un enunciato indicale in uno non indicale con lo stesso contenuto metafisico, ovvero con le stesse condizioni di verità. Come ho detto discutendo la tesi di trasformabilità debole, nella prospettiva metafisica questa trasformazione esiste sempre. Le definizioni ricorsive della semantica di LD possono essere viste come una descrizione di questo processo di trasformazione: data un'espressione indicale in un contesto, la dipendenza del suo contenuto dalle coordinate del contesto viene eliminata rimpiazzando ogni indicale (cioè ogni parametro) con il valore della corrispondente coordinata del contesto di produzione. Un esempio è la trasformazione dell'enunciato *Located(I,Here)* preso nel contesto c nell'enunciato *Located(c_A, c_P)*.

Nella prospettiva cognitiva, la decontestualizzazione di un enunciato indicale può essere vista come un processo di ragionamento mediante cui un agente, utilizzando l'informazione a lui disponibile *sul* contesto di produzione, cercherà di trasformare un enunciato indicale in un altro che per lui dica la stessa cosa. Affinchè tale processo sia possibile, è necessario che l'agente che effettua la trasformazione sia in grado di assegnare un valore definito ai parametri indicali. Per esempio, se la formula *Located(I,Here)* è presa nel contesto c , la decontestualizzazione sarà il processo mediante cui c_A , se dispone dell'informazione:

$$\text{Nel contesto } c, 'I' = c_A \quad (10.1)$$

$$\text{Nel contesto } c, 'Here' = c_P \quad (10.2)$$

concluderà che *Located(I,Here)* nel contesto c ha lo stesso contenuto di *Located(c_A, c_P)*. Il punto cruciale è che, in generale, non è detto che la precondizione della trasformazione sia soddisfatta, cioè che c_A abbia a sua disposizione l'informazione su c rappresentata da (10.1)

e (10.2): esempi come quello di Tom Brown lo dimostrano. Questo è esattamente il motivo per cui ho detto che la versione forte della tesi di trasformabilità fallisce: non in tutte le situazioni concrete un agente sa come trasformare un enunciato indicale in uno eterno (o anche viceversa) usando l'informazione a sua disposizione. Si noti inoltre che, in considerazione del fatto che ogni agente ha in generale diversa informazione sul mondo (e diversi punti di vista), è possibile che il processo di decontestualizzazione di due agenti diversi produca risultati diversi. Per esempio, uno dei due agenti potrebbe non avere informazioni sul contesto di produzione che l'altro invece ha (si veda il caso della moglie di Tom); oppure, uno dei due potrebbe avere informazione sbagliata (si veda l'esempio del marito fedifrago). Infine, la prospettiva cognitiva introduce l'idea di decontestualizzazione parziale di un enunciato indicale. Infatti, il processo di trasformazione di un enunciato indicale in uno non indicale non è del tipo "tutto-o-niente". Un agente può avere informazione parziale su un contesto di produzione e quindi essere in grado di risolvere solo alcune delle dipendenze di un enunciato.

Tutto quanto detto a proposito della decontestualizzazione degli indicali nella prospettiva cognitiva diventa ancora più evidente quando passiamo alla visione generalizzata del contesto cognitivo. Cosa significa decontestualizzare enunciati come "La neve è bianca", $\text{Buy}(X,Y)$ o addirittura teorie come la *Above-Theory*? Significa esplicitare tutte le assunzioni implicite da cui il loro contenuto (e la loro verità) dipende. Ma questo processo di esplicitazione è intrinsecamente più difficile di quello di decontestualizzare un enunciato indicale: mentre infatti, nel caso degli indicali, la decontestualizzazione è eseguita sostituendo delle espressioni con altre (gli indicali con il valore delle coordinate del contesto di produzione), nel caso di assunzioni implicite non abbiamo in genere nemmeno la presenza di espressioni parametriche a "segnalare" una dipendenza dal contesto. Questo significa che un agente deve avere informazione non solo sul valore di certe espressioni parametriche, ma anche informazioni sul tipo di contesto in cui una certa espressione è asserita. Per esempio, deve sapere che il contesto in cui è usata la rappresentazione $\text{buy}(x,y)$ contiene informazione sul concetto di acquisto in cui il luogo e l'ora della vendita e la presenza stessa di un venditore sono impliciti. Se chiamiamo *STT* (*Simple Transaction Theory*) il contesto

in cui usiamo la rappresentazione $buy(x, y)$, una decontestualizzazione di $buy(x, y)$ potrebbe essere pensata dunque come la seguente regola:

$$\frac{STT : buy(x, y)}{GTT : \exists z (seller(z) \wedge buy(x, y, z))} \quad (10.3)$$

dove GTT è una teoria degli acquisti più generale (*General Transaction Theory*).

Ma le difficoltà non si fermano qua. Nel caso degli indicali è chiaro dove il processo di decontestualizzazione debba terminare: un enunciato indicale è completamente decontestualizzato quando tutte le espressioni indicali che occorrono in esso sono state sostituite da espressioni non indicali. Ma quando si può dire che un enunciato come $buy(x, y)$ è completamente decontestualizzato? Certo, il passo descritto in (10.3) è una decontestualizzazione di $buy(x, y)$, ma le osservazioni di Guha (cfr. cap. 5) mostrano che il processo di decontestualizzazione è ben lungi dall'essere terminato. Per questa ragione la conclusione della regola (10.3) è pensata ancora in un contesto (GTT) e non fuori da ogni contesto. Come si fa a stabilire un limite superiore a questo processo di decontestualizzazione? Quando è possibile asserire che un enunciato è del tutto indipendente dal contesto?

Questa domanda pone un problema molto difficile. Per trovare un limite superiore sarebbe necessario essere in grado di riconoscere che tutte le assunzioni implicite sono state eliminate. Ora, se questo può forse essere fatto per casi elementari, in cui gli enunciati sono riferiti a domini molto semplici (per esempio, i micro-mondi degli anni pionieristici dell'IA), sembra molto difficile pensare di farlo per enunciati riferiti a domini complessi, come il mondo reale. Come osserva McCarthy nella citazione che ho riportato per intero nel capitolo 1:

Whenever we write an axiom, a critic can say that the axiom is true only in a certain context. With a little ingenuity the critic can usually devise a more general context in which the precise form of the axiom doesn't hold.

Il fatto è che un "critico" con molta fantasia sembra poter continuare potenzialmente all'infinito il gioco delle eccezioni, cioè il gio-

co consigliato come intellettualmente molto “edificante” nel passo di Winograd e Flores citato poco prima di quello di McCarthy nello stesso capitolo. La conclusione sembra essere che la decontestualizzazione è sempre un processo parziale, il cui risultato non può che dipendere da altre assunzioni. Per questa ragione non può che essere asserito in un altro contesto un po’ più generale del precedente. Questa è la conclusione a cui giungono Guha e McCarthy e, in modo anche più radicale, Giunchiglia. Proprio su questo ultimo aspetto mi appresto dunque a proporre alcune riflessioni conclusive.

10.4 Contesto e teoria della rappresentazione della conoscenza

Per quanto diverse fossero le prime tre fasi che ho discusso nel § 10.2, esse avevano ancora in comune l’idea che, all’interno di un linguaggio, si possa distinguere tra espressioni il cui significato dipende in modo essenziale dal contesto, espressioni il cui significato ne dipende in modo derivato (perchè magari vi compare qualche espressione del primo tipo) ed espressioni indipendenti dal contesto. In tutte e tre le fasi, le espressioni della prima categoria sono identificate con le espressioni indicali.

Una volta accettata questa divisione del linguaggio, il processo di decontestualizzazione può essere visto anche come un processo di trasformazione di espressioni dipendenti dal contesto (in senso essenziale o derivato) in espressioni che non ne dipendono. Il solito esempio è la trasformazione di *Located(I,Here)* preso nel contesto c nell’enunciato *Located(c_A, c_P)*. Tralasciando per un attimo il problema della limitatezza epistemica, si può dire che il processo di decontestualizzazione ha successo se l’espressione di partenza e quella di arrivo dicono la stessa cosa, la prima in una forma che dipende dal contesto, la seconda in una forma che è indipendente dal contesto.

La fase 4, tuttavia, pone un problema nuovo. Tutti gli esempi dei capitoli 5 e 6 sono volti a dimostrare che non è facile (e forse nemmeno possibile) distinguere tra la parte del linguaggio che dipende dal contesto e la parte del linguaggio che non ne dipende. In linea di principio, non sembrano esserci enunciati il cui significato non dipenda, in qualche misura, dalle assunzioni del contesto in cui esso è asserito. Questo aspetto è spinto a tal punto che in tutti i sistemi che ho discusso nella seconda parte è stata avvertita l’esigenza

di relativizzare in qualche misura la nozione stessa di linguaggio al contesto (con forza crescente nel passaggio da PR a LC ai SMC). In sintesi, quello che succede nella fase 4 è che si perde la possibilità di trasformare un'espressione appartenente alla parte del linguaggio dipendente dal contesto in una appartenente alla parte indipendente dal contesto. Che le cose stiano così lo dimostrano gli esempi di decontestualizzazione parziale che ho fatto. In generale, non succede (come nel caso di LD) che un'espressione sia sostituita con un'altra, ma piuttosto che si passi da una rappresentazione a un'altra dello stesso fatto, esplicitando qualche assunzione nel passaggio.

Il problema è che, se non esiste un punto del sistema le cui espressioni siano indipendenti dal contesto, qualunque trasformazione di un enunciato in un altro non sarà mai una rappresentazione diretta di una certa porzione di realtà. La logica proposta da Dinsmore sfugge questa conclusione postulando proprio l'esistenza di uno spazio **base** i cui contenuti non dipendono da nessuna assunzione (infatti, **base** è l'unico spazio a non avere un contesto primario); tuttavia, lo stesso Dinsmore non sembra del tutto soddisfatto di questa soluzione e osserva che non è l'unica possibile (anche se è quella che egli, di fatto, adotta in PR). Se Dinsmore opta per questa chiusura verso il basso (ottenuta mediante il meccanismo del *Context climbing*), McCarthy e Guha optano per una sorta di apertura verso l'alto (ottenuta mediante il meccanismo di uscita dal contesto). La differenza tra le due soluzioni sta proprio nel fatto che in LC non viene mai raggiunto il corrispettivo dello spazio **base** in PR e che McCarthy e Guha chiamano *outermost context* (il contesto più esterno, in cui ogni assunzione è resa esplicita). Esso è posto come un concetto limite nella struttura del loro sistema, un punto infinitamente distante a cui non è possibile – in pratica – arrivare.

La logica dei SMC si pone in maniera completamente diversa. Come ho osservato nel § 9.4, un SMC è una collezione “piatta” di teorie, ognuna delle quali rappresenta una certa porzione di realtà a un certo livello di dettaglio da una certa prospettiva. Esse non sono organizzate a priori in alcuna struttura. Questo non significa, naturalmente, che non sia possibile imporre una struttura ai contesti di un SMC (si veda per esempio nell'appendice B come viene definita una struttura per la formalizzazione dei contesti di credenza), ma solo che questa struttura non è insita nella logica stessa. Questo aspetto

ha delle conseguenze notevoli non solo sul piano formale, ma soprattutto sul piano filosofico. Infatti, è la stessa nozione tradizionale di decontestualizzazione che viene messa in discussione. Per capire in che senso, basiamoci su un semplice confronto con PR e LC:

- in PR, il passaggio dall'asserzione **sp_1** | **Holmes è un detective** all'asserzione **sp_0** | **Nelle storie di Sherlock Holmes, Holmes è un detective** mediante *Context climbing* è una vera e propria decontestualizzazione (eventualmente parziale), che va nella direzione di costruire un enunciato dello spazio **base**;
- in LC, il passaggio dalla formula $c_1 : \text{Holmes è un detective}$ alla formula $c_0 : \text{ist}(c_1, \text{Holmes è un detective})$ mediante l'uscita da c_1 è un passo di decontestualizzazione (sempre parziale) nella direzione di un irraggiungibile *outermost context*;
- in un SMC, l'esistenza di una regola ponte del tipo:

$$\frac{c_1 : \text{Holmes è un detective}}{c_0 : \text{ist}(c_1, \text{Holmes è un detective})}$$

non è altro che un vincolo di compatibilità tra due enunciati appartenenti a contesti diversi e tale che la verità della premessa della regola nel contesto c_1 impone la verità della conclusione nel contesto c_0 .

L'assenza di un meccanismo di decontestualizzazione pre-definito nella logica dei SMC ha l'effetto di dare molto più peso ai contenuti di un contesto piuttosto che alle sue assunzioni implicite. È questo il vero valore innovativo del principio di località: un contesto è una teoria a pieno titolo, che rappresenta una porzione di ciò che un individuo sa del mondo. Tuttavia, non è l'unica rappresentazione possibile e non è priva di legami con altre rappresentazioni della stessa o di altre porzioni di realtà (principio di compatibilità). Alcuni di questi legami (come quello dell'esempio fatto poco sopra) possono certo essere visti come una forma di decontestualizzazione, ma si tratta di un senso più debole rispetto a quella di PR e di LC. Tuttavia questa debolezza è – a mio parere – proprio la forza dei SMC. Infatti, essa deriva dalla piena accettazione del fatto che esiste una

dipendenza ineliminabile del significato dal contesto. E, siccome un agente finito non è in generale in grado di conoscere tutte le assunzioni associate a un contesto, non si vede in che modo egli potrebbe essere in grado di dire – per esempio – che due enunciati “dicono la stessa cosa” in due contesti diversi.

In conclusione, mi pare di poter dire che la nozione di contesto cognitivo è essenziale in ogni teoria della rappresentazione della conoscenza, almeno finchè essa riguarda soggetti cognitivi con limitata conoscenza del mondo. Infatti, qualora si astragga dallo stato cognitivo dell'agente a cui una certa rappresentazione linguistica è ascritta, nulla vieta di eliminare ogni forma di rappresentazione dipendente dal contesto a favore di rappresentazioni indipendenti dal contesto con lo stesso contenuto metafisico. Ma, qualora si sia interessati a spiegare il legame tra linguaggio e rappresentazione della conoscenza, il contesto è essenziale, dato che ogni rappresentazione comporta un grado ineliminabile di dipendenza da assunzioni implicite e, quindi, di interpretazione. PR, LC e i SMC sono tre passi verso una logica della nozione di contesto cognitivo. Tuttavia le piene conseguenze di questo approccio al problema del contesto sono, mi pare, ancora lontane dall'esser state pienamente realizzate.

Parte IV

Appendici

A. Un approccio multi–contestuale al problema della qualificazione

Una delle principali motivazioni per lo studio e la formalizzazione del contesto in AI è stato il cosiddetto problema della generalità (cfr. cap. 8). Il problema della generalità si presenta in molte forme diverse. Una di queste forme è il cosiddetto *problema della qualificazione*. Esso è connesso alla formalizzazione del cosiddetto ragionamento su azioni, cioè il ragionamento sugli effetti di un determinato corso di azioni tenendo conto delle precondizioni che devono essere soddisfatte, degli ostacoli che possono insorgere, degli effetti – diretti e indiretti – che ogni azione ha. In sintesi, il problema della qualificazione è il problema di specificare l’insieme di fatti da cui è “qualificato” il successo di una certa azione in una determinata situazione.

In questo capitolo presenterò il lavoro di una serie di articoli (in particolare [46, 9, 10, 11]) in cui i SMC sono stati utilizzati proprio allo scopo di risolvere il problema della qualificazione (visto come un aspetto del problema della generalità). Il caso di studio che considererò è il problema GLM (cfr. esempio 3 del § 6.1). La soluzione proposta si basa essenzialmente sull’idea di costruzione di contesti di lavoro discussa nel § 6.2 e sul modello di soluzione di problemi rappresentato nella figura 6.2. L’idea di fondo è la seguente: ogni problema è affrontato in un contesto che contiene solo l’informazione rilevante alla sua soluzione. Questa informazione viene raccolta nel contesto di lavoro, in cui viene ricercata la soluzione al problema. Siccome il contesto di lavoro contiene solo una parte dell’informazione disponibile a un agente, il ragionamento che avverrà al suo interno sarà locale (nel senso del § 9.2). La generalità della solu-

zione è garantita dal fatto che, in caso di necessità, è sempre possibile costruire un nuovo contesto di lavoro, contenente un diverso sottoinsieme della conoscenza disponibile.

