

7. Rappresentazione dei concetti lessicali: nient'altro che postulati di significato?

7.1 *Frame*, reti semantiche e logica: la "Tesi di Hayes"

I due capitoli precedenti sono stati sviluppati seguendo le indicazioni fornite da Hayes (cfr. par. 4.5), nella prospettiva cioè che i *frame* e le reti semantiche possano essere ricondotti a varianti notazionali di formalismi di tipo logico. In realtà la situazione è per molti versi più complicata di quanto possa apparire dalle pagine precedenti. Ad esempio, anche considerando reti semantiche completamente monotone, che cioè non ammettono eccezioni all'ereditarietà, una traduzione in logica classica del primo ordine come quella che abbiamo applicato alle reti semantiche ad ereditarietà strutturata non sempre è del tutto adeguata. Thomason, Horty e Touretzky (1986 e 1987) mettono in luce i problemi che possono nascere nella traduzione logica di reti monotone che ammettono archi di tipo *is not* qualora si prendano in considerazione reti inconsistenti. Si consideri una rete come quella di fig. 7.1. Assumiamo che nessuno degli archi della rete ammetta eccezioni. Questa rete è inconsistente in quanto il concetto *B* è collegato al concetto *C* sia da un arco di tipo *isa* che da un arco di tipo *is not*. Quindi, ad esempio, l'individuo *a* risulta sia essere che non essere un'istanza di *C*. Se si traduce in maniera usuale questa rete in calcolo dei predicati classico, si ottiene il seguente insieme di formule:

$$\begin{aligned} & B(a) \\ & \forall x(B(x) \rightarrow D(x)) \\ & \forall x(E(x) \rightarrow D(x)) \\ & \forall x(B(x) \rightarrow C(x)) \\ & \forall x(B(x) \rightarrow \neg C(x)). \end{aligned}$$

Come previsto, da tale insieme di formule segue questa contraddizione:

$$C(a) \wedge \neg C(a).$$

Tuttavia, il fatto che questo insieme di formule sia contraddittorio comporta anche che da esso segua qualsiasi formula, ad esempio:

$$\begin{aligned} & \neg D(a) \\ & E(a). \end{aligned}$$

Ma questo non è quanto accade nella rete semantica. Se si utilizzano le usuali tecniche inferenziali definite su questo tipo di reti, sebbene nella rete sia presente un'inconsistenza non è possibile individuare un percorso di archi *isa* dal nodo *a* al nodo *E* (il che permetterebbe di concludere che *a* è un *E*), né è possibile inferire che *a* non sia un *D*. La rete semantica quindi, al contrario della sua traduzione in calcolo dei predicati classico, "localizza" l'inconsistenza, evitando che l'intera base di conoscenza collassi e consenta di derivare qualsiasi cosa. Al fine di conservare queste caratteristiche, Thomason, Horty e Touretzky abbandonano la logica classica e propongono di utilizzare una logica paraconsistente: la traduzione da loro proposta è basata su una logica della rilevanza a quattro valori (Belnap 1975, 1977). In base a tale logica un enunciato può risultare vero, falso, sia vero che falso, oppure né vero né falso. Questo consente di far sì che, ad esempio, una formula come $\alpha \wedge \neg\alpha \rightarrow \beta$ non risulti valida, e che quindi una contraddizione non banalizzi la teoria¹. Altrove (Thomason e Horty 1988) viene proposta un'estensione non monotona di questa logica (basata sull'aggiunta di un operatore modale di tipo autoepistemico) che consente di trattare anche alcuni tipi di reti che ammettono eccezioni. È interessante notare come questo tipo di logica a quattro valori sia stata utilizzata anche da Patel-Schneider (1989a) per fornire una semantica ai linguaggi terminologici alternativa a quella tarskiana classica. Le motivazioni di Patel-Schneider sono differenti da quelle di Thomason, Horty e Touretzky, e sono basate su esigenze di trattabilità computazionale. Nel par. 5.3 abbiamo visto che i linguaggi terminologici pongono seri problemi di trattabilità, e che, per i linguaggi basati sulla semantica tarskiana classica, due alternative possibili sono o utilizzare linguaggi espressivamente molto poveri, oppure rinunciare alla possibilità di disporre di algoritmi completi per il calcolo della sussunzione. Poiché le logiche basate sulla semantica a quattro valori di Belnap godono di migliori proprietà dal punto di vista computazionale, Patel-Schneider propone come terza alternativa quella di interpretare le logiche terminologiche utilizzando una semantica di questo genere, rispetto alla quale è possibile disporre di algoritmi completi e trattabili per il calcolo della sussunzione anche in linguaggi espressivamente più ricchi. La proposta di Patel-Schneider prende origine a sua volta dalla proposta di Levesque (1984a, 1984b), che esamineremo in dettaglio nel capitolo 10, in cui una logica della rilevanza basata su una semantica a quattro valori viene utilizzata per definire una logica proposizionale della credenza che non soffra del problema dell'onniscienza logica. In (Patel-Schneider 1990) lo stesso tipo di semantica

¹Nel capitolo 10 prenderemo in considerazione questo tipo di logica in maniera più approfondita nell'ambito di un contesto differente.

viene utilizzato per definire una logica del primo ordine decidibile. Tutte queste ricerche si collocano quindi nella prospettiva di individuare logiche che modellino le prestazioni di soggetti razionali che dispongano di capacità inferenziali più "limitate" rispetto a quelle presupposte dalla logica classica, problema che riprenderemo più volte nel seguito di questo lavoro.

