

1 Introduzione alla semantica lessicale

La semantica lessicale è lo studio dei significati delle parole e delle loro relazioni. In particolare si studia il significato dei singoli elementi lessicali, del perché di questi significati e come possiamo rappresentare le relazioni, quindi come comporre i significati.

1.1 Ontologie

Le ontologie sono da sempre tema di discussione per i filosofi, tuttavia negli ultimi anni anche l'IA e la linguistica computazionale hanno iniziato a ricercare e a lavorare sul concetto di ontologia per rappresentare informazioni e stralci di realtà.

In termini filosofici un'ontologia è definibile come lo studio dell'essere. È importante l'analisi su ciò che è perché è il primo passo dei sistemi di elaborazione del linguaggio.

Dal punto di vista informatico siamo interessati allo sviluppo di una struttura semantica formalizzata e con base logica, che sia interrogabile e comprensibile da sistemi automatici.

Un'ontologia permette di rappresentare la struttura della conoscenza e risultato fondamentale per la condivisione della conoscenza fra persone e agenti, ma anche per il riutilizzo dei dati e dell'informazione stessa.

1.1.1 Perché costruire le ontologie?

Le ontologie sono utili per la condivisione della comprensione delle entità di un certo dominio, ad esempio tra persone e/o software. Le ontologie sono importanti anche per il riutilizzo dei dati e dell'informazioni in modo da non ripartire ogni volta dalla ruota e introdurre degli standard così da agevolare le forme di ragionamento automatico. In ultimo le ontologie permettono di creare comunità di ricercatori.

1.1.2 Impieghi delle ontologie

Ricerca:

- Database design
- Information retrieval and extraction
- Agent-based system design
- Rappresentazione della conoscenza
- Knowledge engineering
- ...

Ambiti applicativi:

- Natural language translation
- Medicina
- Ingegneria meccanica
- ...

1.1.3 Cosa hanno in testa i computer

Consideriamo Siri, Alexa o Cortana. Quanto conoscono bene la realtà? Se chiediamo a Siri cosa pensi di Bardonecchia non otterremo alcuna risposta soddisfacente. Siri non dispone del concetto di Bardonecchia e più in generale non dispone di alcun concetto. Siri è un agente che riesce a portare a termine determinati task, ma non è in grado di ragionare.

1.1.4 Commitment ontologico

Consideriamo il problema del bicchiere di 10cc riempito con 5cc d'acqua. Possiamo descrivere la situazione come:

- Bicchiere mezzo pieno
- Bicchiere mezzo vuoto
- Bicchiere riempito a metà della sua capacità totale
- Il bicchiere contiene 5cc d'acqua

Quanto appena osservato è il problema del **commitment ontologico**: a seconda della descrizione che diamo della realtà è come se indossassimo un paio di occhiali da sole che filtrano alcuni aspetti della realtà e invece ne evidenziano altri.

Tutte le rappresentazioni della realtà sono imperfette ed approssimate, poiché quando si sceglie come rappresentare qualcosa, tralasciamo inevitabilmente alcuni aspetti dell'oggetto che si sta rappresentando.

Il commitment ontologico non è soltanto un effetto collaterale della scelta di una metodologia di rappresentazione, ma è l'essenza della rappresentazione stessa.

1.1.5 Definizione di ontologia

Un'ontologia definisce un insieme di primitive rappresentazionale con le quali modellare un dominio di conoscenza o di discorso. Le primitive rappresentazionali sono **classi** e **relazioni** e le loro definizioni includono informazioni sul loro significato e vincoli su come applicarle in maniera logicamente consistente. Tuttavia questa definizione è troppo generale, in quanto ammette che tutto possa essere considerato un'ontologia.

Possiamo vedere un'ontologia come una esplicita specificazione di concettualizzazioni. Le ontologie sono fondate su concettualizzazioni che sono delle strutture formali che rappresentano pezzi di realtà indipendenti dal vocabolario e dal contesto in cui vengono utilizzate.

Ad esempio diversi termini (mela e apple) che coinvolgono gli stessi oggetti possono avere la stessa concettualizzazione.

Ontologia vs Semantica

È importante non confondere ontologie e semantica. Nell'**ontologia** studiamo cosa c'è; nella **semantica** studiamo come ci si riferisce a cosa c'è. Sebbene differenti sono collegate. Infatti le parole che hanno determinati ruoli semantici ricopriranno determinate componenti all'interno dell'ontologia.