A.1 Il problema della qualificazione

Il problema della qualificazione è uno dei tre problemi considerati “classici” nella formalizzazione del ragionamento su azioni in IA¹. Formalizzare il ragionamento su azioni significa, sostanzialmente, rappresentare la conoscenza necessaria ad un sistema per pianificare il raggiungimento di determinati obiettivi, per prevedere gli effetti di un determinato corso di azioni, per fare ipotesi su piani di azioni alternativi, e così via. Fin dagli inizi tale progetto, la cui portata – anche tecnologica – è evidente, si è scontrato con serie difficoltà. Tra queste, le più note sono tre, identificate da McCarthy [74, 67]:

- il *frame problem*²: è il problema di determinare quali aspetti dell’ambiente *non* vengono modificati da un certo corso di azioni. Una sua soluzione dovrebbe permettere di inferire, per esempio, che l’azione di spostare un oggetto da un punto a un altro normalmente non ne modifica il colore³;
- il *problema della ramificazione*: è il problema di stabilire quali effetti indiretti (ramificazioni) ha una certa azione di cui si conoscono alcuni effetti diretti. Supponiamo di partire da una situazione in cui c’è una persona (viva) che respira e immaginiamo di ragionare sugli effetti di sparare a questa persona. L’effetto diretto è che questa persona non è più viva. Tuttavia, un formalismo per il ragionamento su azioni deve permettere

1. La formalizzazione del ragionamento su azioni è stato storicamente uno dei problemi più fecondi dell’IA di impostazione logicista (ma non solo). Proprio le difficoltà sorte in quest’ambito hanno poi portato a costruire alcuni dei formalismi più noti in IA, come quelli per il ragionamento non monotono.

2. Conservo il nome inglese, poichè non esiste una sua adeguata traduzione in Italiano. Anche nella comunità scientifica italiana, esso è conosciuto con il nome inglese.

3. La parola “normalmente” segnala l’aspetto non monotono del ragionamento su azioni: è sempre possibile immaginare qualche circostanza non ordinaria in cui lo spostamento di un oggetto ne modifica il colore (per esempio, se la destinazione è un vaso di pittura). Per dare un’idea della difficoltà del problema, anche l’eccezione che abbiamo trovato ammette eccezioni: per esempio, se il vaso di pittura contiene pittura dello stesso colore dell’oggetto. Questo “gioco delle eccezioni” può continuare indefinitamente.

anche di inferire l'effetto indiretto che quella persona smette di respirare;

- il *problema della qualificazione*: è il problema di stabilire le condizioni alle quali si può prevedere che una certa azione, se eseguita, avrà successo. Ognuna di queste condizioni è detta qualificare il successo dell'azione. Per esempio, il successo di un viaggio aereo è qualificato da fatti ovvi quali avere il biglietto, ma anche dal fatto che non si frappongano ostacoli (per esempio, che il viaggiatore venga derubato dei suoi vestiti all'aeroporto o che un meteorite colpisca l'aereo in volo).

L'approccio che proporrò è applicabile a tutti e tre i problemi, ma per semplicità porterò avanti la presentazione concentrandomi solo sul problema della qualificazione. Il primo passo è di illustrare il rapporto esistente tra il problema della qualificazione e il problema della generalità.

Se rileggiamo la citazione da [70] (riportata per esteso nel cap. 1), è immediato vedere che tutta la discussione a proposito della proprietà 'on' vale anche in riferimento al ragionamento su azioni. Per mostrarlo, introduco la forma originale del problema GLM, proposto da McCarthy in una nota del 1991 (mai pubblicata) dal titolo *Overcoming Unexpected Obstacles*:

Un agente sta pianificando un viaggio da Glasgow a Mosca via Londra. Vorrebbe costruire un piano senza dover pensare a tutti i dettagli, ovvero usando una teoria piuttosto approssimata. Per esempio, vorrebbe considerare il fatto di avere il biglietto ma non il fatto che il volo potrebbe essere stato cancellato. Tuttavia, vorrebbe anche poter rivedere il piano qualora si presentasse qualche ostacolo tra quelli esplicitamente previsti (per esempio, lo smarrimento del biglietto), ma soprattutto qualora si presentasse un ostacolo inatteso (per esempio, il volo è stato effettivamente cancellato).

Da qui dovrebbe risultare evidente che il problema GLM costituisce una variante del problema della generalità. Invece di parlare genericamente di possibili fatti che influenzano la rappresentazione di un certo concetto, viene introdotto il problema di ragionare su ciò che può ostacolare l'esecuzione di una certa azione (in questo caso

prendere l'aereo). McCarthy divide i possibili ostacoli in due gruppi: gli ostacoli *previsti*, cioè quelli che fanno venir meno una precondizione esplicitamente considerata (perdere il biglietto farebbe venir meno la precondizione esplicita di avere il biglietto) e quelli *imprevisti*, cioè quelli che fanno venir meno una precondizione che l'agente non ha esplicitamente considerato, anche se avrebbe potuto farlo (la cancellazione del volo farebbe venir meno la precondizione implicita che ci sia il volo tra le due città). [46] propone di considerare anche un terzo tipo di ostacoli, ovvero quelli che farebbero venir meno condizioni di cui l'agente, per la sua conoscenza limitata, non avrebbe potuto tener conto neanche volendo ragionare nel modo più esaustivo possibile (la rottura del pezzo WRT-456 è un ostacolo che la maggior parte dei viaggiatori aerei non saprebbe mai prendere in considerazione). Questo terzo gruppo non gioca alcun ruolo effettivo nel ragionamento, ma serve a giustificare l'idea che ogni soluzione è comunque relativa a un certo contesto visto come teoria parziale e approssimata del mondo. Una soluzione al problema della qualificazione nella forma posta da GLM presenta dunque le seguenti difficoltà:

- (a) tutti i possibili ostacoli, cioè quelli di tutti e tre i gruppi, qualificano il successo del viaggio da Glasgow a Mosca, e una rappresentazione non è completamente generale se non li include tutti. Tuttavia, la conoscenza effettivamente a disposizione di un qualunque agente finito non sarà mai così completa da ridurre a zero il terzo gruppo di ostacoli, e di questo bisogna tener conto nel valutare la portata delle conclusioni raggiunte;
- (b) dato un problema, un agente non utilizza in generale la totalità di ciò che sa per risolverlo, ma solo una sottoparte. È questo il fondamento della distinzione tra ostacoli previsti e imprevisti. I primi sono relativi a ciò che l'agente ha effettivamente considerato in una determinata circostanza, i secondi a quello che nella stessa circostanza egli ha ignorato. Sembra dunque che serva un meccanismo che permetta di distinguere tra la conoscenza globalmente a disposizione di un agente e la conoscenza effettivamente utilizzata per ragionare su un determinato problema;

- (c) infine, è anche chiaro che la classificazione degli ostacoli in previsti e imprevisi (basata sulla distinzione tra conoscenza utilizzata e conoscenza non utilizzata) non è statica, ma relativa al problema che deve essere affrontato. Qualunque classificazione statica andrebbe sicuramente incontro a delle difficoltà, visto che prima o poi anche gli ostacoli più rari (o impensabili) possono presentarsi. Il fatto che un volo possa essere cancellato può essere plausibilmente ignorato in condizioni normali, ma altrettanto plausibilmente deve essere incluso tra gli ostacoli previsti in una giornata di sciopero dei piloti (sempre che l'agente sappia di questo sciopero). Per ottenere la massima flessibilità (e quindi generalità) possibile ci vuole dunque un meccanismo che, dato un particolare problema, permetta da un lato di utilizzare tutta (e sola) la conoscenza che un agente ha ragione di ritenere rilevante in quella circostanza e dall'altro di rivedere la scelta dell'informazione rilevante qualora le circostanze lo richiedano.

A.2 Il “*tuning*” tra generalità e località

Quanto detto alla fine del paragrafo precedente può essere riassunto nella richiesta di un meccanismo che permetta di volta in volta di scegliere una sottoparte della conoscenza di un agente che sia adeguata per risolvere un problema. Ma in che modo questa richiesta si concilia con l'idea della generalità?

Se rileggiamo quanto McCarthy ha scritto sul problema della generalità da una parte e su generalità e contesto dall'altra, si ha la sensazione di un certo contrasto. Infatti, se da un lato la generalità richiede di produrre formalismi tali che essi possono essere utilizzati nella più vasta gamma possibile di circostanze, dall'altro lato l'uso dei contesti per “nascondere” informazione sembra andare in direzione opposta. È chiaro infatti che trascurare informazione può rendere impossibile ragionare su qualche aspetto del problema. Questa apparente contraddizione viene discussa in [46] e [9], in cui, rielaborando alcune idee esposte in [41], viene proposta una soluzione basata sul principio di *località*.

Il concetto chiave è che la sottoparte della conoscenza che un agente utilizza in una certa circostanza per risolvere un problema deve rispondere a un criterio di *adeguatezza*. Chiamiamo *base di conoscenza* (BC) l'insieme delle conoscenze di un agente. BC includerà una grande varietà di fatti, da quelli sul cinema a quelli sui profumi femminili, da quelli sullo sport a quelli sulla pittura della Grecia antica, da quelli sulla cucina italiana a quelli sui computer. Parte di questa conoscenza potrà riguardare anche il dominio dei viaggi aerei (per esempio, che per prendere un aereo bisogna avere il biglietto, che la cancellazione di un volo significa il fallimento del piano di prendere quel volo, che il furto di tutti i propri vestiti può causare qualche difficoltà nel prendere l'aereo, ecc.). Supponiamo anche che tale agente stia ragionando proprio sul problema GLM. Normalmente, la conoscenza che egli ha su calcio e sulla pittura greca non farà parte dell'informazione utilizzata per risolvere un problema che ha a che fare con un viaggio aereo. Normalmente, neanche il furto dei vestiti vi rientrerà. Infine è plausibile che la cancellazione del volo non sia normalmente presa esplicitamente in considerazione, mentre il possesso del biglietto sì. Rispetto a una certa BC, diciamo che un contesto di lavoro per il problema GLM sarà tanto più generale quanto maggiore sarà il numero degli ostacoli previsti, e tanto più locale quanto maggiore sarà il numero degli ostacoli imprevisti. La soluzione proposta in [46] può essere riassunta in due punti:

- innanzitutto non esiste un contesto assolutamente adeguato per il problema GLM. L'adeguatezza di un contesto (visto come un sottoinsieme di BC) è una nozione relativa a un particolare formulazione di un problema, cioè ai dati effettivamente disponibili nella situazione in cui un agente deve affrontare il problema;
- in secondo luogo, un contesto è adeguato rispetto a un problema se esistono buoni motivi per congetturare che esso non è nè troppo generale (include cioè solo conoscenza su aspetti rilevanti del problema), nè troppo locale (non include cioè conoscenza non necessaria per ragionare sul problema).

Questa soluzione è stata formalizzata con i SMC. L'idea è quella di utilizzare la formulazione del problema come criterio per decidere

quale informazione debba effettivamente far parte del contesto di lavoro. Supponiamo di considerare la seguente formulazione di GLM: è vero che prendere il volo da Glasgow a Londra e da Londra a Mosca ha come effetto quello di essere a Mosca? In assenza di ulteriore informazione, sembra legittimo rispondere affermativamente sulla base del fatto che prendere un aereo ha come effetto il cambiamento di posizione da parte del viaggiatore. Nella “teoria” usata per rispondere, nessun ostacolo è previsto, dato che nessuna preconditione è presa in considerazione (nè il possesso del biglietto, nè l’esistenza del volo, ecc.). Supponiamo ora di chiedere: cosa succede se il viaggiatore perde il biglietto durante il cambio di volo a Londra? Cosa succede se al viaggiatore vengono rubati i vestiti all’aeroporto? Tutte queste domande modificano ovviamente la formulazione del problema originario. La conoscenza utilizzata per rispondere alla domanda iniziale è insufficiente per rispondere alla domanda sul biglietto, e questa a sua volta sarà insufficiente per rispondere alla domanda sul furto dei vestiti. Pertanto la risposta andrà cercata in un nuovo contesto di lavoro, in cui anche informazione sui biglietti aerei e sui vestiti dovrà essere presa esplicitamente in considerazione.

A.3 Formalizzazione

In passato, molte formalizzazioni sono state proposte come soluzione al problema della qualificazione. Basta citare il formalismo di *circumscription* [68, 69], le logiche per il ragionamento di *default* [87], qualche variazione di sistemi modali [38], o più recentemente il linguaggio \mathcal{A} per la rappresentazione delle azioni di Gelfond e Lifschitz [34]. Non è qui il luogo per presentare ognuna di queste soluzioni in dettaglio. Io ho scelto di presentare solo quella di McCarthy basata su *circumscription*, dato che si di essa è costruita la soluzione multicontestuale che presenterò. Tuttavia, ai fini della discussione presente, avrei potuto scegliere qualsiasi altra formalizzazione tra quelle menzionate. Tutte, infatti, condividono una scelta di fondo, quella di massimizzare il livello di generalità della teoria in cui il problema GLM è affrontato. Viceversa, nella soluzione con i SMC, il livello di generalità viene di volta in volta scelto in base alla formulazione di GLM, permettendo la ricerca di soluzioni in teorie locali.

A.3.1 Soluzioni che massimizzano la generalità

Come accennato, tutte le soluzioni proposte al problema della qualificazione prima di [46] enfatizzano la generalità a scapito della località. L'idea di fondo è la seguente: trovare un meccanismo che, data una BC, permetta di stabilire tutte le possibili qualificazioni di una certa azione e di congetturare che queste sono le uniche qualificazioni che occorre considerare. Applicando questo meccanismo a GLM, quel che risulta è un sistema in cui è possibile stabilire che cosa qualifica l'azione di prendere l'aereo (per esempio avere il biglietto, l'esistenza del volo e il fatto che il viaggiatore si trovi a Glasgow all'inizio dell'esecuzione del piano) ed è possibile congetturare che, qualora queste precondizioni siano soddisfatte, il piano avrà successo. In questo modo, tutti gli ostacoli diventano in un certo senso previsti, dato che tutte le condizioni che potrebbero essere invalidate da un ostacolo sono prese esplicitamente in considerazione. Il meccanismo di congettura è tale che, qualora una nuova condizione dovesse essere considerata, essa potrebbe venir aggiunta al sistema senza modifiche⁴. Vediamo come ciò viene ottenuto mediante la *circumscription*.

Nella già citata nota *Overcoming Unexpected Obstacles*, McCarthy utilizza una formalizzazione della teoria delle azioni introdotta da Lifschitz in [62], con l'aggiunta di alcuni nuovi assiomi. Gli elementi di base del formalismo di Lifschitz sono:

- la nozione di situazione introdotta in [74]: una situazione è una descrizione completa dell'universo in un determinato istante di tempo. Per rappresentare il fatto che una certa proposizione f vale in una situazione s viene usato il predicato binario $holds(f, s)$. Il termine f rappresenta un fluente, ovvero una funzione il cui valore dipende dalla situazione. Qualora un fluente rappresenti una proposizione (per esempio, 'il viaggiatore ha il biglietto'), il fluente viene detto proposizionale e i valori che esso può assumere sono il vero (*true*) e il falso (*false*)⁵;

4. Questo aspetto costituisce uno dei maggiori risultati dei formalismi non monotoni quando sono usati per la rappresentazione della conoscenza in IA: nuova informazione può venir aggiunta a una BC senza dover fare altre modifiche alla BC stessa.