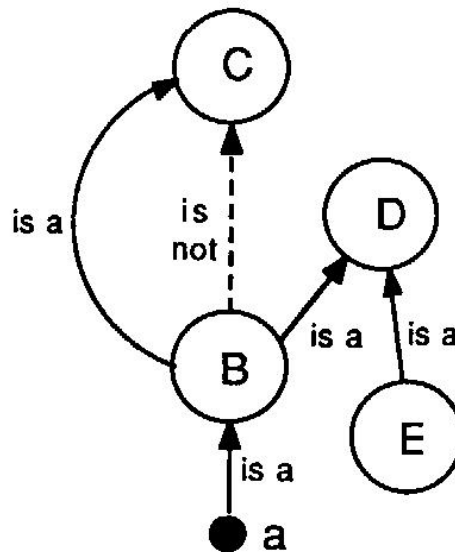


fig. 7.1

In generale, il fatto che *frame* e reti semantiche siano in linea di massima riconducibili a formalismi di tipo logico non significa che si possa affermare che essi non siano *niente altro* che una notazione alternativa per qualche tipo di logica. In realtà in questi sistemi vi sono elementi che le varie trattazioni logiche non riescono a catturare. Un esempio è costituito da vari aspetti del collegamento procedurale nei *frame*. In certi casi, le procedure collegate agli *slot* di un *frame* possono essere ricondotte a regole di deduzione specifiche, o ad assiomi. E' il caso ad esempio della procedura *if needed* associata allo *slot antenato* del *frame persona* nel par. 4.3. Essa è equivalente alle due formule seguenti del calcolo dei predicati del primo ordine:

$$\forall x,y (persona(x) \wedge genitore(x,y) \rightarrow antenato(x,y))$$

$$\forall x,y,z (persona(x) \wedge antenato(x,y) \wedge genitore(y,z) \rightarrow antenato(x,z)).$$

Se tuttavia col collegamento procedurale si assume che agli *slot* dei *frame* possano essere associati frammenti di programma e procedure qualunque, che possono manipolare arbitrariamente la base di conoscenza, allora un trattamento di tipo logico del collegamento procedurale risulterebbe impossibile. Il problema è che vi sono elementi di questo tipo di formalismi che sfuggono a un trattamento di tipo logico in quanto sono definiti in maniera decisamente vaga e poco precisa.

Si sarebbe allora tentati di dire che *frame* e reti semantiche sono riconducibili alla logica *nella misura in cui sono definiti chiaramente*. Il rischio di un'affermazione del genere è che essa risulti puramente circolare e tautologica: che si considerino cioè definite chiaramente tutte e sole quelle caratteristiche che, di fatto, possono essere ricondotte a un trattamento di tipo logico. Che però non si tratti di una tautologia è dimostrato dal fatto che tale affermazione potrebbe anche risultare falsa. Esistono cioè aspetti dei formalismi a rete semantica il cui trattamento logico pone dei problemi, ma che risultano "definiti chiaramente", nella misura in cui è stato possibile affrontarli con strumenti formali rigorosi di altro tipo. L'esempio cui ci riferiamo è costituito da alcuni aspetti dell'ereditarietà con eccezioni e del *path based reasoning*, che risultano di difficile trattamento in logica, ma che sono stati formalizzati in maniera soddisfacente utilizzando strumenti di tipo algebrico². Vediamo in che cosa consiste il problema. Nel capitolo precedente abbiamo visto che è possibile tradurre una tassonomia con eccezioni in una logica non monotona. Tuttavia vi è una profonda differenza fra il tipo di traduzione in calcolo dei predicati di reti monotone, come quelle di KL-ONE, e la traduzione in logica non monotona delle reti con eccezioni. Una rete KL-ONE ammette una traduzione logica di tipo *locale*, in cui ogni costrutto della rete viene fatto corrispondere ad una o più formule del calcolo dei predicati in maniera indipendente dal contesto. Quando si traduce in logica, poniamo, un arco di superconcetto, non è necessario esaminare l'intera rete in cui esso compare per trovare la formula equivalente. Questo è invece necessario per la traduzione in logica non monotona di una rete con eccezioni. Usando la terminologia di Thomason, le traduzioni in logica non monotona delle

²Si veda (Touretzky 1986), e, per una rassegna recente, (Thomason 1992).

reti semantiche con eccezioni non sono *modulari* (Thomason 1992, Thomason e Horty 1988). Si consideri la traduzione in *default logic* della rete di fig. 6.2. La regola di *default* che traduce l'arco *isa* fra *uccello* e *vola* deve tenere conto di una proprietà *globale* della rete, ossia del fatto che nella rete sono rappresentati gli struzzi, che sono uccelli ma non volano. In generale, tutte le possibili eccezioni a un arco *isa* che sono rappresentate nella rete devono essere elencate *esplicitamente* fra le giustificazioni della regola corrispondente. Nel caso della *circumscription*, si pone il problema analogo di introdurre esplicitamente un ordine di priorità nel circoscrivere i predicati di *abnormality*. Viceversa, "i sistemi ad ereditarietà usano l'ordinamento gerarchico per controllare *implicitamente* le inferenze" (Touretzky 1986, p. 20). Il fatto che la traduzione di ogni arco dipenda dal contesto dell'intera rete comporta anche che, ogni qual volta si aggiorni la base di conoscenza aggiungendo un nuovo arco alla rete, non basti aggiungere alla traduzione della rete precedente la traduzione del nuovo arco, ma che si debba rivedere l'intera traduzione.

