Michie D., Hayes J. E., *Intelligent Systems: The Unprecedent Opportunity*, Chichester 1984

Negoita C. V., Expert Systems and Fuzzy Systems, Benjamin 1980

Gruppioni G., "Sulle differenze sessuali nell'osso coxale; I. I caratteri morfologici", *Rivista di Antropologia* **61**, 1980-1981.

Gruppioni G., Pettener D., "Sulle differenze sessuali nell'osso coxale; II. I caratteri metrici", *Rivista di Antropologia* **61**, 1980-1981.

Ferembach D., Schwidetzky I., Sloukal M., "Raccomandazioni per la determinazione dell'età e del sesso sullo scheletro", *Rivista di Antropologia* **60**, 1977-1979.

Hassan F.A., *Demographic Archaeology*,, pagg. 1-22 Academic Press 1981

UN FORMALISMO LOGICO PER LA RAPPRESENTAZIONE DELLA SEMANTICA DEL LINGUAGGIO NATURALE[1]

P. Terenziani, L. Lesmo, P. Torasso

Dipartimento di Informatica - Universita' di Torino
C.so Svizzera 185 - 10149 Torino

SOMMARIO

Nel presente articolo verra' proposto un nuovo formalismo di tipo logico che, considerando i vincoli semantici imposti dal mondo reale e legando strettamente il linguaggio al mondo, permette di ottenere una rappresentazione semantica "profonda" per le espressioni linguistiche.
Tale rappresentazione e' ottenuta mediante la definizione di un numero limitato di predicati indipendenti dal modello e rifiutando ogni "promiscuita' ontologica" (vedi [Hobbs, 85]).
Il formalismo proposto permette di rappresentare le ambiguita' semantiche del linguaggio in modo sintetico e di ottenere la rappresentazione finale delle espressioni in modo composizionale e mediante successivi affinamenti che portano ad eliminare, quando possibile, le ambiguita' semantiche presenti nei costituenti.

INTRODUZIONE

Il problema di come rappresentare la semantica del linguaggio naturale e' stato a lungo studiato e dibattuto (vedi [Allwood et al, 77], [Barwise e Perry, 83], [Hirst, 83], [Hobbs, 86], [Montague, 75], [Schubert e Pelletier, 82], [Woods, 78]) ma non ha ancora trovato una soluzione pienamente soddisfacente. Uno dei maggiori problemi e' costituito dal fatto che, a causa delle ambiguita' in esse contenute, le espressioni linguistiche non possono essere direttamente riferite al mondo ma devono prima essere tradotte in formalismi non ambigui.
I formalismi di tipo logico sono ampiamente utilizzati per rappresentare la semantica delle espressioni linguistiche in quanto permettono successive deduzioni logiche (vedi, ad esempio, [Hobbs, 86]) e forniscono una notazione esplicita e rigorosa in grado di cogliere e rappresentare senza ambiguita' il significato di tali espressioni.
In particolare i formalismi logici forniscono uno strumento adatto a descrivere con chiarezza quei tipici problemi di ambiguita' semantica del linguaggio naturale individuati da linguisti e filosofi nel corso dei secoli (quali ad esempio le ambiguita' dovute al campo d'azione dei quantificatori, le ambiguita' de-re de-dicto, l'intensione, l'opacita' ...). Dal punto di vista

[1]Questa ricerca e' stata parzialmente finanziata da MPI 40% (Architetture Software per Sistemi Intelligenti).