5. Esistono ovviamente anche fluenti non proposizionali (per esempio 'posizione

- un'azione è vista come una funzione che, applicata in una certa situazione, produce una nuova situazione eventualmente diversa da quella iniziale. Formalmente, la situazione risultante dall'eseguire un'azione a in una situazione s è denotata dalla funzione a due argomenti $result(a, s)$. Lo scopo di una formalizzazione delle azioni in IA è proprio quello di inferire il valore di ogni fluente nella situazione risultante dall'esecuzione di una certa azione (o sequenza di azioni);
- ogni azione ha un insieme (eventualmente vuoto) di precondizioni che devono essere soddisfatte al momento di eseguire l'azione. Nel linguaggio di [62], ogni precondizione di un'azione a è rappresentata con il predicato binario $precond(f, a)$;
- ogni azione ha degli effetti diretti⁶. Per effetto, si intende che l'esecuzione dell'azione può modificare il valore di un fluente (chiaramente, ogni azione può avere più effetti). Nel linguaggio di [62], un effetto è rappresentato con il predicato ternario $causes(a, f, v)$, il cui significato intuitivo è che l'azione a fa sì che il fluente f assuma il valore v .

Queste nozioni di base sono usate per definire alcune relazioni derivate:

Successo di un'azione. Un'azione a può essere eseguita con successo in una situazione s se e solo se tutte le precondizioni di a sono soddisfatte nella situazione s . Formalmente, la definizione è la seguente:

$$succeeds(a, s) \equiv \forall f (precond(f, a) \supset holds(f, s)) \quad (A.1)$$

Non-inerzialità Un'azione a ha effetto su un fluente f in una situazione s se e solo se a ha successo in s e inoltre f è tra gli effetti

del viaggiatore', il cui valore è un luogo). Per tali fluenti, è necessario definire esplicitamente il dominio dei valori che possono assumere (per esempio, la classe delle posizioni geografiche). Nella formalizzazione di GLM, tuttavia, non vengono introdotti fluenti non proposizionali.

6. L'aggettivo diretti si riferisce alla presenza di possibili ramificazioni che non sono esplicitamente rappresentate come effetto dell'azione, ma devono essere inferite. Io non mi occuperò di questo problema. Un recente articolo che affronta il problema delle ramificazioni è [40].

diretti di a . Formalmente:

$$\begin{aligned} \text{noninertial}(a, f, s) \equiv \\ \text{succeeds}(a, s) \wedge (\text{causes}(a, f, \text{true}) \vee \\ \text{causes}(a, f, \text{false})) \end{aligned} \quad (\text{A.2})$$

Legge di Cambiamento Tale legge permette di computare gli effetti di una certa azione a sulla situazione seguente. L'idea è che se a ha successo in s e ha come effetto diretto che il fluente f assume il valore true (false), allora f varrà (non varrà) in $\text{result}(a, s)$. Formalmente:

$$\begin{aligned} \text{succeeds}(a, s) \wedge \text{causes}(a, f, \text{true}) \supset \\ \text{holds}(f, \text{result}(a, s)) \end{aligned} \quad (\text{A.3})$$

$$\begin{aligned} \text{succeeds}(a, s) \wedge \text{causes}(a, f, \text{false}) \supset \\ \neg \text{holds}(f, \text{result}(a, s)) \end{aligned} \quad (\text{A.4})$$

Legge di Inerzia Tale legge permette di stabilire che il valore dei fluenti inerziali rispetto a un'azione a rimane immutato dopo l'esecuzione di a in s ⁷. Formalmente:

$$\begin{aligned} \neg \text{noninertial}(a, f, s) \wedge \text{holds}(f, s) \supset \\ \text{holds}(f, \text{result}(a, s)) \end{aligned} \quad (\text{A.5})$$

Eventi imprevisti Sono tre assiomi che McCarthy propone in [71] per trattare eventi imprevisti (come lo smarrimento del biglietto). Formalmente:

$$\text{occurs}(e, s) \supset \text{outcome}(s) = \text{outcome}(\text{result}(e, s)) \quad (\text{A.6})$$

$$(\forall e \neg \text{occurs}(e, s)) \supset \text{outcome}(s) = s \quad (\text{A.7})$$

$$\text{rr}(e, s) = \text{outcome}(\text{result}(e, s)) \quad (\text{A.8})$$

$\text{rr}(e, s)$ è un'abbreviazione per la situazione che risulta dall'esecuzione di una certa azione dopo che tutti gli eventi sono accaduti.

⁷ La Legge di Inerzia è lo strumento proposto in [62] per risolvere il *frame problem*. Essa permette infatti di inferire che il valore dei fluenti non modificati direttamente dall'esecuzione di un'azione rimane immutato.

Oltre a questi assiomi, McCarthy introduce degli assiomi molto intuitivi che descrivono il dominio dei viaggi aerei. Essi rappresentano le precondizioni dell'azione di prendere l'aereo da una città x a una città y (l'azione è rappresentata come $fly(x, y)$) e i suoi effetti diretti:

$$causes(fly(x, y), at(y), true) \quad (A.9)$$

$$precond(at(x), fly(x, y)) \quad (A.10)$$

$$precond(exists\ flight(x, y), fly(x, y)) \quad (A.11)$$

$$precond(hasticket, fly(x, y)) \quad (A.12)$$

$$causes(loseticket, hasticket, false) \quad (A.13)$$

$$causes(buyticket, hasticket, true) \quad (A.14)$$

Supponiamo adesso di avere la seguente informazione sulla situazione iniziale (che indichiamo con s_0):

$$holds(at(Glasgow), s_0) \quad (A.15)$$

$$holds(hasticket, s_0) \quad (A.16)$$

$$holds(exists\ flight(Glasgow, London), s_0) \quad (A.17)$$

$$holds(exists\ flight(London, Moscow), s_0) \quad (A.18)$$

Chiamiamo *Axioms* l'insieme di formule (A.1)–(A.18). McCarthy propone di usare la seguente forma di *circumscription*⁸:

$$circum(Axioms; occurs \geq causes, precond; holds) \quad (A.19)$$

(A.19) si applica a *Axioms* e ha l'effetto di minimizzare i predicati *occurs*, *causes* e *precond*, dando priorità alla minimizzazione del primo predicato su quella del secondo, e di lasciare variabile l'interpretazione del predicato *holds*. Senza entrare in una spiegazione dettagliata, osserviamo che l'effetto di (A.19) è equivalente ad

8. La notazione usata per specificare la *circumscription* è quella introdotta da Lifschitz in [63].

aggiungere ad *Axioms* le seguenti due formule:

$$\begin{aligned}
 \text{precond}(f, a) &\equiv \\
 &((f = \text{at}(x) \wedge a = \text{fly}(x, y)) \vee \\
 &(f = \text{existsflight}(x, y) \wedge a = \text{fly}(x, y)) \vee \\
 &(f = \text{hasticket} \wedge a = \text{fly}(x, y)))
 \end{aligned} \tag{A.20}$$

$$\begin{aligned}
 \text{causes}(a, f, v) &\equiv \\
 &((a = \text{fly}(x, y) \wedge f = \text{at}(y) \wedge v = \text{true}) \vee \\
 &((a = \text{loseticket} \wedge f = \text{hasticket} \wedge v = \text{false}) \vee \\
 &((a = \text{buyticket} \wedge f = \text{hasticket} \wedge v = \text{true}))
 \end{aligned} \tag{A.21}$$

Le formule A.20 e A.21 dicono che le uniche precondizioni e gli unici effetti diretti dell'azione di volare sono quelli deducibili dalla conoscenza rappresentata in *Axioms*. A questo punto, dato che in s_0 le precondizioni di $\text{fly}(x, y)$ sono tutte soddisfatte (vedi assiomi (A.15)–(A.18)), è possibile derivare il fatto che il viaggiatore arriverà a Mosca (M) dopo aver preso il volo da Glasgow (G) a Londra (L) e il volo da Londra a Mosca:

$$\text{holds}(\text{at}(M), \text{rr}(\text{fly}(L, M), \text{rr}(\text{fly}(G, L), s_0))) \tag{A.22}$$

Supponiamo però che il viaggiatore perda il biglietto dopo il primo volo. Questo evento è rappresentato aggiungendo ad *Axioms* la formula:

$$\text{occurs}(\text{loseticket}, \text{result}(\text{fly}(G, L), s_0)) \tag{A.23}$$

(A.19) blocca la derivazione di (A.22), dato che la nuova informazione fornita mediante (A.23) implica il fallimento di una delle precondizioni dell'azione di volare, cioè della precondizione (A.12). Tuttavia, la nuova teoria ottenuta dopo l'aggiunta di (A.23) permette di derivare il successo di un nuovo piano, in cui tra i due voli viene inserita l'azione di acquistare un nuovo biglietto:

$$\begin{aligned}
 &\text{holds}(\text{at}(M), \\
 &\text{rr}(\text{fly}(L, M), \text{rr}(\text{buyticket}, \text{rr}(\text{fly}(G, L), s_0))))
 \end{aligned} \tag{A.24}$$

A.3.2 La soluzione di McCarthy

La soluzione proposta da McCarthy in [71] non risolve in modo del tutto adeguato il problema GLM. Essa massimizza sì la generalità (tutta l'informazione disponibile su una certa azione viene utilizzata per provare il successo o il fallimento di quell'azione), ma non permette di trascurare parte dell'informazione disponibile. Infatti, la preconditione *hasticket* è sempre “attiva” (sia nella prima che nella seconda formulazione del problema); l'unica differenza è che in un caso essa è soddisfatta, nell'altro no. Come abbiamo visto, la nozione di contesto dovrebbe permettere di superare proprio questo tipo di difficoltà.

Nei suoi articoli, McCarthy si è limitato a mostrare, essenzialmente mediante esempi, come usare il meccanismo dei contesti a tal fine, senza però entrare mai nel dettaglio di una vera e propria soluzione contestuale al problema della qualificazione. Generalizzando gli esempi dei suoi articoli (in particolare [73]), le sue proposte possono essere ridotte sostanzialmente a due:

- (a) utilizzare assiomi di *lifting* per accrescere o diminuire il numero di argomenti di uno o più predicati;
- (b) utilizzare regole di ragionamento contestuale che permettano di eliminare una o più precondizioni di un'azione.

Il primo meccanismo potrebbe essere usato, ad esempio, per eliminare il riferimento a una situazione specifica in certe parti del ragionamento. Immaginiamo infatti di avere il seguente assioma in un contesto che chiameremo di controllo:

$$\text{Control} : \forall c \text{ ist}(c, \text{holds}(f, s0)) \equiv \text{ist}(\text{spec_sit}(s0), f)$$

Esso dice che ogni qual volta in un contesto c è vera una formula del tipo $\text{holds}(f, s0)$, nel contesto $\text{spec_sit}(s)$ è vera la formula f (spec_sit è una funzione introdotta in [73] che denota contesti associati a situazioni, o – come dice McCarthy – specializzati su una determinata situazione). In questo modo è possibile rendere implicita la dipendenza di f da $s0$; tale dipendenza può essere recuperata (se necessario) con un passo di uscita dal contesto $\text{spec_sit}(s0)$.

Più direttamente collegato al problema della qualificazione è il secondo meccanismo, quello che permette di eliminare precondizioni di una certa azione. Questa idea è presentata con un po' più di precisione in [73]. Supponiamo di avere un'assioma del tipo:

$$c : have\text{-}ticket(x) \wedge clothed(x) \supset can\text{-}fly(x)$$

Questa formula, espressa in un formalismo leggermente diverso da quello che abbiamo usato nel § A.3.1, dice che se un viaggiatore ha il biglietto ed è vestito può prendere l'aereo. È chiaro che in generale la precondizione di avere il biglietto può essere lasciata implicita. Il modo in cui [73] propone di farlo è quello di aggiungere le seguenti regole di *importazione* e di *scarico* alle consuete regole del calcolo della deduzione naturale:

$$\textbf{Importazione} \quad \frac{c : p \supset q}{assuming(c, p) : q}$$

$$\textbf{Scarico} \quad \frac{assuming(c, p) : q}{c : p \supset q}$$

Usando la regola di Importazione, da (A.3.2) è possibile derivare:

$$assuming(c, clothed(x)) : have\text{-}ticket(x) \supset can\text{-}fly(x)$$

Nel contesto $assuming(c, clothed(x))$ è dunque possibile ragionare trascurando la precondizione $clothed(x)$. Nello stesso modo è possibile “nascondere” altre precondizioni.

Il problema della soluzione di McCarthy è che non viene fornita alcuna indicazione su come questo meccanismo debba essere usato. In base a cosa uno dovrebbe considerare (o trascurare) una precondizione? Esiste un ordine prestabilito in base a cui eliminare le precondizioni o di volta in volta uno decide quali precondizioni eliminare nell'ordine che preferisce? Senza contare poi che in entrambi i metodi proposti non è chiaro in che modo sia usato il formalismo. Che tipo di oggetto è un nome di contesto parametrizzato (per esempio $spec_sit(s)$ o $assuming(c, p)$)? In che modo l'interpretazione del fluente f della formula $holds(f, s)$ è collegato all'interpretazione della formula f nel contesto $spec_sit(s)$? Pare legittimo concludere che in questo caso il lavoro di McCarthy, sebbene come sempre ricco di intuizioni, non sia ancora sufficientemente approfondito.

A.3.3 La soluzione con i SMC

In [9, 10], il problema dell'equilibrio tra generalità e località viene formalizzato usando i SMC. Per rendere più facile il confronto con la soluzione basata sulla *circumscription* presentata nel § A.3.1, ho cercato di costruire quella multi-contestuale in modo incrementale, sovrapponendo il meccanismo dei contesti alla formalizzazione di [73]. A grandi linee, l'approccio si basa sulle seguenti idee:

BC–contesti La conoscenza complessivamente disponibile a un certo agente viene pensato come divisa in un certo numero di contesti, chiamati appunto BC-contesti. Ogni BC-contesto contiene ciò che un agente sa su un determinato aspetto di un dominio⁹. Per lo scenario in esame, ad esempio, vengono definiti i seguenti BC–contesti: *Flying* (contenente gli assiomi (A.9) e (A.10)); *Flight* (contenente l'assioma (A.11)) e *Ticket* (contenente gli assiomi (A.12), (A.13) e (A.14)).

Formulazione di problemi Come detto, una teoria non è adeguata in assoluto, ma relativamente a un certo problema in un certa circostanza. Per questa ragione, nella soluzione proposta, il problema da risolvere è rappresentato esplicitamente. Un problema è definito da un certo *goal* (il fatto di essere a Mosca) e da un certo insieme di fatti, chiamati *assunzioni*, che descrivono la situazione in cui il piano deve essere eseguito (gli assiomi (A.15)–(A.18)). Diciamo che due problemi sono due formulazioni dello stesso problema se essi si differenziano solo per qualcuna delle assunzioni.

Formulazione del contesto di lavoro Dato un problema, l'obiettivo è quello di costruire un contesto di lavoro adeguato per risolvere quel problema (adeguato nel senso di A.2). In concreto, la soluzione presentata è quella di costruire di volta in volta un contesto di lavoro che contenga un sottoinsieme dei BC-contesti, ovvero tutti e soli quei BC-contesti che sono rilevanti per il problema da risolvere. In GLM, per esempio, il BC–contesto

9. È chiaro che una divisione statica della conoscenza in BC–contesti non può che risultare artificiosa. In generale, la soluzione che viene presentata non pretende di essere psicologicamente plausibile, ma di illustrare un meccanismo logico generale.