Il fatto che vi siano aspetti "ben definiti" dell'ereditarietà che pure sfuggono in parte ad un trattamento di tipo logico non esclude ovviamente che un tale trattamento sia in linea di principio impossibile, e ricerche sull'argomento sono attualmente in corso. Un caso per certi versi analogo ha a che fare con il *frame problem* e con il ragionamento non monotono sul tempo e sugli eventi. Il problema delle reti con eccezioni consiste nel fatto che una traduzione puramente locale in logica non monotona (ad esempio una traduzione in *default logic* della rete di fig. 6.2 che utilizzasse la regola (Bird3') anziché la regola (Bird3) del par. 6.2) genererebbe più estensioni di quelle che si vorrebbero (nel caso della *default logic*), oppure (nel caso della *circumscription*) ammetterebbe più modelli minimali che non quelli che corrispondono alle conseguenze intuitive che si vorrebbero trarre. Anche nel caso del ragionamento sugli eventi il problema è che le teorie non monotone possono non produrre le conseguenze volute, o che, in altri termini, fra i modelli minimali di una teoria ve ne sono alcuni che non corrispondono alle intuizioni che si vorrebbero formalizzare. Ad esempio, parlando di logiche non monotone e di ragionamento temporale, McDermott afferma:

Il problema di tutte le logiche è che concetti come "minimizzazione" o "insieme stabile di credenze" non sono appropriati per il dominio temporale. La regola non monotona che avremmo voluto era (in termini informali) "gli stati del mondo tendono a rimanere indisturbati". Tutte le logiche traggono conclusioni che minimizzano le perturbazioni, ma questo non era ciò che volevamo davvero. Piuttosto, volevamo evitare perturbazioni con cause ignote. Quello che stiamo cercando di affermare è che una "storia" continua a meno che non sia esplicitamente "interrotta" da eventi successivi. Si consideri questa sequenza di eventi:

1. Fred è nato. Fred comincia ad essere VIVO.
2. Una pistola è stata caricata. La pistola comincia ad essere CARICA.
3. A Fred viene sparato con quella pistola. Fred diventa MORTO.

Vorremmo essere in grado di concludere che ora Fred è morto (scusate per la violenza). Ma un altro scenario minimizzerebbe le perturbazioni in modo altrettanto efficace. In esso, la pistola cesserebbe di essere carica prima dell'evento 3, senza alcuna ragione particolare eccetto quella di non disturbare il fatto che Fred è vivo. (McDermott 1987, p. 156).

Questo problema è noto in letteratura col nome di *Yale shooting problem* (si veda ad esempio Hanks e McDermott 1987 e Brewka 1991). In questo esempio vi sono due modelli minimali (o due estensioni, o due punti fissi), uno in cui Fred è vivo e uno in cui Fred è morto. Si considerino ad esempio le seguenti regole, formulate in maniera informale nei termini di predicati di *abnormality*, come nella *circumscription*:

- a) "se qualcuno nasce, e non accade nulla di anomalo, allora resta vivo"
- b) "se una pistola viene caricata, e non accade nulla di anomalo, allora resta carica"
- c) "se sparano a qualcuno, e non accade nulla di anomalo, allora quello muore".

Il problema è che vi sono dei conflitti fra la minimalizzazione dei predicati di anomalità in a), b) e c). Se viene minimizzata l'anormalità in c), allora si ottiene la risposta voluta. Ma vi sono modelli minimali in cui viene resa minimale l'anormalità in a), introducendo un evento anomalo in b) che ha l'effetto di rendere scarica la pistola prima che si spari a Fred. Bisogna quindi individuare dei criteri per scegliere quei modelli minimali che corrispondono alle intuizioni che si intendono formalizzare, e scartare gli altri. Una soluzione si basa su una versione della *circumscription* detta *pointwise circumscription*³ (Lifschitz 1987), mediante la quale è possibile individuare i modelli desiderati. Il problema è che, in pratica, si ha l'impressione che con la *pointwise circumscription* solo conoscendo già la soluzione desiderata si possano introdurre gli assiomi di *circumscription* adatti alla circostanza, per cui questi ultimi non aggiungono alcuna nuova informazione: "Non possiamo mai ottenere dalla *circumscription* di più di quanto già

³Un'altra soluzione proposta è quella basata sulla teoria della *ignoranza cronologica* (*chronological ignorance*) (Shoham 1988).

sapessimo, e, se non lo facciamo nel modo giusto, possiamo ottenere molto meno ancora" (Hanks e McDermott 1987, p. 409). Una soluzione di tipo diverso era stata sviluppata nell'ambito della programmazione logica, e sembrava produrre le risposte volute in modo molto naturale, anche se i risultati ottenuti non sembravano dipendere da caratteristiche strettamente logiche del modello. Si immagina un programma (scritto, ad esempio, in PROLOG) che comprenda tre clausole corrispondenti alle regole a)-c). E' possibile fare in modo che tale programma fornisca la risposta corretta utilizzando l'ordine in cui le clausole sono scritte nel *data base*, e in cui quindi esse vengono consultate ed utilizzate dall'interprete PROLOG. L'ordine di interpretazione delle clausole contiene cioè in modo implicito l'informazione sull'ordinamento cronologico rilevante per la soluzione corretta del problema, in una maniera che forse potrebbe risultare analoga al modo in cui una tassonomia con eccezioni esprime in maniera implicita un ordinamento sulla rilevanza delle eccezioni stesse, senza che, ad esempio, si debba esprimere esplicitamente "a mano" un ordine di priorità per la minimizzazione dei predicati di *abnormality*. Il punto interessante è che in origine si era ritenuto che il fatto che vi fossero programmi che davano la risposta intuitivamente corretta per lo *Yale shooting problem* dipendesse esclusivamente da aspetti procedurali o "implementativi" legati all'ordine di esecuzione delle clausole, che non ammettono una spiegazione di tipo propriamente logico. Le analogie fra questo esempio e il problema dell'ereditarietà con eccezioni sono evidenti: in entrambi i casi si hanno casi di ragionamento non monotono in cui si pone il problema di ridurre il numero dei modelli minimali di una teoria; in entrambi i casi i trattamenti logici che forniscono i risultati adeguati sembrano per alcuni versi poco naturali ed insoddisfacenti; ed infine in entrambi i casi sono state individuate soluzioni eleganti e naturali che tuttavia sembrano a prima vista non completamente riconducibili ad un trattamento di tipo logico. In seguito tuttavia è stato possibile individuare un trattamento di tipo logico e modellistico che rendesse conto di quelle proprietà dei programmi logici che risultano importanti per lo *Yale shooting problem*. Non si può quindi escludere a priori che si riesca ad ottenere una soluzione logica più naturale anche per il problema dell'ereditarietà con eccezioni.