1.1.5.1 Ontologia e basi di conoscenza

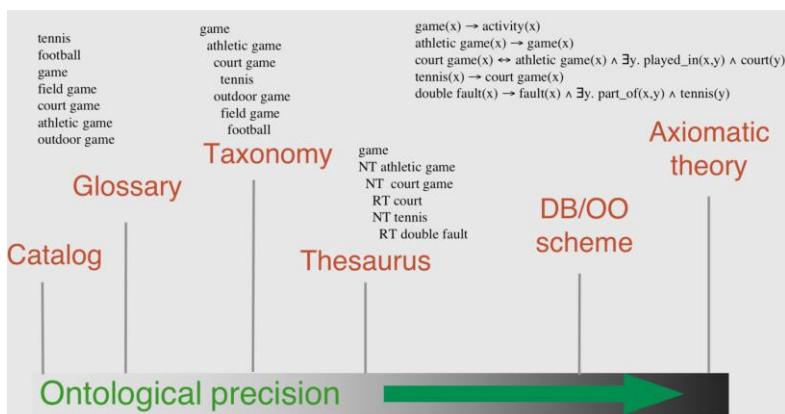
Le basi di conoscenza sfruttano le ontologie per rappresentare porzioni di realtà. Abbiamo due componenti: **A-BOX** e **T-BOX**:

- **A-BOX** (componente terminologica): è costituita dall'ontologia, che è indipendente dagli stati della realtà e mantiene informazioni vere in generale.
- **T-BOX** (componente asserzionale): riflette uno specifico stato della realtà

Gli uccelli volano fa parte della componente terminologica; Tweety vola fa parte della componente asserzionale, poiché un determinato uccello sta volando.

1.1.5.2 Livelli di ontologie

Possiamo costruire diversi tipi di ontologie: più un'ontologia è complessa, tanto più sarà precisa e informativa nel rappresentare la realtà. Nella figura che segue la complessità aumenta da sinistra verso destra e di conseguenza anche la precisione. Si parte dall'insieme di termini senza relazioni fra di loro (**catalogo**) per poi passare alla **tassonomia** che istituisce una relazione gerarchica. Successivamente abbiamo il **thesaurus** che fornisce informazioni semantiche. Infine abbiamo le formule della **logica del primo ordine**. Implementare un approccio che utilizzi la logica del primo ordine è impossibile, in quanto la complessità sarebbe molto elevata.



1.2 Ontologia e lessico

Il lessico è lo strumento mediante il quale rappresentiamo dei concetti.

Fra gli elementi del lessico ci possono essere diverse **relazioni**:

- **Omonimia**: due lessemi con la stessa forma, ma con sensi diversi (significati diversi). Es: pesca (verbo) e pesca (frutto).
- **Polisemia**: stesso lessema con due sensi diversi (significati simili). Es: banca e banca del sangue. Stesso lessema, ma i sensi sono diversi, sebbene correlati.
- **Sinonimia**: due lessemi con forma diversa, ma stesso significato. Es: big e large
- **Iponimia e iperonimia**: due lessemi di cui uno denota una sottoclasse dell'altro. Es: automobile è un **iponimo** (più specifico) di veicolo, mentre veicolo è un **iperonimo** (più generale) di automobile.
- **Meronimia e olonimia**: due lessemi i cui significati sono uno la parte dell'altro. Es: dito è **meronimo** di mano e mano è **olonimo** di dito.
- **Antinomia**: due lessemi con significato opposto: Es. ricco e povero.

Tali relazioni sono utili per costruire un'ontologia, istituendo così delle **relazioni fra concetti**. Ad esempio, la relazione di iponimia è molto simile alla relazione subclass-of, mentre la meronimia è molto simile alla relazione has-part.

Il lessico porta con sé alcune **problematiche** come:

- **Overlapping dei significati**: nelle ontologie le sotto-categorie di una data categoria sono intese come mutuamente esclusive, tuttavia nel lessico esistono sovrapposizioni parziali di significati. La sovrapposizione di significati non rappresenta un problema, in quanto si tratta di una sinonimia, tuttavia l'essere "quasi sinonimi" è difficile da rappresentare
- **Lexical gap**: è la presenza di categorie ontologiche (concetti) non lessicalizzate in un determinato linguaggio (una lingua non li ha). Tali categorie richiedono delle perifrasi per essere descritte nelle lingue in cui è presente il lexical gap. Ad esempio spaghetti, apericena, risvoltinato ecc.

1.3 Ontology design

Ogni oggetto all'interno di un'ontologia può appartenere ad una ed una sola delle seguenti categorie:

- **Entità (endurant)**: oggetti che continuano per un periodo mantenendo la loro identità. Es: cellula, nucleo, ecc.
- **Eventi (perdurant)**: oggetti che accadono, si svolgono o si sviluppano nel tempo. Es: replicazione DNA, mitosi, divisione della cellula.

1.4 Relazione subclass-of

Se una classe A è sottoclasse di una classe B, tutti i valori dei componenti di B sono ereditati dalle istanze di A. Quando parliamo di evento le cose diventano più complicate. Ad esempio, considerando l'evento giornata, possiamo dire che sveglia, lavoro, tennis, casa e sonno sono sue sottoclassi? No.