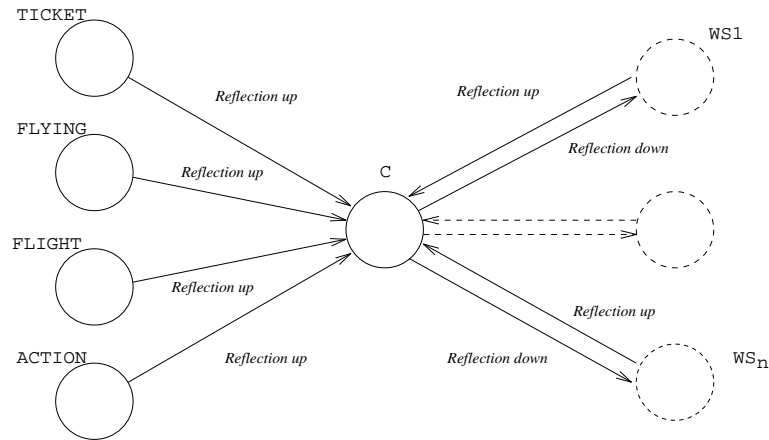


Figura A.1: L'architettura della soluzione proposta

Ticket sarà contenuto in un contesto di lavoro per un dato problema solo se c'è qualche ragione per pensare che ragionare sul biglietto sia rilevante per il problema corrente (in concreto, se il fatto di possedere o di aver perso il biglietto è menzionato nella formulazione del problema). In particolare, a diverse formulazioni dello stesso problema corrisponderà la formulazione di diversi contesti di lavoro.

Ragionamento “come-se” Una volta formulato un contesto di lavoro per un certo problema, il ragionamento sul problema avviene all'interno di quel contesto *come se* esso contenesse tutta l'informazione disponibile sul dominio dei viaggi aerei. Così, se il BC-contesto *Ticket* non è stato incluso in un contesto di lavoro, il ragionamento avverrà come se il sistema non disponesse di alcuna informazione sui biglietti. In altre parole, il ragionamento è localizzato all'insieme di fatti inclusi nel contesto di lavoro.

Le idee appena discusse sono state formalizzate usando i SMC. L'architettura della soluzione proposta è descritta nella figura A.1. Sul lato sinistro della figura sono indicati i BC-contesti *Flying*, *Flight*

e *Ticket*¹⁰. Sulla destra, indicati con le sigle WS_1, \dots, WS_n , ci sono alcuni dei possibili contesti di lavoro costruibili a partire dai BC–contesti disponibili. Al centro, c'è un particolare contesto, chiamato *contesto di controllo* (C), il quale contiene conoscenza sul processo di soluzione di problemi e controlla dunque la costruzione dei contesti di lavoro. La parte centrale di [9] riguarda proprio la definizione di C .

Il meccanismo del *lifting* con i SMC

Una parte dei contenuti di C riguarda il meccanismo di costruzione di contesti di lavoro a partire da un certo insieme di BC–contesti. Il meccanismo definito in [9] è molto semplice. Intuitivamente, esso permette di “importare” i contenuti di uno o più BC–contesti in un contesto di lavoro. Tecnicamente, questo avviene usando il seguente assioma (detto di *lifting*):

$$Lift(c1, c2) \equiv \forall w (Ist(c1, w) \supset Ist(c2, w)) \quad (A.25)$$

Il significato di (A.25) è il seguente: fare il *lifting*¹¹ di un contesto $c1$ in un contesto $c2$ è equivalente a provare che ogni formula vera in $c1$ è vera anche in $c2$. Come abbiamo visto nel cap. 9, il significato inteso del predicato *ist* nei sistemi MC è catturato dalle regole di *reflection up* e *reflection down*. Per cui, dal punto di vista della deduzione, fare il *lifting* di un contesto BC in un contesto WS significa iterare per ogni teorema di BC la seguente procedura (illustrata nella figura A.2):

1. da $Lift(BC, WS)$ e (A.25) derivare

$$C : \forall w (Ist(BC, w) \supset Ist(WS, w)) \quad (A.26)$$

2. istanziare (A.26) su una formula di BC , per esempio A :

$$C : Ist(BC, A) \supset Ist(WS, A) \quad (A.27)$$

10. Il BC–contesto *Action* contiene gli assiomi generali per il ragionamento su azioni ed è incluso in ogni formulazione di un contesto di lavoro per GLM. Per questa ragione, darò per scontato che esso sia incluso nel contesto di lavoro di qualsiasi formulazione di GLM.

11. Si noti che la nozione di *lifting* dei SMC è piuttosto diversa da quella di LC presentata nel § 8.2.

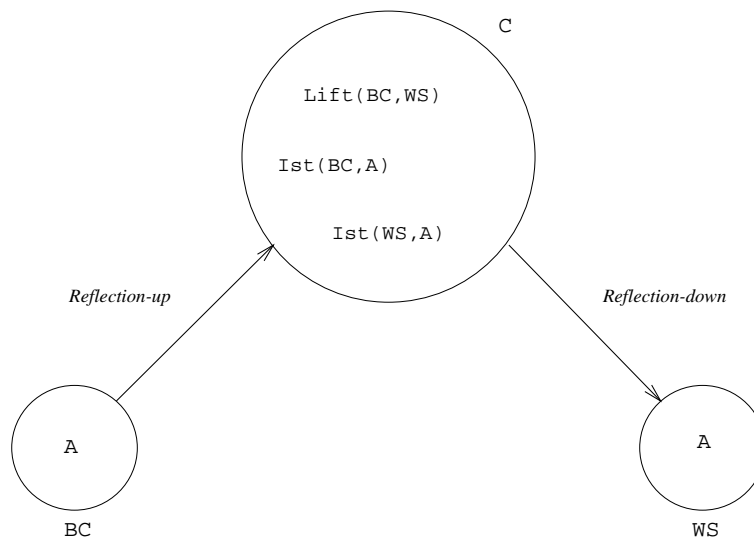


Figura A.2: La procedura del *lifting*

3. ricavare $C : Ist(BC, A)$ da $BC : A$ mediante *reflection up*;
4. ricavare $C : Ist(WS, A)$ mediante Modus Ponens;
5. concludere $WS : A$ mediante *reflection up*.

Costruire contesti di lavoro

Vediamo adesso come costruire un contesto di lavoro per un dato problema. Innanzitutto, il linguaggio di C contiene nomi per problemi e per formule che rappresentano intuitivamente il goal e le assunzioni di un problema. La formula $pbgoal(p1) = w$ significa che w è il goal del problema $p1$ e la formula $PbQual(w, p1)$ che w è un'assunzione di $p1$. Il seguente assioma di C dice che due problemi sono identici se hanno lo stesso goal e lo stesso insieme di assunzioni:

$$[pbgoal(p1) = pbgoal(p2) \wedge (PbQual(w, p1) \equiv PbQual(w, p2))] \supset p1 = p2 \quad (A.28)$$

Per un qualunque problema p , il termine $wrkc(p)$ denota il contesto di lavoro costruito per p . La funzione $wrkc$ è iniettiva, per cui a problemi diversi corrisponderanno contesti di lavoro diversi ($p1 \neq p2 \supset wrkc(p1) \neq wrkc(p2)$).

Il primo passo per la costruzione del contesto di lavoro di un problema p è di richiedere che ogni sua assunzione sia presa in considerazione:

$$PbQual(w, p) \supset Ist(wrkc(p), w) \quad (A.29)$$

Quindi, è necessario stabilire quali BC–contesti devono essere utilizzati per costruire $wrkc(p)$ (il contesto di lavoro per p). Senza entrare nei dettagli, l'idea è quella di usare una specie di memoria associativa che permetta di collegare oggetti del linguaggio usato per la formulazione di problemi in C con specifici BC–contesti. Per esempio, per dire che il simbolo sym è in qualche modo connesso al BC–contesto kc , scriveremo:

$$IsAbout(sym, kc)$$

Al di là di come è effettivamente realizzata questa memoria associativa (scrivere assiomi psicologicamente plausibili che associno problemi a BC–contesti non è compito della logica!), l'idea è di richiedere che nel contesto di lavoro di un problema siano utilizzati solo quei BC–contesti che sono associati con qualche simbolo effettivamente usato nella formulazione di p . Ciò è specificato dal seguente *lifting claim*:

$$In(sym, p) \wedge IsAbout(sym, kc) \supset Lift(kc, wrkc(p)) \quad (A.30)$$

In questo modo, data la formulazione di un problema, è possibile inferire formalmente quali BC–contesti devono essere usati nel relativo contesto di lavoro¹². Se un BC–contesto non è associato a un simbolo che occorre nella formulazione del problema, non sarà possibile utilizzare (A.30) per derivare che esso deve essere importato nel contesto di lavoro di quel problema.

12. Tutta la discussione qui è semplificata a scopo di presentazione. Per esempio, qui assumo che i vari BC–contesti siano mutuamente consistenti. Esistono tuttavia tecniche per gestire contesti contenenti informazione contraddittoria (per esempio [4, 21]).

Adeguatezza di un contesto di lavoro

L'assioma (A.30) permette di dire cosa deve essere importato in un contesto di lavoro. Il problema adesso è: come facciamo a sapere se un certo contesto di lavoro è adeguato nel senso del § A.2? Si noti che la nozione di adeguatezza di cui ci stiamo occupando non ha nulla a che vedere con il problema di stabilire se in un contesto di lavoro un problema sarà risolto. Il problema è quello di stabilire se un certo contesto contiene tutta l'informazione rilevante per ragionare sulla formulazione di un problema. La proposta di [9] è di inferire che un contesto c è adeguato per un problema p se e solo se esso contiene tutti i BC-contesti k per i quali è possibile provare la formula $Lift(k, c)$. Questa relazione tra un contesto e un problema è espressa mediante il predicato $IAC(c, p)$, il cui significato intuitivo è che c è un contesto adeguato per ragionare sul problema p ¹³.

Una volta definita la nozione di adeguatezza, rimane solo da stabilire cosa significa risolvere un problema. L'idea è che un problema è risolto se esso è affrontato in un contesto di lavoro adeguato e se, localmente a questo contesto, è possibile dimostrare il goal del problema. La formula di C che esprime queste due condizioni è la seguente:

$$Solves(c, p) \equiv IAC(c, p) \wedge Ist(c, pbgoal(p)) \quad (A.31)$$

L'idea che il goal è provato all'interno di un contesto di lavoro formalizza la nozione di ragionamento "come se", dato che ogni contesto di lavoro contiene solo un sottoinsieme dei BC-contesti potenzialmente disponibili.

Riformulazione di contesti di lavoro

L'esempio GLM mostra che alla formulazione di un problema può venir aggiunta informazione che di fatto invalida una soluzione già trovata. Per esempio, l'aggiunta di informazione su uno sciopero dei controllori di volo invalida ogni soluzione a GLM in cui il viaggiatore abbia pianificato di prendere i due voli il giorno dello sciopero. Spesso, l'aggiunta di nuova informazione alla formulazione del problema richiede di rivedere la conclusione che un certo contesto di

13. Cfr. [9] per dettagli tecnici sulla formalizzazione di questo predicato.

lavoro è adeguato per un problema. Se infatti in contesto di lavoro non contiene informazione sugli effetti di uno sciopero, esso non sarà adeguato per affrontare la riformulazione di GLM in cui viene assunto che ci sia uno sciopero.

Anche su questo punto non voglio entrare in dettagli tecnici. Ciò che intuitivamente è richiesto è la possibilità di dimostrare che un certo contesto di lavoro che era adeguato per un certo problema p potrebbe non esserlo più per una riformulazione di p . Questo potrebbe richiedere di importare qualche altro BC–contesto per renderlo adeguato. Opportuni assiomi di C permettono di trattare la riformulazione di un contesto di lavoro in seguito alla riformulazione di un problema.

La formalizzazione di GLM

Descriviamo ora la soluzione a GLM. Immaginiamo di avere i quattro BC–contesti menzionati alla fine del § A.3.3 e riportati nella figura A.1:

- *Flying*, che contiene gli assiomi (A.9) e (A.10) sull’effetto e su una condizione generale di volare da x a y ;
- *Flight*, che contiene l’assioma (A.11) relativo all’esistenza dei voli;
- *Ticket*, che contiene gli assiomi (A.12), (A.13) e (A.14) sui biglietti.

La memoria associativa è così fatta:

$$\text{IsAbout}(at, \text{Flying}) \quad (\text{A.32})$$

$$\text{IsAbout}(hasticket, \text{Ticket}) \quad (\text{A.33})$$

$$\text{IsAbout}(loseticket, \text{Ticket}) \quad (\text{A.34})$$

$$\text{IsAbout}(\text{exists flight}, \text{Flights}) \quad (\text{A.35})$$

Il goal di GLM è quello di dimostrare l’esistenza di una situazione in cui il viaggiatore ha preso i due voli e si trova a Mosca: $\exists s \text{ holds}(at(\text{Moscow}), s)$. Possibili assunzioni sono le formule (A.15), (A.16), (A.17), (A.18) and (A.23).

In una prima formulazione $P1$, possiamo immaginare di assumere che il viaggiatore sia a Glasgow e che esistano i due voli Glasgow–Londra e Londra–Mosca (cioè, a $P1$ sono associate le assunzioni (A.15), (A.17) e (A.18)). In base agli assiomi della memoria associativa (A.32)–(A.35), gli unici BC–contesti rilevanti per questa versione di GLM sono *Flying* e *Flights*. Pertanto, nel contesto di lavoro $wrkc(P1)$ verranno importati solo questi due contesti. Dato che in $wrkc(P1)$ è possibile provare:

$$\text{holds}(\text{at}(M), \text{result}(\text{fly}(L, M), \text{result}(\text{fly}(G, L), s0))) \quad (\text{A.36})$$

possiamo concludere $\text{Solves}(wrkc(P1), P1)$.

Se ora consideriamo una formulazione di $P1$, per esempio $P2$, in cui aggiungiamo (A.16) tra le assunzioni, è facile vedere che il contesto di lavoro $wrkc(P1)$ non è più adeguato per $P2$. Infatti, per essere adeguato, esso dovrebbe contenere anche il BC–contesto *Ticket*, cosa che non è. Si noti che $wrkc(P1)$ non contiene neanche il linguaggio necessario per rappresentare l’assunzione che il viaggiatore ha (o non ha) il biglietto, dato che i biglietti non appartengono all’“ontologia” di $wrkc(P1)$. È necessario allora un passo di riformulazione, in cui viene costruito un nuovo contesto di lavoro $wrkc(P2)$, il quale conterrà tutti i BC–contesti che conteneva $wrkc(P1)$ più il BC–contesto *Ticket*. Di questo contesto è possibile provare nuovamente $\text{Solves}(wrkc(P2), P2)$.

Si noti infine che, qualora considerassimo una terza riformulazione $P3$ in cui viene aggiunta l’assunzione (A.23) (relativa allo smarrimento del biglietto a Londra), $wrkc(P2)$ sarebbe sì adeguato per $P3$, ma non permetterebbe di risolvere il problema. Un modo per risolvere $P3$ sarebbe quello di avere un contesto con informazioni sull’acquisto di biglietti e di importarlo in un nuovo – e sempre più complesso – contesto di lavoro.

Un’ultima osservazione riguarda il rapporto tra la formalizzazione di McCarthy basata sulla *circumscription* e quella multi–contestuale. Nel contesto *Action* è incluso l’assioma (A.19), il quale è applicato all’interno dei vari contesti di lavoro. La differenza sostanziale tra la nostra soluzione e quella di McCarthy è che (A.19) è applicato a diversi insiemi di formule in diversi contesti di lavoro, per cui l’insieme di precondizioni e di effetti di un’azione considerato in ogni contesto di lavoro sarà diverso. Il SMC descritto in questa

appendice ha a propria disposizione tutta l'informazione disponibile alla teoria circoscrittiva presentata da McCarthy, ma ogni contesto di lavoro ne utilizza effettivamente solo un sottoinsieme.