computazionale l' adozione di tali formalismi permette inoltre di sviluppare un processo di interpretazione semantica indipendente dalla base di conoscenza che descrive il dominio di applicazione.
Ci sembra tuttavia che le rappresentazioni tradizionalmente fornite (vedi ad esempio [Allwood et al, 77], [Hobbs, 85], [Hobbs, 86], [Schubert e Pelletier, 82]) non riescano a cogliere pienamente alcuni aspetti della semantica del linguaggio.
La semantica, nella sua accezione piu' stretta e rigorosa, e' la scienza che specifica le relazioni fra il linguaggio ed il mondo. Un' analisi semantica corretta presuppone dunque un' altrettanto rigorosa teoria del mondo ed il tipo di rappresentazione della semantica delle espressioni linguistiche (che si riferiscono a tale mondo) deriva naturalmente dalla teoria adottata. Esiste tuttavia un ampio spettro di possibili teorie. Un estremo di tale spettro potrebbe essere costituito dalla teoria corretta del mondo proposta dalla meccanica quantistica e dalle altre scienze. In tale contesto pero' ogni tipo di semantica risulterebbe improponibile a causa dell'evidente impossibilita' di colmare il profondo divario fra il nostro modo di vedere il mondo (manifestato appunto attraverso le espressioni linguistiche) e la reale conformazione dello stesso. All' altro estremo si potrebbe assumere una teoria del mondo in qualche modo isomorfa al nostro modo di vedere la realta'. Ci si porrebbe dunque in un universo platonico che contiene ogni entita' esprimibile nel linguaggio, indipendentemente dalla sua esistenza nel mondo reale. In tale ipotesi (definita da Hobbs "promiscuita' ontologica", vedi [Hobbs, 86]) l'analisi semantica risulta giustificata e fortemente semplificata. Tale assunzione viene correntemente adottata (vedi [Allwood et al,77], [Hobbs, 85], [Hobbs,86], [Schubert e Pelletier, 82]) ma secondo noi non conduce ad una rappresentazione effettivamente completa della semantica del linguaggio. Tale assunzione prescinde infatti dai vincoli semantici imposti dal mondo reale e comunemente utilizzati dalle persone per individuare il significato delle espressioni linguistiche e non puo' quindi permettere la determinazione della semantica "profonda" del linguaggio.
Consideriamo come esempio la semplice frase
(S1) la barca e' rossa.
od il costituente di frase
(S1a) la barca rossa ....
La traduzione logica
(1') rossa(BARCA1)
non coglie la semantica "profonda" dell' espressione e cioe' che rosso e' il colore di una specifica barca (indicata con la costante BARCA1).
Il vincolo semantico imposto in questo caso dal mondo e' che
(C1) solo i concetti che individuano entita' concrete possono avere un colore.
Trascurare tali vincoli significa non solo fornire una rappresentazione semantica ad espressioni palesemente senza significato nel mondo reale, quali ad esempio
(S2) l'altezza e' rossa
(S2a) l'altezza rossa ....
ma anche e soprattutto non considerare che "the meaning's natural home is the world" (vedi [Barwise e Perry, 83]), e che dunque proprio tali vincoli semantici costituiscono il significato delle espressioni linguistiche.
Naturalmente affinche' leggi quali (C1) possano avere un significato occore adottare una rappresentazione che mantenga la distinzione fra le principali classi lessicali, mentre al

contrario nelle rappresentazioni logiche classiche nomi comuni, aggettivi e verbi sono trattati uniformemente come predicati e non e' inoltre tenuta alcuna traccia dell'ulteriore suddivisione dei nomi comuni in sottoclassi (nomi comuni enumerabili, nomi comuni non enumerabili ...).
Un secondo problema riguarda la semantica delle tradizionali rappresentazioni logiche.
E' infatti importante notare che la rappresentazione logica costituisce solo un passo intermedio dell'interpretazione semantica (necessario per formalizzare e disambiguare il significato delle espressioni linguistiche) all'interno di un sistema di Natural Language Understanding. L'interpretazione finale puo' essere ottenuta interpretando tali rappresentazioni sul mondo o, meglio, sulla conoscenza che il sistema ha del mondo (Domain Knowledge).
In questo senso ci pare uno svantaggio delle rappresentazioni di tipo logico tradizionali il numero elevatissimo di predicati in esse contenuto ed il fatto che i predicati si possano riferire indistintamente a nomi, aggettivi e verbi della D.K. . Inoltre, poiche' tali predicati individuano direttamente relazioni e concetti della D.K., le rappresentazioni ottenute risultano strettamente vincolate al modello adottato.
Nel formalismo proposto, al contrario, e' stato determinato un numero limitato di predicati indipendenti dal modello e dalla semantica ben definita. Tali predicati colgono dunque le caratteristiche comuni fra i costituenti linguistici dello stesso tipo e risultano facilmente interpretabili su rappresentazioni diverse della conoscenza sul dominio.
Supponiamo ad esempio di dover analizzare il nome
(S3) "sveglia"
e che esso individui il concetto @SVEGLIA della D.K. . In una notazione logica tradizionale tale nome verrebbe rappresentato dal predicato
(2) @SVEGLIA(x)
La nostra rappresentazione invece specifica che esiste una istanza x del concetto enumerabile @SVEGLIA della D.K. con
(3) is-element-of (x, @SVEGLIA)
ove il predicato is-element-of e' indipendente dalla D.K. ed e' utilizzato per la rappresentazione di tutti i nomi comuni enumerabili. Si noti che solo il parametro @SVEGLIA, in (3), vincola la rappresentazione al particolare modello adottato.
Al fine di ottenere una stretta integrazione fra analisi sintattica e semantica e per poter rifiutare non appena e' possibile costituenti di frasi o frasi semanticamente scorrette l'analisi semantica dei costituenti viene nel nostro sistema anticipata il piu' possibile. Non appena si ha a disposizione un costituente di frase semanticamente interpretabile questo viene esaminato e ne viene fornita la rappresentazione semantica. La rappresentazione semantica finale dell'espressione considerata viene ottenuta mediante successive composizioni (realizzate non appena risultano possibili) dei suoi costituenti[2].
Affinche' tale approccio risulti efficiente occorre che il formalismo adottato permetta una rappresentazione sintetica delle ambiguita' semantiche, in modo tale che ad ogni costituente venga associata una sola rappresentazione in grado di tener conto di tutte le ambiguita' in esso contenute. Occorre inoltre che risulti possibile e semplice da realizzare un successivo