Per valutare se due entità sono in relazione di sottoclasse utilizziamo la nozione di **identity criteria**: a seconda di come identifichiamo le due classi possiamo vedere se una è sottoclasse dell'altra.

Ad esempio, giorno può essere considerata come entità **time-duration**, l'identity criteria potrebbe essere la lunghezza dell'evento. Sveglia, lavoro, tennis, casa sonno possono essere considerati come **time-interval** e come identity criteria possiamo stabilire: stesso inizio e stessa fine.

Visto che gli identity criteria sono diversi, le due classi non sono in relazione subclass-of.

1.5 Relazione part-of

Tale relazione può avere diverse sfumature:

- **Componente:** la maniglia come elemento della porta
- **Ingrediente:** farina nel pane
- **Porzione:** fetta di pane
- **Area:** una città in una regione
- **Membro:** una nave della flotta
- **Partnet:** Hennessy di Hennessy & Patterson
- **Pezzo:** la maniglia, staccata dalla porta

1.6 Ontologie fondazionali

Le ontologie trattano concetti. A seconda degli oggetti rappresentati possiamo definire un'ontologia fondazionale o meno. Ad esempio, un'ontologia che categorizza le verdure sarà un'ontologia di dominio botanico, mentre un'ontologia che cerca di rappresentare il concetto di tempo, spazio e materia sarà un'ontologia fondazione (di base).

1.6.1 DOLCE (Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering)

DOLCE distingue tra *endurants* (entità) e *perdurants* (eventi), inoltre specifica *quality* e *abstract* al pari di eventi ed entità. I concetti di *endurant* e *perdurant* sono definiti come segue:

- **Endurants (entità):** esistono nel tempo, possono cambiare naturalmente nel tempo, possono essere costituiti da parti non essenziali e tutte le parti essenziali che li compongono sono sempre presenti e non decadono
- **Perdurants (eventi):** accadono in una finestra temporale, non cambiano nel tempo, ogni parte è essenziale, ma non è detto che tutte le parti essenziali siano presenti.

In DOLCE la relazione tra *endurants* e *perdurants* è quella di **partecipazione**. Ad esempio una persona (*endurant*) può partecipare ad una discussione (*perdurant*).

1.6.1.1 DOLCE *multiplicative approach*

Una caratteristica di DOLCE è il *multiplicative approach*. In pratica diverse entità possono essere co-localizzate nello stesso spazio tempo. Assumiamo che tali entità siano differenti poiché sono costituite da proprietà essenziali incompatibili fra loro.

DOLCE utilizza questo approccio in quanto assume che differenti entità possono essere co-localizzate nello stesso spazio-tempo. Ad esempio un **edificio** e l'insieme di **materia** che lo costituisce viene catturato in DOLCE come due entità distinte e non come aspetti differenti della stessa entità. La ragione sta nel fatto che le due entità condividono diversi set di proprietà: ad esempio, l'edificio smette di esistere dopo un terremoto, la materia invece no.

Un esempio è costituito dal vaso e dall'argilla: quando l'argilla smette di essere tale e diventa vaso? Potremmo utilizzare la caratteristica "può cambiare forma", infatti la creta gode di questa proprietà, mentre il vaso no. Diciamo che il vaso è **costituito** da un ammontare di argilla, ma non è un ammontare di argilla.

1.6.1.2 DOLCE *qualities e quality regions*

DOLCE propone anche una distinzione tra **qualità** e **proprietà**. Le **qualità** sono entità di base che possiamo percepire o misurare e sono attribuite alle singole istanze, ad esempio, il colore specifico di una rosa. Le **proprietà** sono universali, ad esempio, una certa tonalità di rosso. In pratica si pone una forte distinzione fra una qualità e il suo valore.

2 Knowledge Representation

La KR studia i formalismi adatti a rappresentare le conoscenze necessarie ai programmi di IA. Un sistema di rappresentazione della conoscenza deve consistere di un **linguaggio di rappresentazione** e un **insieme di regole**. Il **linguaggio di rappresentazione** è un insieme di strutture sintattiche che permettono di codificare le informazioni da rappresentare in modo che siano implementabili in programmi. L'**insieme di regole** permette di manipolare le strutture sintattiche in accordo col loro significato. L'applicazione delle regole deve portare alle inferenze desiderate e le regole devono poter essere formulate come procedure effettive.

Per la rappresentazione della conoscenza è possibile utilizzare formule logiche: ogni formula rappresenta una proposizione indipendente. Tuttavia non è possibile collegare le varie formule. La logica costituisce un linguaggio di rappresentazione che necessita di ulteriori meccanismi computazionali.

Esistono **formalismi** che permettono di aggregare conoscenze elementari in strutture più complesse per rappresentare il dominio in cui opera il sistema.