B. Opacità e trasparenza nei contesti di credenza

Il problema della formalizzazione delle credenze rientra nel capitolo più generale dello studio degli *atteggiamenti proposizionali*, cioè di tutti quegli atteggiamenti (come desiderare, temere, sapere, ecc.) che possono avere una proposizione come oggetto¹. Le credenze sono parte integrante dell'attività mentale. Ognuno di noi ha delle credenze, delle credenze a proposito delle proprie credenze, impara dalle credenze riportate da altre persone, condivide (o non condivide) credenze con altri su determinate questioni, deriva nuove credenze a partire da credenze precedentemente acquisite, prende decisioni in base a credenze, si crea aspettative sul comportamento di altre persone in base a credenze su di esse, e così via. Nonostante questo importante ruolo delle credenze nella nostra vita pratica, la loro formalizzazione ha sempre presentato problemi. In questo capitolo, considero uno di questi problemi, connesso al problema dell'indeterminatezza del principio di sostituibilità in contesti di credenza. A questo problema ho già accennato nel § 6.1. Qui mi occuperò di un effetto di questa indeterminatezza, e cioè del fatto che molti enunciati che riportano credenze di un agente sono potenzialmente suscettibili di una doppia lettura, una che chiamerò *opaca* e una che chiamerò *trasparente*. Farò vedere come in certi casi lo stesso enunciato di credenza legittimi entrambe le letture e darò una formalizzazione di questo tipo di enunciati usando i SMC².

1. Per una interessante critica all'idea che gli oggetti dei cosiddetti atteggiamenti proposizionali siano proposizioni, si veda Lewis [58].

2. La formalizzazione della doppia lettura nella semantica a modelli locali e nel corrispondente sistema MC è il risultato di un lavoro congiunto con Massimo Benerecetti e Chiara Ghidini (cfr. [5]).

B.1 Sostitutività in contesti di credenza

Uno dei primi e più seri problemi concernenti la formalizzazione delle credenze fu la scoperta che per enunciati del tipo “Tizio crede che [...]” il principio di sostitutività non può sempre essere applicato in modo sicuro. Nel § 6.1 ho considerato il celebre esempio di Frege riguardante due modi di riferirsi al pianeta Venere (‘la Stella del mattino’ e ‘la Stella della sera’). Per presentare la formalizzazione della doppia lettura nei SMC mi servirò invece di un caso di studio ispirato a un esempio di Bonomi [6]. Consideriamo l’enunciato:

*Il presidente della locale squadra di calcio
è un corruttore* (B.1)

Supponiamo che il presidente della locale squadra di calcio (abbreviato come *Pres*) sia un certo Carlo Rossi. Allora il principio di sostitutività permette di sostituire il termine ‘*Pres*’ con il termine ‘Carlo Rossi’ in (B.1), ottenendo il nuovo enunciato:

Carlo Rossi è un corruttore (B.2)

con la garanzia che il valore di verità di (B.2) sarà esattamente lo stesso di (B.1). Generalizzando l’esempio, sia E sia un enunciato di un certo linguaggio \mathcal{L} , siano $t1$ e $t2$ (ϕ e ψ) due termini (enunciati) di \mathcal{L} tali che valga $t1 = t2$ ($\phi \equiv \psi$). Scriviamo $E[e1/e2]$ per indicare l’enunciato ottenuto a partire da E sostituendo qualche occorrenza dell’espressione $e1$ con l’espressione $e2$. Allora, vale che $\models E$ se e solo se $\models E[t1/t2]$ ($\models E$ se e solo se $\models E[\phi/\psi]$).

Questo principio, intuitivamente molto chiaro, non vale in generale nei contesti *indiretti* (o *opachi*), come i contesti di credenza. Supponiamo infatti di rimpiazzare (B.1) con il seguente enunciato:

Fausto crede che il Pres sia un corruttore (B.3)

Analogamente a sopra, da (B.3) potremmo tentare di derivare la conclusione:

Fausto crede che Carlo Rossi sia un corruttore (B.4)

Ma, anche dal punto di vista intuitivo, questa conclusione non è giustificata. Infatti, supponiamo che Fausto non sia a conoscenza del

fatto che il *Pres* sia Carlo Rossi (o che magari creda che il *Pres* sia Mario Bianchi). In tal caso, Fausto potrebbe tranquillamente accettare (B.3), ma non accettare la conclusione (B.4). Questo semplice esempio mostra che, nel contesto di operatori di credenza, il principio di sostitutività non produce sempre risultati corretti. Questo non significa che l'applicazione del principio produca necessariamente risultati scorretti, ma solo che i risultati della sua applicazione non sono una conseguenza delle premesse a cui è applicato. Si parla pertanto di *indeterminatezza* del principio di sostitutività. Questa *indeterminatezza* viene assunta (per esempio dallo stesso Bonomi in [6]) come criterio per discriminare contesti *opachi* dai contesti *trasparenti*: un contesto è opaco quando l'applicazione del principio di sostitutività (almeno nella forma presentata nel § B.1) risulta indeterminata, trasparente altrimenti.

B.2 Il problema della doppia lettura

Strettamente collegato alle proprietà di opacità e trasparenza è il problema che molti enunciati che esprimono credenze sono suscettibili di una doppia lettura (l'una detta appunto opaca, l'altra trasparente). Consideriamo il seguente esempio:

Voi sapete che *A* crede che il presidente della locale squadra di calcio è il signor *M*; ma sapete anche che *B* crede che il presidente è il signor *C*. Di fatto ha ragione *B*, e voi lo sapete. Ora, *B* vi dice: “*A* crede che il presidente della locale squadra di calcio è un corruttore”. Se vi interessa sapere di chi (oltre che di *A*) si sta parlando, come ‘interpretarete’ l'enunciato? [6][pag. 24]

Se riflettiamo sulla domanda finale, vediamo che ci sono due possibili risposte:

- la credenza di *A* potrebbe essere riferita a *M* (dato che *A* è il soggetto della credenza). In questo caso, la credenza riportata da *B* corrisponderebbe alla credenza che *M* è un corruttore;
- la credenza di *A* potrebbe essere riferita a *C* (dato che è *B* che sta parlando). In questo caso, la credenza riportata da *B* corrisponderebbe alla credenza che *C* è un corruttore (sebbene *A* non identifichi *C* come il *Pres*).

La prima lettura dell'enunciato di *B* è chiamata opaca perché impedisce di sostituire il termine '*Pres*' con *C* nel contesto delle credenze di *A*. Tale lettura è molto intuitiva, dato che non solo non sappiamo se *A* crede che *C* sia il *Pres*, ma addirittura sappiamo che *A* crede che il *Pres* sia *M*. Tuttavia, anche la seconda lettura (detta trasparente) può essere plausibile in certi casi. Immaginiamo infatti che la storia sia andata come segue: *A* dice a *B* che *C* è un corruttore; *B* sa che *C* è il *Pres* e perciò decide di riportare la credenza di *A* nella forma in cui '*C*' è sostituito con 'il *Pres*'. La giustificazione è che, pur sapendo che *A* non concorderebbe con questo modo di riportare la sua credenza, *B* non ritiene di tradire in alcun modo il senso dell'affermazione di *A* (e in effetti – dal suo punto di vista – non lo tradisce).

Qui non posso certo riportare tutto il dibattito che si è sviluppato sulla possibilità di una doppia lettura degli enunciati che riportano credenze. Mi limito a dire che concordo con l'analisi di [6], la quale mostra come la tradizionale spiegazione della doppia lettura in base ai concetti di credenza *de re* e *de dicto* non si applichi a questo esempio (infatti, almeno in questo caso, la doppia lettura non sembra in alcun modo connessa con tale distinzione). La mia analisi sarà basata sul ruolo del contesto inteso come teoria parziale e approssimata.

Come già Bonomi osserva, l'analisi tradizionale degli enunciati che riportano credenze nei termini della distinzione *de re/de dicto* tende a concentrarsi esclusivamente sul ruolo del soggetto della credenza (nell'esempio, *A*), trascurando completamente quello di chi riporta la credenza (cioè *B*). Come risulta da quanto ho detto sopra, invece, anche chi riporta la credenza può intervenire in modo attivo sul modo in cui la credenza è riportata. Supponiamo di metterci nei panni di chi deve decidere a chi si riferisce l'enunciato di *B*. Avendo a disposizione solo l'informazione dell'esempio, potremmo seguire due linee di ragionamento molto diverse. La prima è quella di immaginare che *B* stia "citando" una credenza di *A*, ovvero la stia riportando con le stesse parole con cui la riporterebbe *A* stesso; in questo caso, la conclusione che la credenza si riferisca a *M* è inevitabile. La seconda è di pensare che *B* stia riportando la credenza di *A* con parole proprie, ovvero "traducendo" ciò che *A* gli ha detto in un enunciato diverso, ma – dal punto di vista di *B* – equivalente all'originale. Per questa ragione ritengo che una formalizzazione adeguata

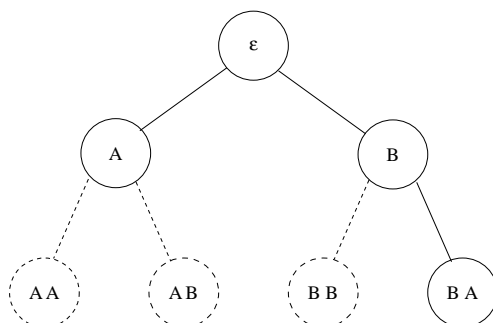


Figura B.1: La struttura delle view (SMC)

dell'esempio debba permettere di concentrarsi sullo spazio cognitivo di B e di attribuirgli entrambi gli atteggiamenti, quello di chi cita e quello di chi traduce.

I SMC sembrano particolarmente adatti a questo scopo. Da un lato, grazie al principio di località, è possibile distinguere molto chiaramente diversi insiemi di credenze (per esempio quelle dell'osservatore che deve rispondere alla domanda di Bonomi, quelle che costui attribuisce a B e a A , quelle che B attribuisce a A dal punto di vista dell'osservatore esterno; e così via. Dall'altro lato, grazie al principio di compatibilità, è possibile stabilire diverse relazioni tra questi insiemi di credenze (nel nostro caso, una relazione per la lettura opaca e una per la lettura trasparente). La famiglia di SMC che definiremo per formalizzare l'esempio è un'estensione (chiamata MV per MultiView) sarà un'estensione della famiglia dei SMC per gli atteggiamenti proposizionali definiti in [48, 23] (e già parzialmente descritti nel § 9.2). L'idea di base è quella di *view*. Una *view* è definita come un insieme di credenze viste da una certa prospettiva. Nell'esempio che stiamo affrontando, tutto il problema è visto dalla prospettiva di un'osservatore esterno (che indicheremo con ϵ), per cui avremo una *view* che conterrà tutte le credenze di ϵ . Parte di queste credenze riguarderà le credenze che ϵ attribuisce ad A e a B . Avremo dunque altre due *view*, che rappresenteranno le credenze che a ϵ attribuisce rispettivamente ad A e a B . Al livello successivo, ci saranno le *view* corrispondenti alle credenze che B attribuisce a A

(sempre dal punto di vista di ϵ) e viceversa. La struttura risultante è un albero come quello della figura B.1 (le *view* tratteggiate sono *view* che non è necessario considerare per formalizzare il caso di studio in esame). Alla radice si trova il contesto associato a ϵ , al primo livello le credenze attribuite da ϵ ad A e a B , e così via come descritto sopra. Per indicare che una *view* contiene le credenze che un agente i attribuisce a un agente j userò la notazione ij (per brevità ometterò sempre la ϵ iniziale). Il contesto che formalizza una *view* sarà indicato con il grassetto (per esempio, **BA** sarà il contesto che formalizza la *view* che contiene le credenze che ϵ attribuisce a B a proposito di ciò che crede A).

Questa distribuzione delle credenze (che evidentemente sfrutta la località dei SMC) permette di formalizzare una prima proprietà dell'esempio. Infatti, come ho mostrato nel capitolo 9, ogni *view* avrà un proprio insieme di modelli locali. Grazie a questo fatto, lo "stesso" enunciato può esprimere diverse proposizioni in diversi contesti³. Così l'enunciato che esprime la credenza che *Pres* è un corruttore esprimerà la proposizione che C è un corruttore in ϵ o in **B**, mentre esprimerà la proposizione che M è un corruttore in **A** o **BA**.

Tuttavia, questo non è sufficiente a rappresentare il processo di ragionamento che permette a ϵ di leggere in maniera opaca o trasparente l'enunciato di B . Ciò che ci serve è stabilire delle relazioni tra diverse *view*. Supponiamo per esempio che **B** contenga la credenza che A crede che *Pres* è un corruttore. Intuitivamente, è naturale aspettarsi che la credenza che *Pres* è un corruttore sia presente in **BA**, dato che quest'ultima contiene le credenze che B attribuisce ad A . Questo è ottenuto ponendo dei vincoli tra i contenuti di diverse *view*. Semanticamente, questi vincoli saranno espressi in termini di relazioni di compatibilità tra insiemi di modelli locali delle *view*; sintatticamente, gli stessi vincoli saranno formalizzati in termini di regole ponte.

3. Le virgolette stanno a ricordare che nei SMC non è del tutto corretto parlare dello stesso enunciato in diversi contesti, visto che i linguaggi sono distinti. Ciò che possiamo avere è diversi enunciati che sono sintatticamente identici in diversi linguaggi associati a diversi contesti.

B.3 Semantica a modelli locali per la doppia lettura

Definire una semantica a modelli locali per un sistema MV richiede di definire la famiglia dei linguaggi che saranno associati a ogni *view*, di assegnare un insieme di modelli locali a ognuno dei linguaggi e di comporre infine questi insiemi di modelli locali in modo da rispettare i vincoli di compatibilità tra *view* diverse.

La classe di linguaggi che definiremo è un'estensione di quella proposta in [23]. Sia L un linguaggio del primo ordine che contiene i seguenti simboli non logici⁴:

- costanti individuali: C and M ;
- predicati unari: $Corr, P$;
- operatore per descrizioni definite: ι ⁵.

Sia $I_0 = \{A, B\}$ l'insieme dei nomi degli agenti nello scenario e $I = I_0^*$ l'insieme delle sequenze finite (eventualmente vuote) di elementi di I_0 ($\epsilon \in I$ denota la sequenza vuota). Sia \prec una relazione di ordine parziale su I tale che per ogni $i, j \in I$, $i \prec j$ sse j è della forma is_k per qualche $s_k \in I_0$.

Definizione B.3.1 [MV-linguaggio] *Un MV-linguaggio è la classe dei linguaggi del primo ordine $\{L_i\}_{i \in I}$ tali che:*

- (i) $L \subseteq L_i$ per ogni $i \in I$;
- (ii) se $\phi \in L_j$ allora il termine “ ϕ ” appartiene a ogni L_i con $i \prec j$ (dove “ ϕ ” è il “nome” della formula ϕ);
- (iii) se $i \prec j = is_k$ allora Bel_{s_k} e $Bel_{s_k}^T$ sono simboli di predicato unari di L_i

dove Bel_{s_k} è il predicato usato da i per rappresentare “ s_k mi ha detto che [...]” e $Bel_{s_k}^T$ è il predicato usato da i per dire “Io rappresenterei le credenze di s_k come [...]”. Adottando la notazione del capitolo 9, scriveremo $\langle \phi, i \rangle$ per indicare che ϕ è una formula che appartiene al linguaggio L_i . Diremo che $\langle \phi, i \rangle$ è una formula e che ϕ è una L_i -formula.

4. Intuitivamente, L è il linguaggio che ϵ ha a disposizione per descrivere fatti sul mondo diversi da credenze di altri agenti.