Che, in generale, la traducibilità in logica di *frame* e reti semantiche non possa essere assunta come un dato di fatto definitivo è ovvio se si considera che questi sistemi di rappresentazione nella maggior parte dei casi mancano di una definizione formale precisa⁴. In questo senso, si potrebbe avanzare un'analogia fra la tesi della riducibilità alla logica delle reti semantiche e la tesi di Church, in quanto in entrambi i casi si ha a che fare con il tentativo di ridurre a concetti formali rigorosi una serie di idee e di definizioni informali, con la conseguenza che, in linea di principio, una risposta ultima e definitiva non potrà mai essere trovata. Si tratta di una semplice analogia, la cui portata è ovviamente limitata. Prendendola per buona, tuttavia, potremmo chiamare "Tesi di Hayes" la tesi della traducibilità in logica dei sistemi di rappresentazione a *frame* e a rete semantica. La tesi di Hayes costituisce una ipotesi di lavoro e una linea di ricerca che per ora si è rivelata estremamente fruttuosa, e che di fatto è condivisa, almeno come obiettivo a cui tendere, da tutti coloro che svolgono ricerca nell'ambito di rappresentazione della conoscenza di impostazione logica. Non va sottovalutato in questa prospettiva l'impulso che questi problemi hanno dato allo sviluppo e all'affinamento di nuovi strumenti di tipo logico. Thomason, ad esempio, a proposito del problema di un trattamento logico adeguato dell'ereditarietà con eccezioni, afferma che "le teorie logiche esistenti del *defeasible reasoning* avrebbero bisogno di essere in qualche modo modificate per fornire una cornice davvero illuminante per l'ereditarietà. Io preferisco usare questa come una guida nella ricerca per la costruzione di teorie logiche - ma ciò potrebbe essere dovuto in parte al fatto che, da logico, io tendo a cercare opportunità per costruire nuove logiche" (Thomason 1992, p. 199).

7.2 Nient'altro che postulati di significato?

Se si accetta la Tesi di Hayes, *frame* e reti semantiche sono riconducibili a rappresentazioni di tipo logico. Ciò significa che, nella prospettiva della rappresentazione del significato lessicale, una rete semantica o un sistema di *frame* equivale di fatto a un insieme di postulati di significato di qualche tipo. In particolare, si tratterà di postulati di significato di tipo tradizionale per le reti semantiche ad ereditarietà strutturata, che, abbiamo visto, sono riducibili alla logica dei predicati classica, e postulati di significato scritti in una logica non monotona per i *frame* e le reti semantiche che ammettono eccezioni.

Queste considerazioni si possono in linea di massima estendere ad altri sistemi a rete semantica proposti in IA. Possono essere generalizzate ad esempio alle reti semantiche basate su insiemi di primitive che si collocano al *livello concettuale* (nel senso di Brachman 1979), ossia entità concettuali e relazioni che si assume siano semanticamente atomiche e non ulteriormente analizzabili o definibili. Componendo tali primitive dovrebbe essere possibile in teoria esprimere qualsiasi contenuto concettuale. L'esempio più noto di sistema a rete semantica di questo tipo è la teoria della dipendenza concettuale di Schank (cfr. par. 4.2). Questo tipo di modelli presenta analogie con le teorie dell'analisi

⁴Da questo punto di vista ha ragione Israel (1983) quando critica un'affermazione di Reiter e Criscuolo (1980) secondo cui "che le reti (semantiche) siano varianti notazionali di formule logiche è oggi una verità lapalissiana nei circoli dell'IA". Meno chiare e convincenti sono tuttavia le argomentazioni offerte da Israel contro tale identificazione, ad esempio a proposito dei vantaggi che offrirebbe KL-ONE rispetto ai postulati di significato tradizionali.

componenziale del lessico per mezzo di tratti semantici⁵. In base a tali teorie, il significato di ogni elemento del lessico di un linguaggio naturale può essere analizzato nei termini di un insieme finito di tratti semantici primitivi. Nella prospettiva logicista, i sistemi a rete di questo tipo sono riconducibili a insiemi di postulati di significato di forma particolare. Questo genere di reti e di sistemi di rappresentazione può ammettere o meno la possibilità di inferenze di tipo non monotono (ad esempio, abbiamo visto che le reti di Schank prevedono un trattamento delle eccezioni). Qui, per semplicità, ci limiteremo al caso puramente monotono. In generale, un sistema basato su un insieme di primitive concettuali è equivalente, dal punto di vista logico, a un insieme di postulati di significato della forma:

$$\forall x_1, \dots, x_n P(x_1, \dots, x_n) \leftrightarrow \alpha(x_1, \dots, x_n)$$

dove P è il predicato a n argomenti che corrisponde al concetto rappresentato, e $\alpha(x_1, \dots, x_n)$ è una formula con esattamente n variabili libere in cui appaiono come uniche costanti non logiche predicati e relazioni che corrispondono a primitive concettuali. Ad esempio, il concetto *uomo* potrebbe essere scomposto in primitive come *maschio*, *umano* e *adulto*. Questa analisi corrisponde al postulato di significato:

$$\forall x (uomo(x) \leftrightarrow maschio(x) \wedge adulto(x) \wedge umano(x)).$$

In questo esempio $\alpha(x)$ è una semplice congiunzione di formule atomiche; in generale, tuttavia, può avere una struttura logica più complessa. Con postulati di questo tipo ogni concetto semanticamente non primitivo può essere "eliminato" e sostituito da espressioni in cui compaiono solo primitive semantiche. A prescindere dalla plausibilità empirica (di ordine psicologico o linguistico) di questi modelli, è evidente che essi non mutano di molto il panorama tracciato nelle pagine precedenti.