[2]Si noti che l'approccio composizionale alla semantica delle espressioni linguistiche e' molto diffuso fra gli studiosi del linguaggio (fra cui, ad esempio, Montague, vedi [Montague, 75]) e segue la generale convinzione che il significato di ogni

affinamento delle rappresentazioni all'atto della loro composizione, dal momento che l'analisi di nuovi costituenti della frase analizzata introduce nuove informazioni che permettono generalmente di eliminare parte delle ambiguita' semantiche precedentemente determinate (tale aspetto sara' approfondito solo in seguito, dopo aver presentato il tipo di formalismo proposto).
In risposta a tali esigenze sono state introdotte nel nostro formalismo delle "variabili legate", ovvero delle variabili che non sono quantificate esistenzialmente ma assumono un numero finito di valori costanti dichiarati esplicitamente.
Supponiamo ad esempio che l'entata lessicale "sveglia" individui i due concetti della D.K. @SVEGLIA (la sveglia meccanica) e @SVEGLIA1 (il suono) e, per semplicita', che anche @SVEGLIA1 sia un concetto enumerabile. La rappresentazione di (S3) e' tradizionalmente data dalla disgiunzione dei predicati
(2') @SVEGLIA(x)
(2'') @SVEGLIA1(x)
(ovvero esistono due rappresentazioni distinte per (S3)) mentre nella nostra notazione si ottiene un'unica rappresentazione
(3') is-element-of(x, clx)
ove clx e' una variabile legata che puo' assumere i valori della coppia <@SVEGLIA @SVEGLIA1>.
Si noti ancora che, qualora ulteriori componenti dell'espressione in analisi permettano di risolvere tale ambiguita' (ad esempio in "la sveglia si e' rotta" il verbo permette di selezionare solo l'interpretazione @SVEGLIA per (S3)), cio' puo' essere fatto facilmente all'atto della composizione restringendo il range dei possibili valori della variabile legata clx a <@SVEGLIA>.

Nel seguito ad una breve presentazione delle diverse componenti della rappresentazione seguira' una piu' dettagliata analisi del tipo di rappresentazione logica fornito per i vari costituenti linguistici ed infine un esempio di composizione delle rappresentazioni di due costituenti di frase.

COMPONENTI DELLA RAPPRESENTAZIONE

Per rispondere alle esigenze ed ai problemi presentati nell'introduzione la rappresentazione semantica adottata nel nostro sistema e' costituita da quattro componenti.

-- VAR
E' la lista delle variabili locali utilizzate nella componente REPR per specificare le connessioni esistenti fra i predicati. Tali variabili indicano istanziazioni di concetti e relazioni e sono quantificate esistenzialmente.
Per distinguere queste variabili da quelle contenute in BOUNDEDVAR indicheremo le seconde col termine &var.

---

espressione complessa debba essere funzione del significato delle sue parti (vedi [Frege, 52]).

-- REPR
La componente REPR rappresenta la traduzione logica dell'espressione linguistica in esame. E' costituita da una congiunzione di predicati espressa nel formalismo della logica dei predicati del primo ordine.
Tale componente sara' piu' dettagliatamente analizzata nel prossimo paragrafo.

-- ALL,BOUNDEDVAR
Come accennato nell'introduzione i significati (relazioni e concetti della D.K.) dei costituenti della frase (verbi e nomi...) non appaiono direttamente nella rappresentazione logica. Al loro posto compaiono delle variabili (che abbiamo denominato &var e che sono elencate in BOUNDEDVAR) a cui tali significati sono legati come binding (memorizzati in ALL). Oltre a garantire una maggiore compattezza notazionale tale soluzione garantisce come vedremo un fortissimo aumento di efficienza all'atto della composizione delle interpretazioni di differenti costituenti della frase, e rappresenta quindi una delle principali caratteristiche del tipo di rappresentazione adottata.
Si noti che le componenti BOUNDEDVAR e ALL possono essere considerate come un'unica componente strutturata, o, meglio, come una base dati relazionale in cui le ennuple in ALL costituiscono i valori degli attributi precisati in BOUNDEDVAR. Tale rappresentazione e' necessaria per gestire il vincolo che i valori delle variabili di BOUNDEDVAR non possono essere combinati in tutti i modi possibili, e le ennuple di ALL permettono di memorizzare le combinazioni semanticamente corrette.

E' importante notare come la scissione della rappresentazione semantica in due principali costituenti (VAR e REPR da una parte e BOUNDEDVAR e ALL dall'altra) oltre a permettere una rappresentazione sintetica ed elegante delle ambiguita' semantiche formalizzi inoltre una certa tipizzazione della rappresentazione: la prima componente rappresenta infatti la descrizione generale del tipo di costituente analizzato ed e' completamente indipendente dal modello adottato mentre la seconda riferisce tale descrizione al particolare costituente in esame e vincola tale descrizione al modello.