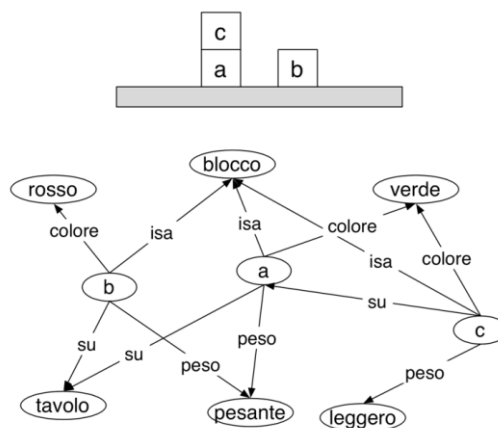
L'accesso a tali strutture permette il recupero delle conoscenze relative ad un oggetto in maniera diretta. In questo modo, ragionamenti che richiederebbero l'uso esplicito di regole di inferenza – quindi inefficienti – sono semplificati dall'utilizzo dei meccanismi della struttura adottata.

2.1 Reti semantiche

Questo tipo di struttura nasce dai primi progetti di traduzione automatica ed è utilizzata in applicazioni per l'**elaborazione automatica del linguaggio naturale**. Le reti semantiche sono dei grafi in cui i nodi rappresentano i **concetti** e gli archi le **relazioni** fra concetti o **proprietà** dei concetti stessi.

2.1.1 Grafi relazionali

Le più semplici reti semantiche sono dei **grafi relazionali** che permettono di descrivere le relazioni fra diverse entità del grafo stesso. Ad esempio, un grafo relazionale può essere utilizzato per descrivere uno stato del mondo dei blocchi. Il grafo è composto da diversi nodi, ciascuno dei quali rappresenta una data entità. I nodi sono collegati tramite archi etichettati con la relazione che intercorre tra i nodi collegati. Una relazione importante è la relazione **isA** che serve a chiarire il tipo di concetto che un nodo rappresenta.



I grafi relazionali implementano un sottoinsieme del calcolo dei predicati del primo ordine: gli archi corrispondono ai predicati e i nodi corrispondono ai termini.

2.1.1.1 Limiti dei GR

I grafi relazionali soffrono di alcune **limitazioni in fatto di efficacia espressiva** poiché rappresentano implicitamente solo l'idea della **coniunzione**, infatti assumiamo che tutte le relazioni presenti nel grafo sono messe fra loro in congiunzione.

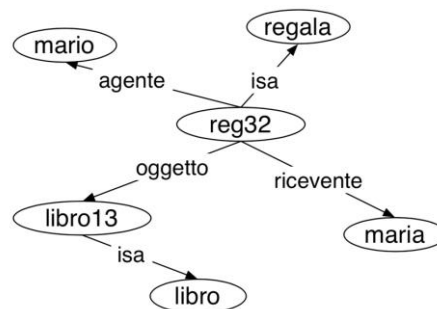
Rappresentare la **disgiunzione** e l'**implicazione** risulta più complesso. Ad esempio è più difficile asserire "il blocco b è verde OR rosso" o "SE è leggero ALLORA è verde".

Un altro problema è la **quantificazione**: il quantificatore **esistenziale** è implicitamente rappresentato dall'esistenza di determinati nodi ed archi, tuttavia la quantificazione universale è più difficile da rappresentare. Es: tutti i ragazzi amano qualche ragazza.

Inoltre l'**arietà** a causa della struttura del grafo è limitata a 2, mentre nei predicati logici non c'è limite di arietà. Ad esempio vorremo poter esprimere il concetto "Mario regala un libro a Maria", nel calcolo dei predicati potremmo utilizzare regala(mario, libro, mario). La soluzione a questo problema consiste nel tradurre tutte le relazioni con arietà superiore a 2 in relazioni binarie. Per farlo bisogna creare un nuovo nodo che rappresenti l'azione "Mario regala un libro a Maria". Questa trasformazione accresce la granularità dell'informazione e richiede l'introduzione di nodi per rappresentare oggetti e insiemi di situazioni e azioni.

Esempio

Il predicato con arietà > 2 viene scomposto in un insieme di relazioni binarie: una che chiarisce il **tipo di predicato** (isA), una per il **ruolo** e altre per le **funzioni degli argomenti**. Il GR esprime l'azione in cui Mario regala un libro a Maria viene denotata come reg32 ed è distinta da un'altra istanza come ad esempio reg56 per dire che Paolo regala una biro a Paola. Inoltre nella formula logica la semantica che legava i termini era implicita in base all'ordine delle parole: Mario era primo perché agente, libro secondo perché oggetto e Maria terza perché ricevente.