Nel par. 2.2 abbiamo visto che, rispetto al problema della rappresentazione del significato lessicale, alcuni filosofi del linguaggio erano stati attratti dalle teorie di tipo psicologico concernenti la rappresentazione mentale del significato dei concetti lessicali⁶. Può essere interessante vedere in che rapporto stiano con tali teorie i formalismi di rappresentazione esaminati negli ultimi capitoli. Gli psicologi D.L. Medin e E.E. Smith (Medin e Smith 1984; Smith e Medin 1981) hanno proposto una classificazione in tre gruppi dei modelli psicologici per la rappresentazione concettuale. Ciascun gruppo corrisponde a un diverso punto di vista: il *punto di vista classico* (*classical view*), il *punto di vista probabilistico* (*probabilistic view*), e il *punto di vista basato su esemplari* (*exemplar view*). Secondo il *punto di vista classico* tutte le istanze di un concetto condividono un certo numero di caratteristiche comuni, e la rappresentazione dei concetti può essere effettuata nei termini di insiemi di condizioni necessarie e sufficienti. Il *punto di vista probabilistico* nega la possibilità di individuare proprietà definitorie. I concetti sono rappresentati per mezzo di proprietà, che sono soltanto *probabili* per le istanze del concetto. Non si tratta quindi di tratti definitori, ma soltanto di tratti tipici, o caratteristici della categoria. Un individuo è un'istanza di una data categoria se gode di un numero sufficiente dei tratti corrispondenti, ad un grado tale da superare una certa soglia. L'appartenenza a una categoria non è più quindi un questione del tipo tutto o niente, ma è questione di grado. Anche secondo il *punto di vista basato su esemplari* non è possibile di norma individuare tratti definitori per un concetto, ma in questo caso si assume che le categorie concettuali vengano rappresentate mediante la descrizioni di un insieme di esemplari individuali tipici. Un'istanza appartiene a una categoria se è abbastanza simile ad almeno uno di tali esemplari. Il punto di vista probabilistico e quello basato su esemplari hanno in comune il fatto di negare la possibilità, in generale, di individuare tratti definitori per l'applicazione dei concetti. Medin e Smith quindi li comprendono entrambi sotto l'etichetta di *punto di vista prototipico* (*prototype view*).

E' abbastanza evidente che sistemi di rappresentazione come il KL-ONE sono l'equivalente in IA dei modelli psicologici catalogati da Medin e Smith come appartenenti al punto di vista classico (come del resto anche i postulati di significato classici in logica e in filosofia del linguaggio). Modelli come i sistemi a *frame*, e i loro equivalenti in logica non monotona, sono vicini al punto di vista basato su esemplari, o comunque, più in generale, si rifanno ad un modello di tipo prototipico. I *frame* presentano anche analogie con il modello di rappresentazione concettuale di Miller e Johnson-Laird (1976) che, in un certo senso, ha caratteristiche "ibride" fra i punti di vista classico e prototipico. Abbiamo visto che in un *frame* alcuni *slot* (quelli che corrispondono ai "livelli più alti" del *frame*) corrispondono ad attributi "stabili" del concetto rappresentato, ossia a caratteristiche necessarie, mentre agli *slot* collocati ai livelli più bassi sono assegnati valori attribuiti per *default*. Questa distinzione è in parte analoga alla distinzione fra *nucleo concettuale* (*conceptual core*) e procedure di identificazione associate a un concetto secondo la teoria di Miller e Johnson-Laird. Secondo questi autori, in molti concetti si può individuare un nucleo di tratti necessari e/o sufficienti che lo caratterizzano (il *core* appunto), che possono obbedire a quello che Medin e Smith chiamano punto di vista classico.

⁵Si vedano ad esempio (Katz e Fodor 1964; Katz 1972). Sulle relazioni fra tali teorie, semantica modellistica e postulati di significato si veda anche (Cresswell 1978).

⁶Per una rassegna sulle teorie della rappresentazione mentale dei concetti in psicologia cognitiva si veda ad esempio (Tabossi 1985).

Tuttavia, ciò non esaurisce la rappresentazione del concetto, in quanto, nella pratica, i criteri utilizzati per individuare effettivamente le singole istanze del concetto (criteri che sono detti appunto *procedure di identificazione*) sono sostanzialmente di tipo prototipico. Ad esempio, per un concetto come *ragazzo*, il *core* comprende le proprietà di essere un essere umano giovane di sesso maschile, mentre le procedure di identificazione si basano su proprietà tipiche come l'altezza, il modo di vestire, e così via.