RAPPRESENTAZIONE LOGICA

Nel presente paragrafo saranno presentate le rappresentazioni semantiche per i principali tipi di costituenti delle espressioni linguistiche.
Per maggiore semplicita' il tipo di rappresentazione scelto verra' presentato proponendo un esempio. Supponiamo che la frase da analizzare sia
(S4) "I due professori del dipartimento che tengono corsi nuovi abitano a Torino"
La rappresentazione semantica finale della frase risulta

VAR = (x63 y53_1 y54_3 y8 y32_1 y33_3 y130 y231 y43)

REPR = (instance-of (x63, relatx55) and
time (x63, timevar58) and
case-of (x63, y53_1 , icm57_1) and

case-of (x63, y54_3 , icm58_3) and
is-element-of (y53_1 , clx15) and
molteplicity (y53_1 , moltepl2) and
related (y53_1 , y8, relatx6) and
is-element-of (y8, clx13) and
instance-of (y43, relatx34) and
time (y43, timevar37) and
case-of (y43, y53_1 , icm36_1) and
case-of (y43, y33_3 , icm36_3) and
is-element-of (y33_3 , clx26) and
is-property-spec (y130, prx28) and
property-val (y130, y33_3) and
is-value of (y231, y130) and
is-in-range (y231, adx24) and
is-element-of (y54_3 , clx64)
thing-has-name (y54_3 , proper77))

BOUNDEDVAR=(relatx55 timevar58 icm57_1 icm58_3 moltepl2 relatx6 clx13 relatx34 timevar37 icm36_1 icm36_3 clx15 clx26 prx28 dx24 clx64 proper77)

ALL =((@ABITARE presente @AGENT @PLACE 2 @AFF @DIP @TENERE presente @AGENT @OBJ @PROF @CORSO @TIME @NUOVO @CITTA @TORINO)
(@ABITARE presente @AGENT @PLACE 2 @AFF @DIP @TENERE presente @AGENT @OBJ @PROF @CORSO @TOPIC @NUOVO @CITTA @TORINO)
(@ABITARE presente @AGENT @PLACE 2 @INS @DIP @TENERE presente @AGENT @OBJ @PROF @CORSO @TIME @NUOVO @CITTA @TORINO)
(@ABITARE presente @AGENT @PLACE 2 @INS @DIP @TENERE presente @AGENT @OBJ @PROF @CORSO @TOPIC @NUOVO @CITTA @TORINO))

Tale rappresentazione per la frase (S4) e' ottenuta mediante successive composizioni delle rappresentazioni dei suoi costituenti.
Nel seguito saranno analizzate le rappresentazioni semantiche dei principali tipi di costituenti delle espressioni linguistiche, fornendo in tal modo una progressiva spiegazione della rappresentazione proposta.

RAPPRESENTAZIONE DELLE ENTITA' CONCETTUALI

Abbiamo gia' affermato come, al fine di ottenere una rappresentazione semantica completa del linguaggio, non riteniamo sia possibile trascurare le informazioni semantiche determinate dall'appartenenza di ogni parola ad una classe lessicale ed, ancora, dalla suddivisione di nomi comuni in sottoclassi. All'interno del nostro sistema le entita' concettuali sono state suddivise in quattro categorie: nomi di classi, nomi comuni non enumerabili, nomi indicanti

proprieta' e nomi indicanti unita' di misura.
Alla prima categoria corrispondono le entita' numerabili (oggetti, persone ....) e i nomi di tale categoria vengono rappresentati all'interno del formalismo logico tramite il predicato
(1) is-element-of (x, &classe)
che puo' essere parafrasato come "la variabile x individua una istanza del concetto (comune enumerabile) &classe".
E' importante notare che la variabile &classe puo' assumere piu' valori, e in questo senso si puo' affermare che il predicato (1) corrisponde ad una disgiunzione di predicati nella logica classica (uno per ogni possibile valore assunto dalla variabile legata &classe).
La principale distinzione fra classi e proprieta' consiste nel fatto che le classi hanno un'esistenza autonoma mentre le proprieta' no. Ad esempio un ben precisato professore puo' esistere anche se il dipartimento ove insegna e' stato chiuso, mentre l'eta' di una data persona non puo' esistere senza tale persona. I nomi di proprieta' sono tradotti dal predicato
(2) is-value-of (x, &property)
che specifica che x e' un valore della proprieta' &property.
Ai nomi comuni non enumerabili (ad esempio birra, lana..) corrisponde il predicato
(3) is-material (x, &mat)
che indica che la variabile x e' un'istanza dell'entita' (indicante materiale) &mat
e infine alle unita' di misura il predicato
(4) is-a-measure (x, &meas).