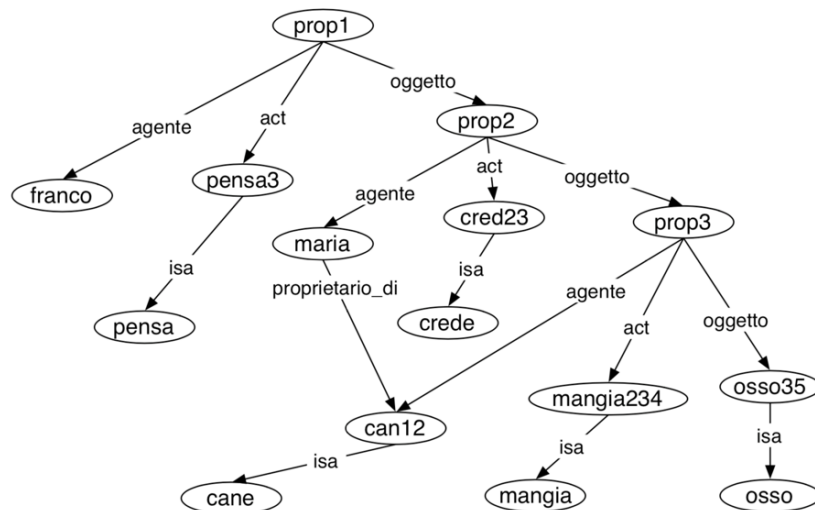


Aumentando la granularità (livello di dettaglio) si aumenta l'espressività della rappresentazione utilizzata. È sempre possibile tradurre delle espressioni ad elevata granularità in formule del **calcolo dei predicati**, tuttavia le asserzioni così ottenute perdono di significatività, in quanto le nuove formule che introduciamo per descrivere predicati n-ari sono relazioni di carattere generale (agente, oggetto, ecc.) adatte per un numero indefinito di identità, mentre i predicati di partenza erano legati ad un dominio e quindi erano più significativi e specifici.

Anche se dal punto di vista formale le due rappresentazioni sono isomorfe (dicono la stessa cosa) da un punto di vista psicologico le due rappresentazioni mettono in evidenza aspetti differenti della stessa situazione.

2.1.2 Reti proposizionali

Tramite i GR risulta difficile rappresentare la frase "Franco pensa che Maria creda che il suo cane stia mangiando un osso". Ricorriamo alle reti proposizionali, che sono strutture più complesse in grado di rappresentare intere proposizioni. L'introduzione di nodi proposizionali ha portato alla generazione di tipi impliciti. Ad esempio "pensa3" è di tipo isA. Il nodo **prop1** indica che Franco pensa qualcosa. Il nodo **prop2** indica l'oggetto del pensiero di Franco. In prop2 si dice che Maria crede a qualcosa, questa credenza è **prop3**. Un'ultima asserzione stabilisce che Maria è proprietario di can12.

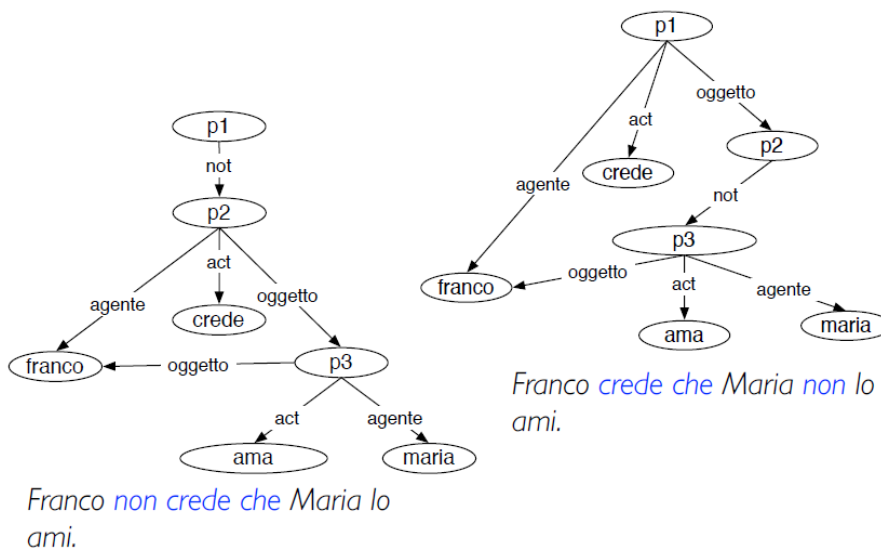


La possibilità di avere nodi proporzionali aumenta l'espressività del linguaggio. Infatti è possibile introdurre i connettivi logici e dei contesti all'interno dei quali far operare i quantificatori. Sono stati proposti sistemi che hanno esteso le reti proposizionali in modo da rappresentare tutto ciò che è esprimibile tramite il calcolo dei predicati del primo ordine.

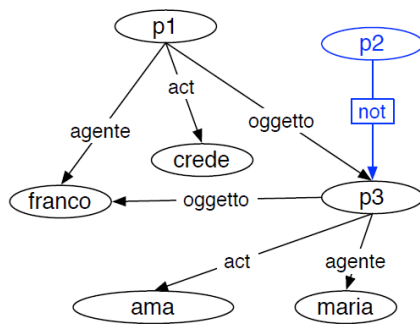
2.1.2.1 Negazione

La negazione può essere rappresentata tramite un arco che collega il risultato della negazione con la proposizione negata.