Oltre alle logiche non monotone, in ambito logicista possono essere individuati altri strumenti adatti a trattare la rappresentazione concettuale secondo il punto di vista prototipico. Un esempio è costituito dalle *logiche sfumate (fuzzy logic)* (Zadeh 1971, 1975). In logica classica il fatto che un concetto si applichi o meno a un certo oggetto (o, estensionalmente, che un oggetto sia membro di una certa classe) è una faccenda di tipo tutto o niente: o l'oggetto è membro dell'insieme, oppure non lo è. Formulando la questione nei termini di funzioni caratteristiche di insiemi, si ha che, dato un insieme di oggetti I , la sua funzione caratteristica ϕ_I può assumere come valori esclusivamente 0 oppure 1. Tuttavia, per molti concetti del ragionamento di senso comune, e per molti termini del linguaggio naturale, un trattamento di questo tipo sembra inadeguato. Si consideri un predicato come *anziano*. Esso si presenta come intrinsecamente "sfumato". Una persona di novant'anni è certamente anziana, mentre una persona di venti certamente non lo è. Tuttavia non vi è un confine netto per l'applicabilità di questo predicato. Per i valori di età intermedi, l'appartenenza all'insieme degli anziani è in larga parte una questione di grado. La logica *fuzzy* si propone di formalizzare questo tipo di fenomeni. La funzione caratteristica ϕ_F di un insieme *fuzzy* F assume come valori numeri reali compresi nell'intervallo fra 0 e 1. Tali valori indicano il *grado di appartenenza* di un individuo all'insieme. Così, ad esempio, dato un certo individuo i , $\phi_F(i) = .65$ significa che i appartiene a F con grado .65. Per una persona di novant'anni, il suo grado di appartenenza all'insieme degli anziani sarà 1; per una persona di venti sarà 0; per le età intermedie si avranno gradi di appartenenza diversi compresi fra 0 e 1. La logica *fuzzy* consente di combinare fra loro diversi enunciati *fuzzy* (definendo ad esempio unione ed intersezione per i *fuzzy set*)⁷.

In ogni caso, poiché tutti questi approcci sono in linea di massima riconducibili a un trattamento di tipo logico (tutti ammettono, come abbiamo visto, una traduzione in un formalismo logico, con associata una semantica modellistica opportuna), essi equivalgono a insiemi di postulati di significato di qualche genere. Da questo punto di vista, il caso meno innovativo è certamente quello di KL-ONE e delle logiche terminologiche: una rete KL-ONE corrisponde a un insieme di postulati di significato scritti in (un sottoinsieme del) calcolo dei predicati del primo ordine con identità. Non offre quindi nulla di nuovo, dal punto di vista espressivo, rispetto a ciò che già erano in grado di fare i filosofi del linguaggio. In più, se si accettano le motivazioni filosofiche originarie in base alle quali era stata proposta la distinzione fra conoscenza di tipo terminologico e conoscenza asserzionale, KL-ONE e i sistemi ibridi ripropongono di fatto una separazione netta fra informazioni di tipo analitico, o definitorio, e informazioni fattuali. Abbiamo già visto (par. 2.1) che tale separazione risulta problematica e difficilmente sostenibile rispetto al problema della rappresentazione del lessico delle lingue naturali e della conoscenza di senso comune. Non è un caso che per tutti gli esempi di rete semantica riportati nel cap. 5 abbiamo utilizzato domini di tipo "artificiale" e specialistico, come la geometria o classificazioni di tipo zoologico: di fatto KL-ONE e le logiche terminologiche risultano molto più adatti a tali domini che alla rappresentazione dei concetti lessicali di senso comune. D'altra parte, abbiamo già messo in luce che la linea di ricerca sulle logiche terminologiche ha esplicitamente abbandonato molte delle ambizioni originarie con cui erano state sviluppate le reti semantiche. Un esempio di come questa linea di ricerca rinneghi tali pretese consiste nel rifiuto di considerare le rappresentazioni a rete semantica come un modello dei nessi associativi fra concetti in una base di conoscenza. Avevamo visto che uno dei motivi per contrapporre le reti semantiche alla logica era stato individuato nel fatto che le prime avrebbero dovuto essere più adatte a rappresentare una base di conoscenza in maniera strutturata, consentendo ad esempio di misurare la "distanza semantica" fra due concetti in base al numero di archi che li separano nella rete. Questo aspetto viene esplicitamente rifiutato nei sistemi discendenti dal KL-ONE. In Brachman et al. (1983) si sottolinea che ogni sistema di rappresentazione della conoscenza concretamente realizzato presenta caratteristiche che non sono rilevanti ai fini della rappresentazione, e che dipendono esclusivamente dalla particolare notazione adoperata o dalle caratteristiche di una implementazione specifica. Qualora il sistema di rappresentazione venga utilizzato scorrettamente, in maniera da assegnare un valore rappresentativo a tali caratteristiche, le inferenze che ne vengono tratte possono essere errate, e sono comunque infondate. In KRYPTON questo tipo di problemi viene evitato adottando un *approccio di tipo funzionale* (Levesque 1984c), secondo il quale una base di conoscenza è definita esclusivamente sulla base di un insieme di operazioni che consentono di modificarla o di interrogarla, senza che nulla venga assunto sulla struttura interna del sistema di rappresentazione. In altre parole, una volta specificato esattamente cosa può essere *detto* e cosa può essere *chiesto* a una base di conoscenza, ciò che definisce il formalismo è esattamente questa *specifica funzionale*. Le operazioni che definiscono funzionalmente la base di conoscenza sono fondamentalmente di due tipi: funzioni *TELL*, che consentono di inserire nuove informazioni nella base di conoscenza, e funzioni *ASK*, che consentono di interrogarla. Ebbene, in KRYPTON, come in generale nelle logiche terminologiche, gli aspetti associativi, come la

⁷Le logiche *fuzzy* sono state effettivamente proposte come formalizzazioni dei modelli psicologici della categorizzazione concettuale basata su prototipi (si veda ad esempio Lakoff 1972; Oden 1977). Tuttavia tale proposta va incontro a varie difficoltà di tipo empirico (Osherson e Smith 1981; Roth e Mervis 1983). Su questo tema si veda anche (Tabossi 1985).