I sostantivi possono, nel linguaggio naturale, essere ulteriormente specificati da aggettivi (ad esempio, in (S4), "nuovi corsi"), da sostantivi eventualmente introdotti da proposizioni (in (S4) "professori di dipartimento") o da frasi relative (in (S4) "professori che tengono corsi nuovi").
Consideriamo separatamente i casi.
Il generale vincolo semantico che vige ogni qual volta un aggettivo accompagna un sostantivo per qualificarlo e' che tale aggettivo deve necessariamente riferirsi ad una proprieta' del sostantivo. Prendendo nuovamente come esempio (S4) abbiamo che la traduzione logica per il costituente "nuovi corsi" e' costituita dalla congiunzione dei predicati (1)(2)(3)(4) e (5) che saranno ora presentati:
(1) is-element-of (y33_3 , clx26)
ove clx26 = @CORSO traduce il nome
(2) is-property-spec (y130, prx28)
parafrasabile come "y130 e' un'istanza della proprieta' prx28" ove prx28 e' una variabile e si riferisce a due distinte proprieta' di corso: @TOPIC e @TIME. Un corso puo' essere cioe' nuovo nell'argomento trattato oppure essere nuovo nel senso che non era tenuto precedentemente. Il nostro formalismo permette di cogliere e rappresentare in modo sintetico in un'unica formula logica tale ambiguita' semantica.
(3) property-val (y130, y33_3)
indica che la variabile y130 rappresenta il valore di una certa proprieta' (prx28) per l'individuo rappresentato dalla variabile y33_3
(4) is-value-of (y231, y130)
dice che y231 e' il valore della proprieta' individuata dall'istanza y130
(5) is-in-range (y231, adx24)

restringe la variabile y231 ad assumere il valore precisato da adx24, ovvero @NUOVO.
L'interpretazione semantica del costituente potrebbe dunque essere informalmente espressa come segue: "y33_3 e' un'istanza del concetto @CORSO, y130 e' il valore della proprieta' @TOPIC per y33_3 e tale valore e' @NUOVO" e "y33_3 e' un'istanza del concetto @CORSO, y130 e' il valore della proprieta' @TIME per y33_3 e tale valore e' @NUOVO".
Si noti come la rappresentazione non si limiti ad essere una traduzione in forma logica dell'espressione lessicale ma ne colga il significato,per cosi' dire,"profondo" (individua per esempio il fatto che nuovo si riferisce a 2 possibili proprieta' di corso). Molto piu' semplice e' il caso in cui un sostantivo (che deve ovviamente essere enumerabile) e' precisato con un numero cardinale. Consideriamo l'esempio in (S4):
"due professori"
La traduzione risulta

is-element-of (y53_1 , clx15) and
molteplicity (y53_1 , moltepl2)

con le &var clx15 e moltepl2 rispettivamente legate ai valori @PROF e 2. Una lettura intuitiva di tale rappresentazione potrebbe essere: "y53_1 e' un'istanza del concetto (enumerabile) @PROF la cui molteplicita' e' 2" o, meglio "y53_1 si riferisce a 2 istanze distinte del concetto @PROF".
Se un sostantivo e' invece specificato da un altro sostantivo, eventualmente preceduto da una preposizione, occorrera', affinche' il costituente non sia senza senso, che esista una relazione specificabile fra i due sostantivi. Rifacendoci nuovamente all'esempio analizziamo la traduzione del costituente
"professori del dipartimento"
notando che, nuovamente, siamo di fronte ad un'ambiguita' semantica dal momento che detto costituente puo' significare "i professori che appartengono al dipartimento" oppure "i professori che insegnano nel dipartimento".
La rappresentazione del nostro formalismo logico e'

is-element-of (y53_1 , clx15) and
is-element-of (y8,clx13) and
related (y53_1 , y8, relatx6)

ove la tripla di &var <clx15 clx13 relatx6> puo' assumere due triple di valori: <@PROF @DIP @INS> e <@PROF @DIP @AFF>. Tale rappresentazione puo' essere informalmente espressa come segue: "y53_1 e'un'istanza del concetto @PROF ed e' collegato ad y8 dalla relazione @AFF (afferire),ove y8 e'un'istanza del concetto @DIP (dipartimento)" e "y53_1 e' un'istanza del concetto @PROF ed e' collegato ad y8 dalla relazione @INS (insegnare), ove y8 e'un'istanza del concetto @DIP (dipartimento)".
Come evidente nell'esempio proposto la trattazione delle frasi relative e' completamente omogenea all'analisi generale. La traduzione del costituente "che tengono nuovi corsi", ove il pronome relativo che e' riferito a professori (frase (S4)) e' in realta' quella di "professori tengono nuovi corsi".