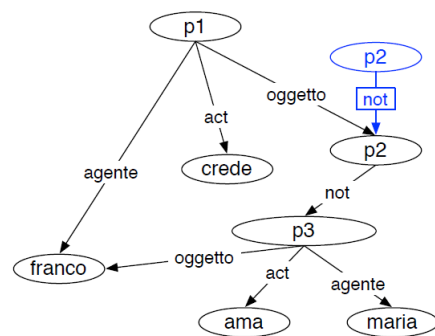
Un'espressione come p_x -NOT-> p_y indica che il nodo p_x rappresenta la negazione della proposizione p_y . In questo modo è possibile rappresentare idee articolate e distinguere, ad esempio, fra la negazione di un'intera proposizione top level (Franco non crede che Maria lo ami) e la negazione di una proposizione innestata all'interno di un'altra proposizione (Franco crede che Maria non lo ami).



Altri esempi di negazione sono i seguenti:



Franco crede che Maria lo ami, ma non è vero.



Franco crede che Maria non lo ami, ma non è vero.

2.1.2.2 Disgiunzione

La congiunzione è implicita nella rappresentazione della rete e abbiamo la negazione. In questo modo possiamo rappresentare la **disgiunzione**. Per rappresentare $A \vee B$ tramite DeMorgan è possibile utilizzare l'espressione $\neg (\neg A \wedge \neg B)$.

Esempio

A v B: Franco ama Maria o Franco ama Barbabara

$\neg (\neg A \wedge \neg B)$: Non è vero che Franco non ama Maria e che Franco non ama Barbara.

L'introduzione della disgiunzione rende la lettura della rete più complessa ad un umano, tuttavia non è un problema perché la rete sarà interpretata da una macchina.

È anche possibile rappresentare i quantificatori e il loro annidamento rendendo la rete più complessa.

La scelta fra l'utilizzo della logica e delle reti semantiche come linguaggio di rappresentazione della conoscenza non è risolvibile in termini di potere espressivo, ma in base ai seguenti criteri:

- Leggibilità della rappresentazione
- Flessibilità
- Efficienza
- Facilità con cui idee e concetti possono essere espressi

2.1.2.3 Rappresentazione di conoscenze gerarchiche

Una caratteristica importante è la rappresentazione di conoscenze **gerarchiche**.

Molte delle nostre conoscenze sono organizzate gerarchicamente, infatti molte entità possono essere raggruppate in classi, che a loro volta possono essere raggruppate in superclassi di ordine sempre più elevato.

Le gerarchie non si limitano agli oggetti, ma possono comprendere anche le azioni - ad esempio marciare è un modo di camminare - eventi, stati e proprietà.

L'uso delle classi permette di utilizzare le gerarchie per raggruppare concetti invece di effettuare una ricerca in uno spazio degli stati piatto.

Esempio

Vogliamo rappresentare che gli elefanti sono mammiferi. Si utilizza un nodo per gli elefanti e uno per i mammiferi, collegati da un arco con una relazione isA. Se volessimo esprimere il fatto che Clyde è un elefante, basta aggiungere il nodo Clyde e collegarlo mediante una relazione isA al nodo che rappresenta gli elefanti.



Con tale struttura è possibile inferire che Clyde è un mammifero seguendo gli archi isA, senza l'utilizzo di regole di inferenza. isA è una relazione **transitiva**.

2.1.2.4 Gestione di gerarchie fra più livelli

isA è transitiva. Se volessimo rappresentare centinaia di asserzioni del tipo gli X sono Y tramite una rete semantica dovremmo capire quali conoscenze devono essere rappresentate esplicitamente e quali possono essere dedotte. Abbiamo due modi di risolvere il problema: utilizzando una **relazione di copertura** o una **chiusura transitiva**.

Relazione di copertura

Si rappresentano solo i legami essenziali. La rete conterrà i legami isA che connettono ciascun nodo con la classe immediatamente **superordinata**, evitando di rappresentare i legami che possono essere inferiti navigando il grafo attraverso uno o più archi.

Il vantaggio di questo approccio è un **utilizzo efficiente della memoria** - in quanto rappresentiamo un numero limitato di archi – e un **utilizzo efficiente del tempo**, in quanto per stabilire se un nodo X isA Y basta cercare il cammino tra X e Y.

Chiusura transitiva

Si rappresentano esplicitamente tutti i possibili legami isA fra i vari nodi della rete in modo da rappresentare la chiusura transitiva della relazione.

Il vantaggio di questo approccio è un **utilizzo efficiente del tempo**, poiché per stabilire se una relazione isA vale fra due nodi è necessario percorrere un cammino che ha sempre lunghezza uno. Tuttavia si ha un **utilizzo inefficiente della memoria** unito alla difficoltà di mantenere la base di conoscenza.