5. Si tratta della notazione di [89].

B.3.1 Modello per la lettura opaca

Per definire i modelli per la lettura opaca e per la lettura trasparente, introduciamo la seguente notazione per ogni $i, j \in I$, con $i \prec j$ e $j = is_k$. Sia Γ un insieme di L_j -formule. $Bel_{s_k}(\Gamma)$ denota l'insieme $\{Bel_{s_k}(\phi) \in L_i \mid \phi \in \Gamma\}$. Sia Γ un insieme di L_i -formule. $Bel_{s_k}^{-1}(\Gamma)$ denota l'insieme $\{\phi \in L_j \mid Bel_{s_k}(\phi) \in \Gamma\}$. Sia \mathbf{C} un modello per un MV-linguaggio (per modello, intendo la nozione di modello per SMC definita nel § 9.3.1). $\Theta(\mathbf{c}_i)$ denota l'insieme $\{\phi \in L_i \mid \phi \text{ è chiuso e per ogni } m \in \mathbf{c}_i, m \models_{i_c} \phi\}$ e $V^\uparrow(\mathbf{c}_i)$ denota l'insieme $\{\phi \in L_j \mid \phi \text{ è chiuso e per ogni } \mathbf{c}' \in \mathbf{C} \text{ if } \mathbf{c}'_i \subseteq \mathbf{c}_i \text{ then } \phi \in \Theta(\mathbf{c}'_j)\}$.

Definizione B.3.2 [Modello per la lettura opaca] *Un modello \mathbf{C} per un MV-linguaggio è un modello per la lettura opaca se e solo se per ogni $\mathbf{c} \in \mathbf{C}$ e per ogni $i, j \in I$, con $i \prec j$ e $j = is_k$:*

$$Bel_{s_k}(\mathcal{V}^\uparrow(\mathbf{c}_i)) \subseteq \Theta(\mathbf{c}_i) \quad (\text{B.5})$$

$$Bel_{s_k}^{-1}(\Theta(\mathbf{c}_i)) \subseteq \Theta(\mathbf{c}_j) \quad (\text{B.6})$$

La condizione (B.5) dice che i è un osservatore completo. Infatti \mathbf{c}_i soddisfa tutte le formule $Bel_{s_k}(\phi)$ tali che ϕ è soddisfatto da tutti i modelli \mathbf{c}'_j connessi (mediante una relazione di compatibilità) con (un sottoinsieme di) \mathbf{c}_i , cioè tale che ϕ è creduto da j , l'immagine mentale che i ha di s_k . La condizione (B.6) dice che i è un osservatore corretto perchè, se $Bel_{s_k}(\phi)$ è soddisfatta da \mathbf{c}_i , allora ϕ è soddisfatta da \mathbf{c}_j . Si noti che (B.6) è più debole di (B.5). (B.6) impone che ϕ sia soddisfatta da \mathbf{c}_j a partire dal fatto che $Bel_{s_k}(\phi)$ è soddisfatta da \mathbf{c}_i e non da tutti i modelli \mathbf{c}'_i connessi (mediante una relazione di compatibilità) con (un sottoinsieme di) \mathbf{c}_j . Intuitivamente, questo significa che la credenza $Bel_{s_k}(\phi)$ di i è corretta anche se essa è solo un'assunzione di i (e non un teorema).

Tornando al nostro esempio, facciamo vedere in che modo ϵ usa (B.5) e (B.6) per eseguire la lettura opaca. La conoscenza iniziale di ϵ è:

ϵ	$Bel_B(\iota P = C)$ $Bel_B(Bel_A(\iota P = M))$ $Bel_B(Bel_A(Corr(\iota P)))$	(B.7)
------------	--	-------

In altre parole, ogni \mathbf{c}_ϵ in \mathbf{C} soddisfa (B.7). Dal vincolo (B.6) tra la coppia ϵ , \mathbf{B} e la coppia \mathbf{B} , \mathbf{BA} otteniamo che ogni $\mathbf{c}_\mathbf{B}$ e ogni $\mathbf{c}_{\mathbf{BA}}$ soddisfa rispettivamente

$$\boxed{\begin{array}{l} B \quad \iota P = C \\ \quad \quad Bel_A(" \iota P = M ") \\ \quad \quad Bel_A(" Corr(\iota P) ") \end{array}} \quad \boxed{\begin{array}{l} BA \quad \iota P = M \\ \quad \quad Corr(\iota P) \end{array}} \quad (\text{B.8})$$

Dalla definizione della semantica a modelli locali (cfr. § 9.3.1, ogni $\mathbf{c}_{\mathbf{BA}}$ soddisfa anche la seguente conseguenza degli assiomi dell'uguaglianza:

$$\boxed{BA \quad Corr(M)} \quad (\text{B.9})$$

Infine, per il vincolo (B.5) tra la coppia \mathbf{B} , \mathbf{BA} e la coppia ϵ , \mathbf{B} , ogni \mathbf{c}_ϵ soddisfa:

$$\boxed{\epsilon \quad Bel_B(" Bel_A(" Corr(M) ") ") } \quad (\text{B.10})$$

cioè \mathbf{C} soddisfa una lettura opaca dell'enunciato:

$$Bel_B(" Bel_A(" Corr(\iota P) ") ")$$

B.3.2 Modello per la lettura trasparente

Definizione B.3.3 [Modello per la lettura trasparente] *Un modello per la lettura opaca \mathbf{C} è un modello per la lettura trasparente se e solo se per ogni $\mathbf{c} \in \mathbf{C}$ e per ogni $i, j \in I$, con $i \prec j$:*

$$\phi \in V^\uparrow(\mathbf{c}_i) \supset (\tau = \sigma) \supset Bel_{s_k}^r(" \phi[\tau/\sigma] ") \in \Theta(\mathbf{c}_i) \quad (\text{B.11})$$

$$\phi \in V^\uparrow(\mathbf{c}_i) \supset (\psi \equiv \theta) \supset Bel_{s_k}^r(" \phi[\psi/\theta] ") \in \Theta(\mathbf{c}_i) \quad (\text{B.12})$$

(B.11) significa che, se ϕ è creduto da j , ovvero l'immagine mentale che i ha di s_k , allora i è in grado di eseguire una lettura trasparente della formula $Bel_{s_k}(" \phi ")$ sulla base dell'uguaglianza

$\tau = \sigma$. (B.12) ha un significato analogo qualora siano usate formule invece di termini.

Mostriamo come (B.11) permette a B di tradurre la credenza $Corr(\iota P)$ di A usando la propria credenza $\iota P = C$, invece di usare la credenza $\iota P = M$ di A . Poichè ogni modello trasparente è anche un modello opaco, otteniamo (B.8) da (B.7) come nel § B.3.1. Usando il vincolo (B.11) tra \mathbf{B} e \mathbf{BA} , con $\phi = Corr(\iota P)$, otteniamo che ogni \mathbf{c}_B soddisfa

$$\boxed{B \quad (\iota P = C) \supset Bel_A^T("Corr(C)")} \quad (\text{B.13})$$

Dal fatto che ogni \mathbf{c}_B soddisfa $\iota P = C$ e dalla validità del *Modus Ponens* nella semantica a modelli locali [44], otteniamo

$$\boxed{B \quad Bel_A^T("Corr(C)")} \quad (\text{B.14})$$

Infine, applicando il vincolo (B.5) come da (B.9) a (B.10), otteniamo:

$$\boxed{\epsilon \quad Bel_B("Bel_A^T("Corr(C)")")} \quad (\text{B.15})$$

che corrisponde alla lettura trasparente dell'enunciato:

$$Bel_B("Bel_A("Corr(\iota P)")")$$

B.4 Il sistema MC per la doppia lettura

B.4.1 Il sistema per la lettura opaca

Per presentare il sistema di view che permette di formalizzare la lettura opaca, introduciamo la nozione di sistema MV definito come un SMC $\langle \{C_i\}_{i \in I}, BR_I \rangle$ tale che:

- I_0 e I sono gli insiemi definiti nel § B.3, insieme alla relazione binaria \prec ;
- per ogni $C_i \in \{C_i\}_{i \in I}$:
 - $\mathcal{L}_i = L_i$, dove $\{L_i\}_I$ è la classe di MV-linguaggi definiti nel § B.3;

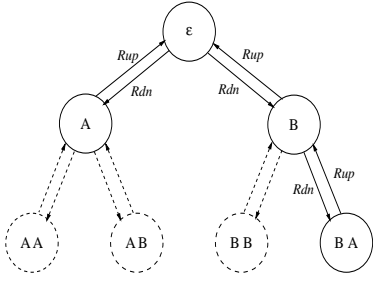
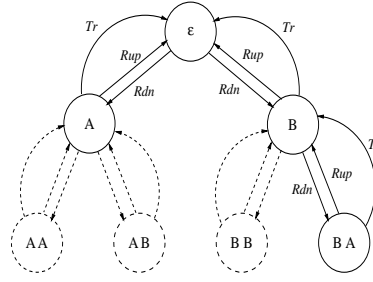


Figura 3: Il sistema MV.

Figura 4: Il sistema MV^T .

- Δ_i è l'insieme delle regole di inferenza del calcolo naturale [82] più un insieme corretto e completo di regole per l'uguaglianza, dato che nel § B.3 assumiamo che i modelli locali per i linguaggi in $\{L_i\}_{i \in I}$ siano modelli del primo ordine classici;

- Ω_ϵ contiene le formule in (B.7) (la conoscenza iniziale di ϵ), e
- l'insieme BR_I , che presenta la relazione di compatibilità della definizione B.3.2, contiene, per ogni indice $is_k \in I$ (con $s_k \in I_0$), l'insieme BR_{is_k} di regole ponte della forma:

$$\frac{\langle \phi, is_k \rangle}{\langle Bel_{s_k}(\phi), i \rangle} \quad R_{up}^{is_k} \quad \frac{\langle Bel_{s_k}(\phi), i \rangle}{\langle \phi, is_k \rangle} \quad R_{dn}^{is_k}$$

dove $R_{up}^{is_k}$ è applicabile solo se la L_{is_k} -formula ϕ è chiusa e nessuna formula da cui la premessa $\langle \phi, is_k \rangle$ dipende ha indice maggiore⁶ di i .

La figura 3 rappresenta l'architettura multi contestuale di MV: i cerchi corrispondono a contesti e le frecce a regole ponte tra contesti. Il contesto ϵ rappresenta la view del programma stesso, mentre ogni contesto is_k rappresenta la view dell'agente s_k dal punto di vista i . Passiamo dunque al nostro esempio. La figura B.2 mostra la prova multi contestuale della formula (B.10) in MV. La prova è riportata nello stile della deduzione naturale. La deduzione locale a

6. Un indice j è "maggiore di" un indice i se e solo se i è una sotto-sequenza di j .

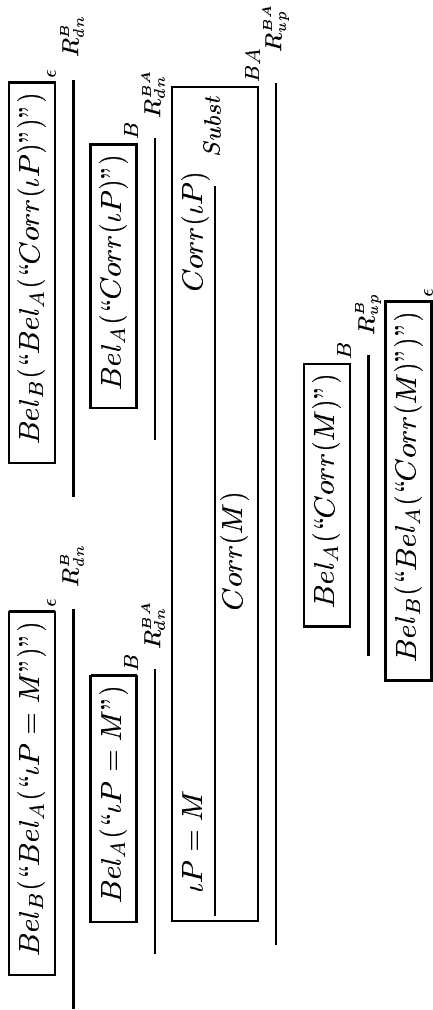


Figura B.2: Prova multi contestuale in MV

un contesto i è racchiusa in un rettangolo con indice i . Le regole ponte connettono le deduzioni locali eseguite in diversi contesti (cfr. § 9). L'ultima formula della deduzione corrisponde alla lettura opaca dell'enunciato $Bel_B("Bel_A("Corr(\iota P)")")$. La regola $Subst \in \Delta_i$ è la regola standard di sostitutività e permette la versione multi contestuale del principio di sostitutività ristretta.

(B.2) è la controparte sintattica di (B.7)–(B.10) nel § B.3.1, dove le applicazioni di $R_{up}^{is_k}$ e $R_{dn}^{is_k}$ corrispondono ad applicazioni dei vincoli (B.5) e (B.6) rispettivamente. Si noti che $R_{dn}^{is_k}$ è più debole di $R_{up}^{is_k}$, il che riflette la differenza tra (B.5) e (B.6).

La dimostrazione che i sistemi MV sono corretti e completi rispetto alla classe dei modelli opachi è una diretta conseguenza del teorema di correttezza e completezza per il caso di un singolo agente fornita in [44].

B.4.2 Il sistema per la lettura trasparente

Per presentare il sistema che permette di eseguire anche la lettura trasparente è necessario formalizzare anche la relazione di compatibilità della definizione B.3.3. Per far ciò, definiamo un sistema MV^T come un sistema MV tale che, per ogni $is_k \in I$, l'insieme BR_{is_k} ($\in BR_I$) contiene anche le seguenti regole ponte:

$$\frac{\langle \phi, is_k \rangle}{\langle (\tau = \sigma) \supset Bel_{s_k}^r (" \phi[\tau/\sigma] "), i \rangle} Tr_{=}^{is_k}$$

$$\frac{\langle \phi, is_k \rangle}{\langle (\psi \equiv \theta) \supset Bel_{s_k}^r (" \phi[\psi/\theta] "), i \rangle} Tr_{\equiv}^{is_k}$$

dove $Tr_{=}^{s_j}$ e $Tr_{\equiv}^{s_j}$ sono applicabili solo se entrambe le loro premesse e $\tau = \sigma$ [$\psi \equiv \theta$] sono formule chiuse e nessuna formula da cui dipendono le loro premesse dipende da un indice maggiore di i .

Un sistema MV^T soddisfa gli stessi vincoli su I , \mathcal{L}_i ($i \in I$) e Ω_ϵ soddisfatti da MV. La figura 4 rappresenta l'architettura multi contestuale di MV^T , con l'aggiunta delle frecce che corrispondono alle regole ponte Tr . Tornando al nostro esempio, partendo da Ω_ϵ , possono essere eseguite in MV^T sia la prova mostrata nella figura B.2

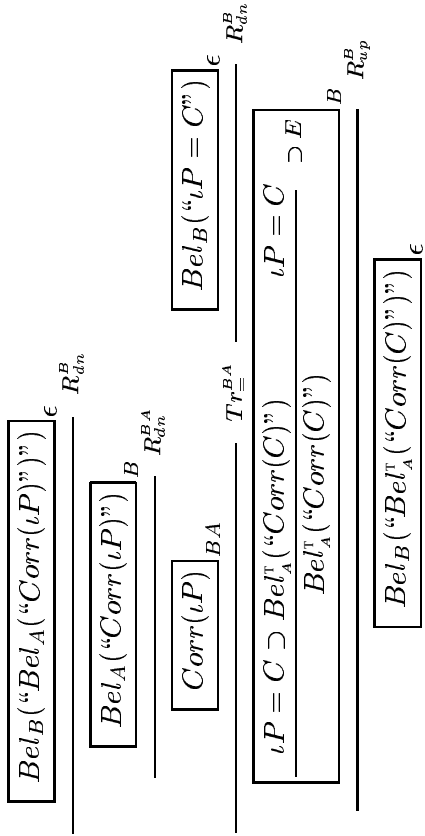


Figura B.3: Prova multi contestuale in MV^T

sia la prova mostrata nella figura B.3. L'ultima formula corrisponde a una possibile lettura trasparente (eseguita da ϵ) dell'enunciato $Bel_B("Bel_A("Corr(\iota P)")")$.