distanza fra due concetti nei termini del numero di archi che li separano, sono considerati caratteristiche irrilevanti ai fini rappresentativi, cui quindi le funzioni *ASK* non possono accedere. Gli archi (ruoli, legami di superconcetto, etc.) hanno significato esclusivamente logico e non associativo, e non possono essere utilizzati per inferire la "vicinanza semantica" di due concetti. Ad esempio, rappresentazioni concettuali sostanzialmente equivalenti possono essere realizzate in modi diversi, in maniera che risulti modificata la distanza fra due concetti. Si supponga di voler definire il concetto *rettangolo* come un poligono con quattro lati e con tutti gli angoli retti. Questo può essere fatto, equivalentemente, come nella figura 7.2a oppure come nella figura 7.2b. Tuttavia, nella fig. 7.2b *rettangolo* è collegato direttamente a *poligono*, mentre in 7.2a vi è sempre un sottoconcetto intermedio.

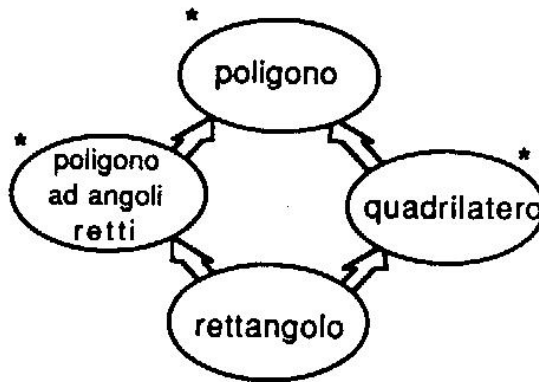


fig. 7.2a

Il fatto stesso che, come abbiamo visto, uno dei motivi principali di interesse dei formalismi terminologici sia stato individuato nell'essere sottoinsiemi meno espressivi del tradizionale calcolo dei predicati del primo ordine appare una specie di nemesi storica, di ironia della sorte se si ripensa alle motivazioni originarie di chi aveva proposto e sostenuto i sistemi di rappresentazione a rete semantica (e lo stesso KL-ONE). Per quanto ci concerne quindi, quando nel seguito ci occuperemo di logiche terminologiche non sarà in relazione al problema della rappresentazione del significato lessicale, quanto piuttosto in relazione al problema di individuare formalismi logici che possano essere trattati computazionalmente da soggetti finiti e dotati di risorse di calcolo limitate.

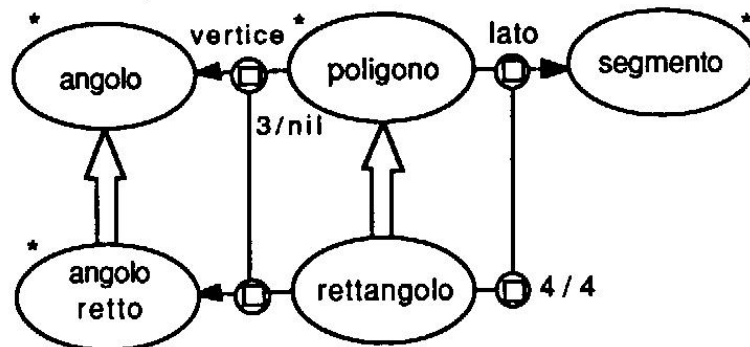


fig. 7.2b

Diverso e più interessante è il caso dei *frame* e delle reti semantiche che ammettono eccezioni, e della loro controparte logica, le logiche non monotone, oppure il caso delle logiche *fuzzy*. Questi formalismi sembrano offrire degli strumenti per affrontare alcuni dei problemi che avevamo posto all'inizio, riguardo al problema della rappresentazione del lessico in semantica modellistica. In particolare, sembrano aprire una via formale alla rappresentazione dei concetti lessicali nei termini di caratteristiche tipiche, permettendo di formalizzare concetti quali quello di prototipo o di stereotipo. Resta tuttavia irrisolto l'altro problema della semantica modellistica che abbiamo evidenziato nel par. 2.1: nessuno di questi sistemi può offrire una soluzione al problema dell'interpretazione dei simboli primitivi del sistema. Una rete semantica o un sistema a *frame*, interpretati in chiave model teoretica riescono a porre alcuni vincoli sui modelli. Lo stesso dicasi per un insieme di postulati di significato basati sulla logica *fuzzy* (dove si tratterà di modelli basati su *fuzzy set* anziché su insiemi classici). Ma in nessun caso si dispone di strumenti per determinare l'interpretazione intesa dei simboli primitivi. Anzi, in un certo senso, da questo punto di vista, un insieme di postulati di significato non monotoni riesce a fare persino "meno" di un insieme di postulati di significato classici. Il punto è che se i

postulati di significato ammettono eccezioni, allora i vincoli da essi imposti sui modelli possono essere violati. I problemi che sorgono con le eccezioni sono illustrati in maniera efficace da una celebre storiella di Ettore Petrolini:

Due persone giocano agli indovinelli.
 "Mi sai dire cos'è quella cosa verde che sta sul pianoforte e fa cri-cri?"
 L'altro pensa e ripensa e finalmente risponde:
 "Non lo so, dillo tu."
 "E' l'aringa."
 "Ma l'aringa non è verde!"
 "E tu la tingi."
 "Non sta mica sul pianoforte!"
 "E tu ce la metti."
 "E poi l'aringa non fa cri-cri."
 "Bravo! E se non dicevo questo era troppo facile indovinare!" (Petrolini 1971, p. 172)