Compromesso

Solitamente si adotta un compromesso tra i due approcci. In particolare, si sceglie la rappresentazione sulla relazione di copertura alla quale vengono aggiunti archi scorciatoia per connettere i nodi più frequentemente chiamati in causa nei processi inferenziali.

Considerando l'esempio dell'elefante, invece di inferire che Clyde è un animale tramite la catena: isA elefante isA mammifero isA vertebrato isA animale, possiamo costruire direttamente un arco che colleghi Clyde con animale.

2.1.2.5 Eredità delle proprietà

Il principale vantaggio delle reti semantiche è il meccanismo di **eredità** delle proprietà.

Le proprietà dei nodi di livello superiore della gerarchia valgono anche per i nodi del livello inferiore. Se la rete rappresenta diverse proprietà isA è un albero e non un grafo, cioè ha al più un unico concetto superordinato, in questo modo è semplice stabilire se un concetto X gode di una certa proprietà p. Infatti per stabilire se p(X) è vero si considerano gli antenati di X per vedere se per qualcuno vale p. La ricerca di questo cammino è più efficiente di qualsiasi processo di deduzione tramite regole di inferenza.

Vantaggi eredità

Il vantaggio di avere una base di conoscenza fondata su una rappresentazione gerarchica e sul meccanismo dell'eredità è l'**economia di rappresentazione**. Invece di replicare una proprietà per tutti i nodi che la condividono, la proprietà viene asserita una sola volta a livello del nodo più in alto nella gerarchia e viene ereditata dai nodi sottostanti. In questo modo si semplifica anche la **manutenzione** della base di conoscenza: una modifica di qualche proprietà della rete è effettuabile in una singola operazione. Tale modifica viene propagata a tutti gli altri nodi della rete grazie al meccanismo di eredità.

2.1.2.6 Eccezioni

Il mondo è pieno di eccezioni. Ad esempio gli uccelli generalmente volano, ma alcuni di questi non volano.

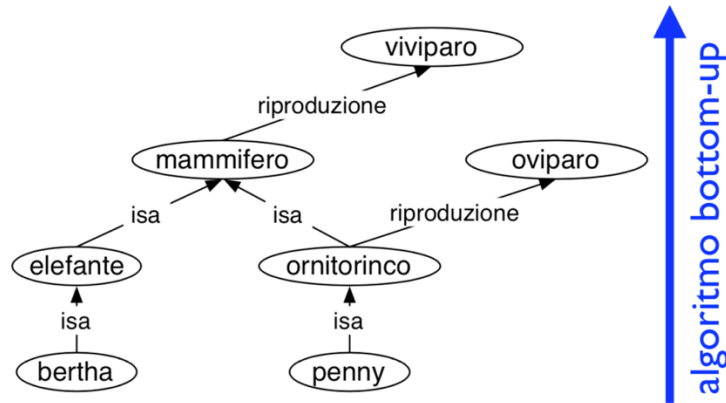
Il trattamento delle eccezioni nelle reti semantiche è effettuato utilizzando un approccio procedurale assumendo la presenza di un **comportamento di default**. Ad esempio, sapendo che un certo animale è un uccello ci aspettiamo che questo voli, a meno che non venga esplicitato il fatto che sia un pinguino o uno struzzo.

La rappresentazione di conoscenze valide per default, cioè fino a prova contraria, è un problema gestibile con le reti semantiche.

Esempio

I mammiferi generalmente partoriscono i loro figli, ma l'ornitorinco depone le uova.

Le eccezioni vengono memorizzate in corrispondenza dei nodi a cui si riferiscono. Poiché l'algoritmo di eredità delle proprietà lavora risalendo la gerarchia isA in maniera bottom-up e si ferma appena trova un valore per la proprietà ricercata, permette di ottenere il valore associato al caso eccezionale prima di giungere a quello valido per default.



2.1.2.7 Eredità multipla

Se una classe ha più di una classe superordinata, ad esempio $X \text{ isA } Y$, $X \text{ isA } Z$ e $Z \neq Y$ il processo di eredità diventa più complesso.

La rete semantica si trasforma da albero in grafo (gerarchia tangled) generando diversi problemi.

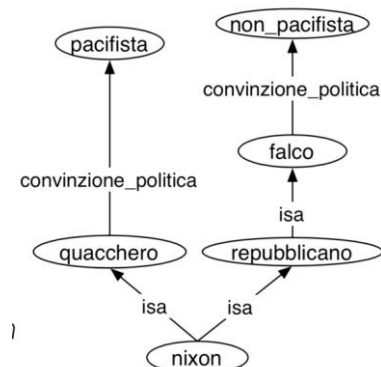
La presenza di eredità multipla ha importanti conseguenze sull'efficienza dell'algoritmo di ricerca e sui risultati ottenuti nella fase di ricerca. Infatti il tempo di ricerca passa da lineare (alberi) a esponenziale (grafi) che risulta essere peggio della ricerca nello spazio degli stati poiché **non esistono euristiche**.