La prova della figura B.3 è la controparte sintattica dei passi (B.7)–(B.15) del § B.3.2, in cui l'applicazione di $Tr_{\equiv}^{B_A}$ corrisponde all'applicazione del vincolo (B.11). La prova che i sistemi MV^T sono corretti e completi rispetto alla classe dei modelli per la lettura trasparente può essere costruita seguendo la metodologia presentata in [44].

Bibliografia

- [1] ALMOG, J., PERRY, J. & WETTSTEIN, H. *Themes from Kaplan*. Oxford University Press, Oxford, 1989.
- [2] BAR-HILLEL, Y. Indexical Expressions. *Mind* 63 (1954), 359–379.
- [3] BAR-HILLEL, Y. Can indexical sentences stand in logical relations? *Philosophical studies* 14 (1963), 87–90.
- [4] BARAL, C., KRAUS, S., MINKER, J. & SUBRAHMANIAN, V. Combining knowledge bases consisting of first-order theories. *Computational Intelligence* 8, 1 (1992), 45–71.
- [5] BENERECETTI, M., BOUQUET, P. & GHIDINI, C. Formalizing opacity and transparency in belief contexts. In *Practical reasoning and rationality* (1997), AISB.
- [6] BONOMI, A. *Eventi mentali*. Il Saggiatore, 1983.
- [7] BONOMI, A. *La struttura logica del linguaggio*. Bompiani, 1985.
- [8] BONOMI, A. Persistent Truths. *Intellectica* 1/2, 13-14 (1992), 79–103.
- [9] BOUQUET, P. & GIUNCHIGLIA, F. Reasoning about Theory Adequacy. A New Solution to the Qualification Problem. *Fundamenta Informaticae* 23, 2–4 (June, July, August 1995), 247–262.
- [10] BOUQUET, P. & GIUNCHIGLIA, F. Reasoning about Theory Formulation and Reformulation. A New Solution to the Qualification Problem. In *Second World Conference on the Fundamentals of Artificial Intelligence (WOCFAI 95)* (1995).
- [11] BOUQUET, P., GIUNCHIGLIA, E. & GIUNCHIGLIA, F. Contexts, Locality and Generality. *Mathware & Soft Computing* III, 1–2 (1996), 47–57.
- [12] BREZILLON, P. (a cura di), *Using Knowledge in its Context*, Chambery (Francia), 1993. IJCAI.

- [13] BREZILLON, P. & ABU-HAKIMA, S. (a cura di), *Modelling Context in Knowledge Representation and Reasoning*, Montreal (Canada), 1995. IJCAI.
- [14] BUVAC, S. Quantificational Logic of Contexts. In *Proc. of the IJCAI-95 Workshop on "Modelling Context in Knowledge Representation and Reasoning"* (1995), P. Brezillon e S. Abu-Hakima (a cura di), 25–34.
- [15] BUVAC, S. & MASON, I. A. Propositional logic of context. *Proc. of the 11th National Conference on Artificial Intelligence* (1993).
- [16] CARNAP, R. *Meaning and Necessity: a study in semantics and modal logic*. University of Chicago press, Chicago (Ill.), 1964.
- [17] CARNAP, R. *Significato e necessità*. La Nuova Italia, 1976. Traduzione italiana di [16]
- [18] CASTAÑEDA, H. Some Nonformal 'Logical Relations. *Philosophical Studies* 8 (December 1957), 89–92.
- [19] CHANG, C. & KEISLER, J. *Model Theory*. North Holland, 1973.
- [20] CHELLAS, B. F. *Modal Logic – An Introduction*. Cambridge University Press, 1980.
- [21] CHOLVY, L. Proving theorems in a multi-sources environment. In *Proc. of the 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence* (1993), vol. 1, 66–71.
- [22] CIMATTI, A., GIUNCHIGLIA, F. & WEYHRAUCH, R. A many sorted natural deduction. *Computational Intelligence* 14, 1 (1998), 135–150. Extended version in IRST-Technical Report 9404-08, IRST, Trento, Italy.
- [23] CIMATTI, A. & SERAFINI, L. Multi-Agent Reasoning with Belief Contexts: the Approach and a Case Study. In *Intelligent Agents: Proceedings of 1994 Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages* (1995), M. Wooldridge, N. R. Jennings (a cura di), no. 890 in Lecture Notes in Computer Science, Springer Verlag, 71–85.
- [24] CREARY, L. G. Propositional Attitudes: Fregean representation and simulative reasoning. In *Proc. of the 6th International Joint Conference on Artificial Intelligence* (1979), 176–181.
- [25] CRISCUOLO, G., GIUNCHIGLIA, F. & SERAFINI, L. A Foundation of Metalogical Reasoning: OM pairs (Propositional Case).
- [26] DAHL, Ö. Contextualization and De-contextualization. In *Natural Language and Logic* (1989), R. Studer, Ed., no. 459 in Lecture Notes in Artificial Intelligence, Springer-Verlag, 62–69.
- [27] DAVIDSON, D. A Nice Derangement of Epitaphs. In *Truth and Interpretation. Perspectives on the Philosophy of Donald Davidson*, E. Lepore, Ed. Basil Blackwell, 1986.

- [28] DINSMORE, J. *Partitioned Representations*. Kluwer Academic Publisher, 1991.
- [29] FAUCONNIER, G. *Mental Spaces: aspects of meaning construction in natural language*. MIT Press, 1985.
- [30] FORBES, G. Indexicals. In [33], cap. IV.6, 463–490.
- [31] FREGE, G. Über Sinn und Bedeutung. *Zeitschrift für Philosophie und Philosophische Kritik* 100 (1892), 25–50. Versione italiana in [7].
- [32] FRIXIONE, M. *Logica, significato e Intelligenza Artificiale*. FrancoAngeli, 1994.
- [33] GABBAY, D. & GUENTHNER, F. (a cura di) *Handbook of Philosophical Logic. Elements of Classical Logics*, vol. I. D. Reidel Publishing Company, 1984.
- [34] GELFOND, M. & LIFSCHITZ, V.. Representing action and change by logic programs. *Journal of Logic Programming* 17 (1993), 301–322.
- [35] GENESERETH, M. & NILSSON, N. *Logical foundations of artificial intelligence*. Morgan Kaufmann Publishers, 1987.
- [36] GENTZEN, G. Investigations into logical deduction. In *The collected papers of Gerhard Gentzen* (1969), M. Szabo (a cura di), North Holland Publishing Company, 68–128.
- [37] GINSBERG, M. (a cura di), *Readings in Nonmonotonic Reasoning*. Morgan Kaufmann, 1987.
- [38] GINSBERG, M. & SMITH, D. Reasoning about Action II: the Qualification Problem. *Artificial Intelligence* 35 (1988), 311–342.
- [39] GIUNCHIGLIA, E. *Sistemi Multi-Contestuali: Teoria ed Applicazioni*. Tesi di Dottorato di Ricerca in Ingegneria Elettronica ed Informatica. Roma, Italia, 30 Settembre 1993.
- [40] GIUNCHIGLIA, E., KARTHA, G. & LIFSCHITZ, V. Actions with indirect effects. In *In proc. AAAI Spring Symposium on Extending Theories of Action* (1994).
- [41] GIUNCHIGLIA, F. Contextual reasoning. *Epistemologia*, numero speciale su *I Linguaggi e le Macchine* XVI (1993), 345–364.
- [42] GIUNCHIGLIA, F. & BOUQUET, P. Introduction to contextual reasoning. An Artificial Intelligence perspective. In B. Kokinov (a cura di), *Perspectives on Cognitive Science*, vol. 3. NBU Press, Sofia (Bulgaria), 1997, 138–159.
- [43] GIUNCHIGLIA, F. & BOUQUET, P. Verso una scienza epistemologica del senso comune. Il progetto scientifico di John McCarthy. In F. Castellani, L. Montecucco (a cura di), *Normatività Logica e Ragionamento di Senso Comune*, Il Mulino, Bologna, 1998.

- [44] GIUNCHIGLIA, F. & GHIDINI, C. A Local Models Semantics for Propositional Attitudes. In *Proceedings of the 1st International and Interdisciplinary Conference on Modeling and Using Context (CONTEXT-97)* (Rio de Janeiro, Brasile, 1997), 363–372.
- [45] GIUNCHIGLIA, F. & GHIDINI, C. Local Models Semantics, or Contextual Reasoning = Locality + Compatibility. In *Proceedings of the Sixth International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning (KR'98)* (1998).
- [46] GIUNCHIGLIA, F., GIUNCHIGLIA, E., COSTELLO, T. & BOUQUET, P. Dealing with Expected and Unexpected Obstacles. *Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence* 8 (1996).
- [47] GIUNCHIGLIA, F. & SERAFINI, L. Multilanguage first order theories of propositional attitudes. In *Proceedings 3rd Scandinavian Conference on Artificial Intelligence* (Roskilde University, Denmark, 1991), IOS Press, 228–240.
- [48] GIUNCHIGLIA, F. & SERAFINI, L. Multilanguage hierarchical logics (or: how we can do without modal logics). *Artificial Intelligence* 65 (1994), 29–70.
- [49] GIUNCHIGLIA, F., SERAFINI, L., GIUNCHIGLIA, E. & FRIXIONE, M. Non-Omniscient Belief as Context-Based Reasoning. In *Proc. of the 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence* (Chambery, Francia, 1993), 548–554.
- [50] GUHA, R. *Contexts: a Formalization and some Applications*. PhD thesis, Department of Computer Science, Stanford University, 1991. Disponibile anche come Report No. STAN-CS-91-1399-Thesis.
- [51] KAPLAN, D. On the Logic of Demonstratives. *Journal of Philosophical Logic* 8 (1978), 81–98.
- [52] KAPLAN, D. Afterthoughts. In *Themes from Kaplan*. Oxford University Press, Oxford, 1989.
- [53] KOKINOV, B. A Dynamic Approach to Context Modelling. In *Working Notes of the IJCAI-95 Workshop on "Modelling Context in Knowledge Representation and Reasoning"* (Montreal, Canada 1995).
- [54] KRIPKE, S. A. Semantical considerations on modal logic. In *Proc. A colloquium on Modal and Many-Valued Logics* (Helsinki, 1962).
- [55] LENAT, D. & GUHA, R. *Building large knowledge-based systems*. Addison-Wesley, Reading (MA), 1990.
- [56] LESPÉRANCE, Y. & LEVESQUE, H. J. Indexical Knowledge and Robot Action – A Logical Account. *Artificial Intelligence* (1995). Numero speciale su *Computational Theories of Interaction and Agency*.
- [57] LEWIS, D. General Semantics. *Synthese* 22 (1970), 18–67. Ristampa in [61].

- [58] LEWIS, D. Attitudes *de dicto* and *de se*. *The Philosophical Review* 88 (1979), 513–543. Ristampa in [61].
- [59] LEWIS, D. Scorekeeping in a Language Game. *Journal of Philosophical Logic* 8 (1979), 339–359.
- [60] LEWIS, D. Index, Context, and Content. In S. Kranger, S. Ohman (a cura di), *Philosophy and Grammar* (1980), D. Reidel Publishing Company, 79–100.
- [61] LEWIS, D. *Philosophical papers*. Oxford University Press, 1983.
- [62] LIFSCHITZ, V. Formal theories of action. In F. M. Brown (a cura di), *The frame problem in Artificial Intelligence* (1987), Morgan Kaufmann. Los Altos, CA, 35–58.
- [63] LIFSCHITZ, V. Circumscriptive theories: a logic-based framework for knowledge representation. In R. Thomason (a cura di), *Philosophical logic and Artificial Intelligence*, Kluwer, 1989, 109–160.
- [64] LIFSCHITZ, V. (a cura di), *Formalizing Common Sense – Papers by John McCarthy*. Ablex Publishing Corporation, 1990.
- [65] MARTINICH, A. P. *The philosophy of language*. Oxford University Press, 1985.
- [66] MCCARTHY, J. Programs with Common Sense. In *Proceedings of the Teddington Conference on the Mechanization of Thought Processes* (1959), London: Her Majesty's Stationery Office, 75–91. Ristampa in [64].
- [67] MCCARTHY, J. Epistemological Problems of Artificial Intelligence. In *Proc. of the 5th International Joint Conference on Artificial Intelligence* (1977), 1038–1044. Ristampa in [64].
- [68] MCCARTHY, J. Circumscription - A Form of Non-monotonic Reasoning. *Artificial Intelligence* 13, 1,2 (1980), 27–39. Ristampa in [64].
- [69] MCCARTHY, J. Applications of Circumscription to Formalizing Common-Sense Knowledge. *Artificial Intelligence* 28(1) (1986), 71–87. Ristampa in [64].
- [70] MCCARTHY, J. Generality in Artificial Intelligence. *Communications of ACM* 30, 12 (1987), 1030–1035. Ristampa in [64].
- [71] MCCARTHY, J. Overcoming an Unexpected Obstacle. Nota non pubblicata, 1991.
- [72] MCCARTHY, J. Notes on Formalizing Context. In *Proc. of the 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence*, Chambery (Francia), 1993), 555–560.
- [73] MCCARTHY, J. & BUVAC, S. Notes on Formalizing Context (Expanded Notes). Tech. Rep. CS-TN-94-13, Stanford University, Palo Alto (CA), 1994.

- [74] MCCARTHY, J. & HAYES, P. Some Philosophical Problems from the Standpoint of Artificial Intelligence. In *Machine Intelligence 4* (1969), B. Meltzer, D. Michie (a cura di), Edinburgh University Press, 463–502. Ristampa in [64].
- [75] MCDERMOTT, D. & DOYLE, J. Non-Monotonic Logic I. *Artificial Intelligence 13*, 1,2 (1980), 41–72.
- [76] MENDELSON, E. *Introduction to Mathematical Logic*. Van Nostrand Reinhold, 1964.
- [77] MINSKY, M. A Framework for Representing Knowledge. In P. Winston (a cura di), *The Psychology of Computer Vision* (New York, 1975), McGraw Hill, 211–277.
- [78] MONTAGUE, R. The Proper Treatment of Quantification in Natural Language. In R. Thomason (a cura di), *Formal Philosophy, selected papers of Richard Montague*, Yale University Press, New Haven and London, 1974, 247–270.
- [79] PENCO, C. *Vie della scrittura. Frege e la svolta linguistica*. Franco Angeli, 1994.
- [80] PERRY, J. Frege on Demonstratives. *Philosophical Review 86* (1977), 474–497.
- [81] PERRY, J. The Problem of the Essential Indexical. *Nous 13* (1979), 3–21.
- [82] PRAWITZ, D. *Natural Deduction - A proof theoretical study*. Almquist and Wiksell, Stockholm, 1965.
- [83] PUTNAM, H. *Representation and reality*. Bradford/MIT Press, Cambridge, MA, 1988. Traduzione italiana in [84].
- [84] PUTNAM, H. *Rappresentazione e realtà*. Garzanti, Milano, 1993. Traduzione italiana di [83].
- [85] QUINE, W. *Philosophy of Logic*. Prentice-Hall, Inc, 1970. Traduzione italiana in [86].
- [86] QUINE, W. *Logica e grammatica*. L'impresa scientifica. Il Saggiatore, 1981. Traduzione italiana di [85].
- [87] REITER, R. A logic for default reasoning. *Artificial Intelligence 13* (1980), 81–132.
- [88] RICCI-BITTI, P. & ZANI, B. *La comunicazione come processo sociale*. Istituzioni di Psicologia. Il Mulino, 1983.
- [89] RUSSELL, B. On denoting. *Mind XIV* (1905).
- [90] SEARLE, J. Literal meaning. *Erkenntnis 13*, 1 (July 1978), 207–224.
- [91] SHOENFIELD, J. *Logica Matematica*. Boringhieri, Torino, 1980.