RAPPRESENTAZIONE DI CONCETTI INDIVIDUALI
I nomi propri possono comparire in due modi diversi all'interno di una frase: come costituenti di tipo nominale indipendenti (es. Paolo studia, i professori abitano a Torino) oppure come specifica di un altro costituente nominale (es. dipartimento di Informatica, professore di Informatica ...). Nel primo caso la traduzione logica del nome proprio risulta semplicemente:

is-element-of (x, &clx) and
thing-has-name (x, &proper)

ove la &var &clx e' legata a tutti i concetti di tipo enumerabile cui il nome proprio puo' riferirsi mentre &proper e' legata al nome proprio.
Allora per esempio la traduzione di
"Torino" in (S4) risulta:

is-element-of(y54_3 , clx64) and
thing-has-name(y54_3 , proper77)

con clx64 = @CITTA e proper77 = @TORINO parafrasabile in "y54_3 e' un'istanza del concetto @CITTA ed ha nome @TORINO".
Il secondo caso e' piu' complicato dal momento che e' possibile nel linguaggio che il nome proprio sottointenda il concetto cui si riferisce.
Cosi' per esempio
(S5) "professore di Informatica" sottointende
(S5a) "professore del dipartimento di Informatica".
Il formalismo adottato permette di cogliere e rappresentare tale fenomeno. Cosi' per esempio a (S5) corrisponde nella nostra notazione logica la formula

is-element-of(x,&clx) and
thing-has-name(y,&proper) and
is-element-of(y,&cly) and
related(x,y,relatx)

ove le &var risultano cosi' legate

&clx	&cly	&relatx	&proper
@PROF	@DIP	@INS	INFORMATICA
@PROF	@DIP	@AFF	INFORMATICA

Tale rappresentazione puo' essere intuitivamente letta come "x e' una istanza del concetto @PROF ed e' collegata dalla relazione @INS (insegnare) ad y, che e' una istanza del concetto @DIP che ha nome INFORMATICA" e "x e' una istanza del concetto @PROF ed e' collegata dalla relazione @AFF (afferire) ad y, che e' una istanza del concetto @DIP che ha nome INFORMATICA".

RAPPRESENTAZIONE A CASI DELLE RELAZIONI

La traduzione dei verbi esprimenti relazioni consiste in un predicato
instance-of (x,&rel)
che lega la variabile x corrispondente al verbo alle relazioni (individuate dalla &var &rel) e in un predicato
time (x, &timevar)
che precisa il tempo in cui l'azione rappresentata dalla variabile x si svolge. A differenza dei predicati finora proposti che, interpretati sul modello, generano istanziazioni di concetti o precisano collegamenti fra concetti istanziati, questo predicato si limita a fornire informazioni contestuali, a fornire cioe' una descrizione del contesto temporale nel quale l'azione individuata si svolge[3].
Sono inoltre introdotti tanti predicati del tipo
case-of (x, y, &case)
quanti sono i casi del verbo. Tale predicato individua y come la variabile che gioca il ruolo definito dalla variabile legata &case per il verbo individuato dalla variabile x. Nel nostro esempio il verbo principale "abitare" e' legato alla variabile x63 ed e' tradotto come
(1)

instance-of (x63, relatx55)
time (x63, timevar56)
case-of (x63, y53_1 , icm57_1)
case-of (x63, y54_3 , icm57_3)

ove relatx55 e' una &var che assume come unico possibile valore la relazione @ABITARE mentre le variabili timevar56 icm57_1 e icm57_3 assumono rispettivamente i valori presente, @AGENT e @PLACE.
Si noti ancora la presenza nel REPR dei predicati
(2)

is-element-of (y53_1 , clx15)
is-element-of (y54_3 , clx64)

ove le variabili clx15 e clx26 sono legate rispettivamente ai concetti @PROF e @CITTA. La congiunzione dei predicati (1) e (2) puo' dunque essere parafrasata come "x63 individua un'istanza della relazione @ABITARE e ha due casi: un agente, che e' costituito dalla variabile y53_1 che e' istanza della classe @PROF e un luogo, che corrisponde alla variabile y54_1 che e' istanza della classe @CITTA".
In questo modo e' dunque possibile ottenere nel formalismo logico adottato una case representation della frase analizzata(vedi [Bruce, 75], [Fillmore, 68]).
E' importante notare che nella nostra notazione e' possibile trattare senza alcun problema ne' perdita di omogeneita' l'eventuale presenza di un numero qualsiasi di casi opzionali: per ognuno di essi sara' infatti introdotto un predicato "case-of" con parametri opportunamente istanziati. Cio' costituisce un notevole vantaggio del nostro formalismo rispetto alla normale notazione della logica dei predicati, che traduce direttamente i verbi in predicati

[3]Il problema di come trattare le informazioni di tipo contestuale e' tuttora aperto ed e' fondamentale nella determinazione dell'interpretazione delle espressioni linguistiche (vedi [Barwise e Perry, 83]).

aventi un numero fisso di argomenti il cui ruolo e' implicitamente espresso dalla posizione assunta all'interno del predicato.