Vale a dire, le aringhe tipiche sono grigiastre, mute e stanno in fondo al mare, ma se queste sono caratteristiche prototipiche, che in linea di principio possono essere violate da esemplari atipici, allora anche un oggetto verde che sta sul pianoforte può far parte dell'interpretazione del predicato *aringa*. Questo problema è stato sottolineato da Brachman in un articolo dal titolo "I lied about the trees". (Il titolo deriva da un indovinello simile a quello di Petrolini: la domanda in questo caso è: "cos'è che è grosso e grigio, ha una proboscide, e vive sugli alberi?". La risposta è "un elefante - ho mentito a proposito degli alberi"). Come caso limite, per una rete semantica in cui tutti gli archi ammettessero eccezioni, tutte le interpretazioni costituirebbero un modello. Abbiamo visto (par. 2.1) che due postulati di significato come:

$$\begin{aligned} \forall x (\text{leone}(x) \rightarrow \text{mammifero}(x)) \\ \forall x (\text{mammifero}(x) \rightarrow \neg \text{uccello}(x)) \end{aligned}$$

possono ammettere come modelli interpretazioni in cui il predicato *leone* è interpretato sull'insieme degli elettrotreni, *mammifero* sull'insieme dei treni e *uccello* su quello delle querce. Nel caso delle teorie circoscrivitive, può esserci una teoria che comprenda, ad esempio, i postulati di significato

$$\begin{aligned} \forall x (\text{pennuto}(x) \wedge \neg ab_1(x) \rightarrow \text{vola}(x)) \\ \forall x (\text{uccello}(x) \wedge \neg ab_2(x) \rightarrow \text{pennuto}(x)) \end{aligned}$$

e che non riesca a escludere fra i suoi modelli interpretazioni in cui, poniamo, il predicato *pennuto* è interpretato sull'insieme dei cani, *vola* è interpretato sull'insieme dei bradipi e *uccello* sull'insieme delle biciclette. Nei termini della semantica preferenziale di Shoham, il problema è che i postulati di significato non monotòni non pongono restrizioni su tutti i modelli di una teoria, ma solo sui suoi modelli *preferiti*. Ad esempio, il secondo dei postulati di significato circoscrivitivi sopra riportati impone che siano preferiti quei modelli in cui il maggior numero possibile dei membri dell'interpretazione di *uccello* sono membri anche dell'interpretazione di *pennuto*. Ma nulla esclude che in certi modelli nessun uccello sia un pennuto. In altri termini, i postulati di significato non monotòni escludono certi modelli, ma solo in maniera "provvisoria". Si deve sempre ammettere la possibilità che tali modelli vadano di nuovo presi in considerazione qualora diventino disponibili nuove informazioni.

Comunque vadano le cose con la tesi di Hayes, sembra in ogni caso impossibile che una soluzione definitiva al problema del significato dei termini primitivi possa essere trovata su questa linea. A questo proposito meritano qualche riflessione le affermazioni di Woods citate nel par. 4.4, per cui una semantica di tipo procedurale potrebbe risolvere il problema dell'interpretazione dei simboli primitivi. Un trattamento più approfondito dell'idea che delle procedure possano fornire il significato (nel senso di computare il riferimento) dei simboli primitivi si trova in Woods 1980. I termini in cui Woods formula il problema lasciano tuttavia adito a qualche perplessità. Un linguaggio di programmazione ha molte caratteristiche in comune con un linguaggio di tipo logico: vi è un insieme di simboli primitivi, a partire dai quali è definita una classe di espressioni complesse, ottenibili dai primi attraverso un insieme di regole di composizione sintattica. I metodi per definire la semantica dei linguaggi di programmazione sono riconducibili a due gruppi. Il primo è quello delle semantiche di tipo *procedurale*, che costituiscono una semantica in un senso molto debole, in quanto si limitano a specificare regole di trasformazione sintattica fra le espressioni di un linguaggio. Esse non sono dunque interessanti dal nostro punto di vista. Il secondo gruppo è quello delle semantiche di tipo *denotazionale* che, per il tipo di strumenti e di metodi utilizzati, sono di fatto riconducibili a una generalizzazione della semantica di tipo modellistico. Anche in questo caso, vi è una funzione interpretazione che associa un significato ai simboli primitivi, e lo scopo della teoria è quello di calcolare il significato di espressioni complesse (ad esempio procedure, programmi) in funzione del significato dei simboli primitivi. Se quindi le procedure cui si riferisce Woods sono procedure che elaborano i simboli del sistema di rappresentazione della conoscenza cui dovrebbero garantire una semantica, allora si ripropone il problema di stabilire il significato di tali simboli in quanto simboli che compaiono in

queste procedure. Per quanto riguarda l'affermazione che le procedure "possono essere caratterizzate dal loro funzionamento su macchine reali, ed essere in questo modo ancorate alla fisica", va notato innanzi tutto che gran parte del processo di sviluppo e di maturazione dell'informatica teorica è andando esattamente nella direzione opposta, nella direzione cioè di svincolare la definizione della semantica dei vari costrutti dalle caratteristiche di implementazioni specifiche (è curioso notare come questa linea di sviluppo ponesse esigenze analoghe a quelle poste dallo stesso Woods quando reclamava la necessità di definire una semantica per i sistemi a rete semantica). Infine, non è chiaro in che termini l'ancoramento alla fisica nei termini di *hardware* del dispositivo computazionale utilizzato possa risolvere il problema del riferimento dei simboli primitivi: non è certo allo *hardware* del calcolatore che i simboli devono essere ancorati, ma a oggetti ed eventi del mondo esterno. Torneremo su questi problemi in sede di conclusioni generali.