- [92] SHOHAM, Y. Varieties of context. In V. Lifschitz (a cura di), *Artificial Intelligence and Mathematical Theory of Computation - Papers in honor of John McCarthy* (1991), Academic Press, 393–408.
- [93] SIMPSON, A. The Semantics of a Multilanguage System. Tech. Rep. 9009-05, IRST, 1990.
- [94] SMITH, Q. The multiple uses of indexicals. *Synthese* 78 (1989), 167–191.
- [95] SPERBER, D. & WILSON, D. *Relevance. Communication and Cognition*. Basil Blackwell, 1986. Traduzione italiana in [96].
- [96] SPERBER, D. & WILSON, D. *La Pertinenza*. Anabasi, Milano, 1993. Edizione italiana di [95].
- [97] TARSKI, A. Der Wahrheitsbegriff in den formalisierten Sprachen. *Studia Philosophica* 1 (1936), 261–405. Traduzione inglese in [98].
- [98] TARSKI, A. *Logic, Semantics, Metamathematics*. Oxford University Press, 1956.
- [99] TRAVERSO, P. & SPALAZZI, L. A Logic for Acting, Sensing and Planning. In *Proc. of the 14th International Joint Conference on Artificial Intelligence* (1995).
- [100] WEYHRAUCH, R. Prolegomena to a Theory of Mechanized Formal Reasoning. *Artificial Intelligence* 13, 1 (1980), 133–176.
- [101] WINOGRAD, T. & FLORES, F. *Understanding Computers and Cognition - A New Foundation for Design*. Norwood (N.J.), ALEX Corp., 1986.
- [102] WINOGRAD, T. & FLORES, F. *Calcolatori e conoscenza: un nuovo approccio alla progettazione delle tecnologie dell'informazione*. Mondadori, 1987. Traduzione italiana di [101].

Elenco delle figure

1.1	Mappa della caccia al tesoro	”	22
1.2	Rappresentazione di una porzione di <i>file system</i>	”	24
1.3	Aspetto parametrico della dipendenza dal contesto	”	30
3.1	Contenuto	”	53
5.1	Un modello non inteso per la definizione di <i>above</i>	”	103
6.1	Legami tra differenti versioni della Above-Theory	”	119
6.2	Costruzione di contesti di lavoro	”	120
7.1	Esempio di asserzione (PR)	”	128
7.2	Esempi di contesti primari (PR)	”	129
7.3	Esempio di ragionamento parrocchiale (PR)	”	132
7.4	Esempio di ragionamento ripartito (PR)	”	134
8.1	Esempio di <i>lifting</i> (LC)	”	161
9.1	La scatola magica	”	175
9.2	Compatibilità tra punti di vista	”	176
9.3	Contesti di credenza (SMC)	”	178
9.4	Schema di una deduzione multi contestuale (SMC)	”	181
9.5	Relazione di compatibilità (SMC)	”	185
10.1	Problema del contesto. Fase 1	”	197
10.2	Problema del contesto. Fase 2	”	199
10.3	Problema del contesto. Fase 3	”	201
10.4	Problema del contesto. Fase 4	”	203
A.1	L'architettura della soluzione proposta	”	232
A.2	La procedura del <i>lifting</i>	”	234

B.1	La struttura delle view (SMC)	”	245
B.2	Prova multi contestuale in MV	”	252
B.3	Prova multi contestuale in MV ^T	”	254

Indice dei nomi

- Bar-Hillel Y., 42–44, 52, 53, 65, 76,
79–83, 93, 107, 117–120,
169, 200, 207
Benerecetti M., 171, 241
Bonomi A., 72–73, 75, 96, 112, 177,
242–244
Buvac S., 108, 150, 162, 165–170,
229, 230

Carnap R., 37, 39, 41, 196
Carroll L., 114
Castañeda H., 118
Cimatti A., 17, 171, 245, 247
Costello T., 217, 220–222
Criscuolo G., 171

Dahl O., 48
Davidson D., 113–114
Dinsmore J., 15, 108, 112, 117, 125–
147, 158, 169, 172, 188,
190, 205, 206, 212
Doyle J., 149

Fauconnier G., 117
Flores F., 27, 206, 211
Forbes G., 42, 67
Frege G., 13, 37–38, 42, 52, 111,
242
Frixione M., 17, 111, 171, 179
Gabbay D., 67

Gelfond M., 223
Gentzen G., 180
Ghidini C., 171, 172, 174, 241, 255
Ginsberg M., 223
Giunchiglia E., 17, 171, 179, 217,
220–222
Giunchiglia F., 15, 17, 108, 112, 117,
125, 171–186, 207, 211,
217, 220–222, 231, 233,
255
Guenthner F., 67
Guha R., 101, 104, 108, 109, 117,
149, 155, 159, 161–166,
169, 179, 202, 205, 206,
210–212

Hayes P., 155, 173

Kaplan D., 10, 13, 45, 48–73, 75,
78, 96, 99, 100, 103, 104,
125, 157, 198–200
Kokinov B., 115, 117
Kripke S., 37, 39–41, 196

Leibniz G., 39, 111
Lenat D., 159
Lespérance Y., 203
Levesque H., 203
Lewis D., 45–49, 67–71, 75, 85, 151,
196, 199, 204, 241
Lifschitz V., 223, 224, 227

- Mason I., 150, 162, 165–170
McCarthy J., 25, 102–104, 108, 116,
117, 125, 149–169, 171,
173, 179, 188, 202, 205,
210–212, 218, 219, 223,
224, 229, 230, 238
McDermott D., 149
Minski M., 25
Montague R., 37, 41, 193, 196
- Penco C., 10, 42
Perry J., 42, 84–87, 194, 196, 200
Putnam H., 206
- Quine W.V.O., 77
- Reiter R., 149, 223
Ricci-Bitti P.E., 113
- Searle J., 28
Serafini L., 17, 171, 179, 245, 247
Simpson A., 171
Smith D., 223
Smith Q., 96
Spalazzi L., 171
Sperber D., 97, 112, 114, 202
- Tarski A., 13, 27, 37–39, 196
Traverso P., 171
- Weyhrauch R., 149
Wilson D., 97, 112, 114, 202
Winograd T., 27, 206, 211
- Zani B., 113

Indice analitico

- above-theory (AT), 102–103, 105, 119, 150, 162, 169, 179, 202, 207, 209
- asserzione, 44, 65, 80, 118, 127, 134, 207
- assunzione del mondo chiuso, 110, 188
- atteggiamenti proposizionali, 111, 112, 241

- base di conoscenza, 100, 172, 222
- BC-contesto, 231

- calcolo di deduzione naturale, 159
- circostanza, 42, 45, 54, 193
- circumscription, 149, 223, 224, 227, 231, 238
- competenza lessicale, 99, 100
- contenuto, 99
 - cognitivo, 76, 85, 88, 94
 - metafisico, 88
 - metafisico vs. cognitivo, 88–92
- contesto, 9, 14, 21, 49, 89, 102
 - cognitivo, 12, 73, 76, 92–94, 98, 146, 172, 193, 195, 201, 206, 214
 - come environment, 48
 - come oggetto ricco, 69, 169, 187, 188
 - come spazio cognitivo, 92, 97, 125, 201, 204
 - come teoria, 108–109
 - come teoria parziale e approssimata, 173, 220, 244
 - di conoscenza, 121
 - di controllo, 233
 - di credenza, 15, 17, 177
 - di lavoro, 120–121, 217, 222, 231
 - di produzione, 21, 23, 42–45, 47, 51, 67, 84, 87, 89, 103, 109, 156, 194, 198, 200, 204
 - dipendenza dal, 28, 49, 91, 156
 - e assunzioni implicite, 25, 27, 31, 92, 97, 107, 112
 - e circostanza, 49
 - e comunicazione, 112
 - e linguaggio di rappresentazione, 98–105, 187, 206
 - e quantificazione, 72–73, 75
 - e ragionamento, *vedi* ragionamento contestuale
 - e shifting, 68–71, 75
 - e significato letterale, 27, 28
 - epistemico, 126, 171
 - metafisico, 10, 12, 73, 75, 87, 97, 193, 194, 201, 207
 - per la soluzione di problemi, 109, 115–117

- problema del, 9, 21, 28, 54,
 67, 75, 91, 92, 100, 193,
 196–204
 contesto di credenza, 241
 contesto primario, *vedi* logica, delle
 rappresentazioni ripartite
 (PR), contesto primario
 contesto secondario, *vedi* logica, del-
 le rappresentazioni ripar-
 tite (PR), contesto secon-
 dario
 context climbing, *vedi* logica, delle
 rappresentazioni ripartite
 (PR), context climbing
 credenze, 84, 89, 97, 140, 177, 182
 di posizionamento, 84

 de re / de dicto, 244
 decontestualizzazione, 31, 75, 104,
 129, 147, 208–211, 213–
 214
 default logic, 149, 223

 enunciati
 indicali, 43, 93
 non indicali, 43, 93
 enunciati eterni, 77, 88, 91
 estensione, 53

 giudizio, 44, 80

 indicali, 11, 21, 29, 42, 52, 67, 95,
 98, 103–104, 118, 179, 194,
 195, 197, 203, 208, 211
 e limitatezza epistemica, 75, 82,
 84, 90, 93, 169, 200, 211
 essenziali, 84, 87
 logica degli, 33, 34, 50, 76,
 83, 87, 88, 91, 93
 puri, 42, 96
 indice, 14, 49, 67, 198
 e coordinate contestuali, 45–
 48
 e fattori contestuali, 68–71
 proprio e improprio, 50

 intelligenza artificiale, 12, 15, 17,
 100, 116, 149, 152–154,
 171, 173, 175, 203, 210,
 217
 modello tradizionale, 101
 simbolica, 101
 intensione, 11, 41, 45, 47, 53, 62

 linguaggio settoriale, 98
 linguaggio sortato, 57
 logica
 dei contesti (LC), 15, 125, 133,
 187, 205, 212, 213
 conseguenza logica, 166
 contesto, 155
 contesto come oggetto ric-
 co, 155
 context structure, 165
 entrare in un contesto, 158–
 159
 FOL-interpretazione, 165
 grammaticality, 163–164, 169
 grammaticality vs. meaning-
 fulness, 164
 ist, 154, 163, 165, 166, 168,
 170, 189
 lifting, 160–162, 187, 189
 lifting axioms, 161
 linguaggio contestuale, 162–
 165, 169
 meaningfulness, 164, 165
 modello, 166–167
 outermost context, 160, 170,
 212
 semantica, 165–169
 soddisfacibilità, 165, 168
 specializzazione, 157
 uscire da un contesto, 159–
 160, 169, 212
 vocabolario di un enuncia-
 to, 167
 vocabolario di un modello,
 167
 vocabolario totale, 162–165,
 169

- dei dimostrativi (LD), 13, 45, 49, 56–67, 75, 78, 87, 90, 99, 125, 156, 195, 198, 200, 204, 208, 212
- carattere, 52, 53, 75
- contenuto e carattere, 52–54, 61–65, 95
- contesto, 59
- e logica classica, 65–66
- LD-struttura, 58–61, 63, 66, 95, 99
- LD-validità, 55, 62
- linguaggio, 56–58
- semantica, 58–61, 103
- soddisfacibilità, 60
- stabilità di carattere, 65, 96
- stabilità di contenuto, 64
- verità e denotazione, 60–61
- verità in un contesto, 54–56, 62
- delle rappresentazioni ripartite (PR), 15, 125, 156, 170, 187, 205, 212, 213
- albero interpretabile, 143
- coerenza, 138
- consolidamento, 140
- contesti e asserzioni standard, 135
- contesto primario, 128–130, 133, 190, 205
- contesto secondario, 130–131, 188, 205
- context climbing, 129, 133, 139, 147, 212
- entailment-preserving environment, 138
- linguaggio, 134–135
- parochial reasoning, 131–132
- partitioning rules, 132–134, 138–141
- primary space term, 135
- primary-to-secondary convention, 137, 138
- regole di inferenza, 135–141
- regole standard, 135–137
- secondary space term, 135
- semantica, 141–144
- space augmentation, 139–140
- space identity, 140–141
- space initialization, 133, 138–139
- space tag, 127
- spazio base, 142, 170, 187, 189, 212, 213
- sistemi multi-contesto (SMC), 15, 17, 125, 133, 171–186, 205, 212, 217
- approssimazione, 173, 207
- contesti di credenza, 182
- contesto, 180, 185
- contesto vs. situazione, 173–174, 207
- lifting, 233
- modello, 184
- parzialità, 172, 207
- principio di compatibilità, 174–179, 188, 213, 245
- principio di località, 174–179, 188, 213, 221, 245
- prova locale, 181
- prova multi-contestuale, 181–182
- reflection down, 182
- reflection up, 182
- regola ponte, 180, 181, 188, 189
- regole ponte, 246
- relazione di compatibilità, 184, 246
- semantica, 184–186
- semantica a modelli locali, 172
- sintassi, 179–183
- soddisfacibilità, 185–186
- validità, 186
- viewpoints, 181
- meta-carattere, 96
- micro-mondi, 152, 210
- micro-teorie (Mt), 108, 205

- modello
 - di Kripke, 41
 - intensionale, 39–42
 - tarskiano, 38–39
- mondo possibile, 39, 41, 72
- necessitazione, 51
- onniscienza, 83
- opacità referenziale, 111–112, 126, 179, 241
- operatori
 - proposizionali, 40, 58
 - temporali, 41, 42
- parochial reasoning, *vedi* logica, delle rappresentazioni ripartite (PR), parochial reasoning
- pianificazione, 116, 218
- presupposizione, 126
- principio di sostitutività, 15, 111–112, 241
 - in contesti di credenza, 242–243
- problema della generalità, 25, 149–153, 171, 217
- problema della località, 171
- problema della qualificazione, 15, 152, 217–221
- problema di Tom Brown, 76–83, 86, 87, 91, 169, 200, 209
- problema GLM, 115–117, 120–121, 145, 151, 217, 219–221
- progetto CYC, 159
- proiezione temporale, 116
- proposizione, 41
- punto di vista, 91
- ragionamento contestuale, 105
 - inter-contestuale, 107, 112, 117, 118, 126, 132, 158, 188
 - intra-contestuale, 107, 112, 115, 126, 132
- ragionamento locale, 108
- ragionamento non monotono, 149, 150, 153, 218
- ragionamento parrocchiale, 108
- ragionamento simulativo, 183
- rappr. della conoscenza, 15, 100, 154
 - teoria della, 9, 79, 91, 94, 100, 146, 193, 200, 214
- rappresentazione mentale, 100, 126, 154, 196
- rappresentazioni ripartite, 126–147
- realismo interno, 206
- reificazione, 155
- riferimento, 37, 43
 - pragmatico, 43, 52
 - semantico, 44, 53
- semantica modellistica, 11
- senso, 37, 52
- senso comune, 153, 171
- significato, 39, 67
 - problema del, 37
- sistemi multi-linguaggio, *vedi* logica, sistemi multi-contesto (SMC)
- situation calculus, 173, 224
 - fluente, 224
- situazione, 155, 173
- spazio (mentale), 127–128, 154, 172, 205
- teoria anteriore, 113
- teoria dell'azione, 116, 171, 173, 217, 218, 224
 - frame problem, 218
 - problema della qualificazione, 219
 - problema della ramificazione, 218
- teoria transitoria, 113
- tesi di trasformabilità, 77–87
 - debole, 77, 79, 87, 92, 208
 - forte, 79, 84, 85, 88, 92, 209
- unique names assumption, 26

validità, 55
verità e denotazione, 60
viewpoints, 175