COMPOSIZIONALITA' E RAPPRESENTAZIONE ADOTTATA

La rappresentazione semantica delle espressioni e' costruita in modo composizionale a partire dalle rappresentazioni dei suoi costituenti.
Abbiamo visto come le componenti ALL e BOUNDEDVAR permettano una rappresentazione sintetica delle ambiguita' semantiche delle espressioni linguistiche: in pratica il significato di una espressione e' rappresentato dall'insieme di tutte le letture (una per ogni lista di valori in ALL) della componente REPR della interpretazione ad essa corrispondente.
La capacita' di rappresentare tali molteplici letture in modo sintetico costituisce una delle principali caratteristiche della rappresentazione semantica adottata e risulta particolarmente utile all'atto della composizione di rappresentazioni.
Per facilitare la trattazione introduciamo un esempio:
supponiamo di analizzare il costituente di frase
(S6) il giovane professore del dipartimento.
L'interpretazione semantica di (S6) e' ottenuta componendo le interpretazioni di
(a) giovane professore
(sia i1 tale interpretazione) e
(b) professore del dipartimento
(indichiamola con i2).
Sia i1 ad esempio

```
VAR          =(x1 y13 y25)

REPR         =(is-element-of(x1,clx2) and
               is-property-spec(y13,prx4) and
               property-val(y13,x1) and
               is-in-range(y25,adx6) and
               is-value-of(y25,y13))

BOUNDEDVAR   = (clx2 prx4 adx6)

ALL          = ((@PROF1 @ETA1 @GIOVANE)
                (@PROF2 @ETA2 @GIOVANE))
```

ove si suppone che la parola professore sia semanticamente ambigua e possa riferire i concetti @PROF1 (che ha una proprieta' @ETA1, ad esempio l'eta' anagrafica) e @PROF2 (che ha una proprieta' @ETA2, ad esempio eta' di servizio, che non e' invece attribuibile a @PROF1).
In un formalismo logico esplicito la duplice interpretazione verrebbe rappresentata con la disgiunzione di due interpretazioni a1 ed a2 ove a1 risulta essere

```
VAR      =(x1 y13 y25)

REPR     = (is-element-of(x1,@PROF1) and
             is-property-spec(y13,@ETA1) and
             property-val(y13,x1) and
             is-in-range(y25,@GIOVANE) and
             is-value-of(y25,y13))
```

ed a2

```
VAR      =(x1 y13 y25)

REPR     = (is-element-of(x1,@PROF2) and
             is-property-spec(y13,@ETA2) and
             property-val(y13,x1) and
             is-in-range(y25,@GIOVANE) and
             is-value-of(y25,y13))
```

Sia poi i2:

```
VAR            =(x7 x9)

REPR           = (is-element-of(x7,clx8) and
                  is-element-of(x9,clx10) and
                  related(x7,x9,relatx11))

BOUNDEDVAR  = (clx8 clx10 relatx11)

ALL            = ((@PROF1 @DIP @AFF)
                  (@PROF1 @DIP @INS))
```

Supponiamo cioe' che nel mondo esista il vincolo semantico (C2) che impone che il concetto @PROF2 non possa essere correttamente specificato dal costituente "di dipartimento", dal momento che non esiste nel mondo alcuna relazione che lega @PROF2 a @DIP.
Anche i2 nell'esempio esprime sinteticamente la disgiunzione di due interpretazioni (siano b1 e b2) ottenute sostituendo rispettivamente la prima e la seconda lista di valori in ALL alle variabili precisate in BOUNDEDVAR della componente REPR.
In una notazione logica tradizionale (cioe' di tipo esplicito) la composizione delle rappresentazioni per (a) e (b) sarebbe realizzata componendo
a1 OR a2 con b1 OR b2
e quindi con le quattro distinte composizioni
a1 con b1
a1 con b2
a2 con b1 (che fallisce poiche' l'entrata lessicale "professore" individua due concetti distinti

in a2 (@PROF2) ed in b1 (@PROF1))
a2 con b2 (che fallisce poiche' l'entrata lessicale "professore" individua due concetti distinti in a2 (@PROF2) ed in b2 (@PROF1))
Nella notazione adottata e' possibile ottenere un risultato equivalente

i3:

```
VAR            =(x1 y13 y25 x9)

REPR           = (is-element-of(x1,clx2) and
                  is-property-spec(y13,prx4) and
                  property-val(y13,x1) and
                  is-in-range(y25,adx6) and
                  is-value-of(y25,y13))
                  is-element-of(x9,clx10) and
                  related(x1,x9,relatx11))

BOUNDEDVAR  = (clx2 prx4 adx6 clx10 relatx11)

ALL            = ((@PROF1 @ETA1 @GIOVANE @DIP @INS)
                  (@PROF1 @ETA2 @GIOVANE @DIP @AFF))
```

semplicemente componendo i1 ed i2 . Si noti infine come il tipo di rappresentazione logica fornito permetta un affinamento della rappresentazione mediante una successiva selezione delle interpretazioni semanticamente corrette.
Nell'esempio presentato l'entrata lessicale "professore" e' semanticamente ambigua poiche' individua due distinti concetti del mondo @PROF1 e @PROF2.
Tale ambiguita' rimane nella interpretazione di (a), poiche' sia @PROF1 che @PROF2 sono qualificabili dall'aggettivo "giovane", ma non in quella di (b), dal momento che il vincolo (C2) preclude la possibilita' che @PROF2 sia specificabile dal costituente "di dipartimento".
La composizione delle interpretazioni di (a) e (b) seleziona per l'entrata lessicale "professore" l'intersezione fra i concetti individuati in i1 (e legati alla variabile clx2) ed in i2 (legati alla variabile clx8), imponendo che tali concetti siano specificabili in modo semanticamente corretto sia dall'aggettivo "giovane" che dal costituente "di dipartimento" e portando cosi' a selezionare l'unico concetto @PROF1 per "professore" in (S6) (vedi i3).

CONCLUSIONI E SVILUPPI

Nella presentazione sono stati trascurati alcuni degli importanti fenomeni linguistici su cui i formalismi logici per la rappresentazione della semantica delle espressioni linguistiche sono tradizionalmente chiamati a confrontarsi (quali i contesti opachi ed intensionali, la semantica dei quantificatori, la distinzione fra interpretazione specifica e generica dei referenti). Tale omissione e' da imputare al fatto che tali fenomeni linguistici non sono ancora stati adeguatamente affrontati in tutte le loro implicazioni ma riteniamo comunque che il formalismo proposto garantisca un potere espressivo sufficiente per permettere di trattare e rappresentare

adeguatamente tali aspetti del linguaggio naturale.
Per quanto riguarda la semantica dei quantificatori ed i contesti opachi e intensionali il tipo di rappresentazione verso cui siamo orientati e' ispirato al lavoro di Hobbs (vedi [Hobbs, 85], [Hobbs, 86]) ed alla rappresentazione in forma non logica gia' sviluppata (vedi [Di Eugenio e Lesmo, 87]) ed e' raggiungibile mediante l'introduzione di nuovi opportuni predicati all'interno della rappresentazione.
Riteniamo inoltre importante concentrare l'attenzione anche sulla semantica degli articoli, in quanto questi forniscono, congiuntamente al tempo dei verbi e ad altre informazioni di tipo contestuale, informazioni essenziali per discriminare fra interpretazione specifica (referenziale) e generica e fra identificabilita' e non identificabilita' dei referenti.
La semantica degli articoli e' gia' stata trattata (vedi [Di Eugenio et al, 86], [Di Eugenio e L. Lesmo, 87]) e la rappresentazione ottenuta deve ora essere integrata nel formalismo proposto.

La rappresentazione logica proposta e' parte di FIDO (Flexible Interface for Database Operations), un sistema di Natural Language Understanding sviluppato presso il dipartimento di Informatica di Torino ed implementato in PROLOG e FRANZ LISP sotto il sistema operativo UNIX. Tale sistema gira su workstation SUN.

BIBLIOGRAFIA

[Allwood et al, 77] J. Allwood, L. Andersson, O. Dahl: "Logic in Linguistics",
Cambridge Univ. Press, Cambridge (1977)

[Barwise e Perry, 83] J. Barwise, J. Perry: "Situations and Attitudes",
MIT Press (1983).

[Bruce, 75] B. Bruce: "Case Systems for Natural Language",
Artificial Intelligence 6 (1975), 327-360.

[Di Eugenio et al, 86] B. Di Eugenio, L. Lesmo, P. Pogliano, P. Torasso, F. Urbano:
"A Logical Formalism for the Representation of Determiners", Proc. COLING 86,
Bonn (1986), 344-346.

[Di Eugenio e Lesmo, 87] B. Di Eugenio, L. Lesmo:
"Representation and interpretation of determiners in natural language",
Proc. IJCAI 87,
Milano (1987), 648-654.

[Fillmore, 68] C. Fillmore: "The case for case",
Universals in linguistic theory, Bach and Harms; Holt,
Rinehart and Winston, New York (1968).

[Frege, 52] G. Frege: "Translation from the Philosophical Writings of Gottlob Frege",
Blackwell, Oxford (1952).

[Hirst, 83] G. Hirst: "A foundation for semantic interpretation",
Proc. 2nd Ann. Meet. of the Assoc. for Computational Linguistics,
(1983), 57-63.

[Hobbs, 85] J. Hobbs: "Ontological Promiscuity",
Proc. 23rd Ann. Meet. of the Ass. for Computational Linguistics, (1985), 61-68.

[Hobbs, 86] J. Hobbs: "Discours and Inference",
SRI internal report (draft) (1986).

[Schubert e Pelletier, 82] L. Schubert, F. Pelletier:
"From English to Logic: Context-Free Computation of 'Conventional' Logical Translation",
American Journal of Computational Linguistics 8, number 1,
(1982), 26-43.

[Woods, 78] W. Woods: "Semantics and quantification in natural language question answering",
in Advances in Compiuter 17, M. C. Yovits, Academic Press,
New York (1978).