Inoltre se abbiamo un **conflitto di valori** non è possibile stabilire un criterio risolutivo di carattere generale, in quanto dipende dall'algoritmo di ricerca utilizzato.

Esempio

Nixon è sia repubblicano che quacchero. Nixon è pacifista o no? Un algoritmo che restituisce tutti i valori direbbe che è sia pacifista che non pacifista, il risultato è inconsistente.

Un algoritmo di ricerca in profondità restituirebbe un valore unico a seconda di come vengono scanditi i nodi figli di Nixon; una ricerca in ampiezza deciderebbe che Nixon è pacifista perché è il cammino più corto.



Una possibile soluzione è considerare la rete stessa come ambigua, quindi potenzialmente in grado di esprimere due interpretazioni. Ciascuna delle due interpretazioni in sé è consistente, le due diventano inconsistenti se considerate insieme. In questo caso parliamo di **dissonanza cognitiva**: in quanto quacchero, Nixon è pacifista, mentre in quanto repubblicano non lo è. La risposta su cosa sia Nixon dipende da quale aspetto giudichiamo prevalente.

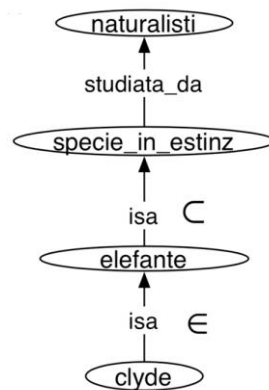
2.1.2.8 Problema: appartenenza e inclusione

Il problema è rappresentare proprietà vere per la classe, ma non per i membri individualmente.

Consideriamo tre frasi:

- Gli elefanti sono una specie in via di estinzione
- Le specie in via di estinzione sono studiate con interesse dai naturalisti
- Clyde è un elefante

La rete semantica corrispondente è la seguente:



Dalla rete possiamo dedurre che l'elefante Clyde è una specie in estinzione e quindi Clyde è studiato con interesse dai naturalisti. Clyde è un singolo individuo della specie. I naturalisti sono interessati alla specie, non al singolo.

Il problema è che non esiste distinzione fra nodi che rappresentano **individui** e nodi che rappresentano **classi** o **insiemi di individui**. Il legame isA è utilizzato per denotare sia la relazione di appartenenza di un elemento ad un insieme, sia di inclusione di un insieme in un altro insieme.

Inoltre non esiste modo per distinguere fra proprietà vere per tutti gli individui appartenenti ad una determinata classe e proprietà vere della classe in quanto tale (interesse dei naturalisti per la classe, ma non per i suoi membri)

I problemi elencati sono tutti causati dall'**assenza di una semantica formale**. In pratica manca un insieme di convenzioni universalmente accettato su ciò che la rete rappresenta. Il significato di una rete dipende dagli strumenti utilizzati per analizzarla, il che rende impossibile separare la semantica della rete da suo uso.

2.2 Frame

Rappresenta un formalismo per la rappresentazione della conoscenza.

È una struttura che presenta somiglianze con le reti semantiche e si basa su un'idea di Minsky, secondo la quale le persone utilizzano un **insieme strutturato di conoscenze per interpretare le diverse situazioni** che si trovano a dover affrontare.

Secondo Minsky, di fronte alle situazioni in cui ci si imbatte non si parte da zero, ma si recupera dalla memoria una **rappresentazione a carattere generale** (frame) che viene poi raffinata e modificata per adattarla alla situazione corrente.

Struttura stereotipata

Un frame è una struttura che rappresenta le conoscenze di carattere genale che ha un individuo riguardo situazioni, luoghi, oggetti, personaggi stereotipati. Un frame fornisce una **cornice concettuale all'interno della quale i nuovi dati vengono interpretati alla luce delle conoscenze derivate dall'esperienza precedente**.

Esempio

Sedendoci per la prima volta in un nuovo ristorante non ci sentiamo spaesati: ci aspettiamo di vedere tavoli, il cameriere che prende le ordinazioni ecc. Tutto l'insieme di conoscenze utilizzate per affrontare la nuova situazione costituisce il frame di quella situazione.

Aspettative

L'utilizzo dei frame permette ad un sistema di formulare previsioni ed avere delle aspettative, il che aiuta nel processo di interpretazione delle situazioni ambigue.

Ad esempio, un oggetto metallico con le impugnature divaricate, seppur coperto da tovagliolo, verrebbe riconosciuto come uno schiaccianoci. Se ci troviamo in un'officina meccanica l'oggetto coperto con le stesse impugnature potrebbe essere una pinza.

I frame permettono di organizzare le conoscenze relative ad un certo dominio in modo da facilitare il reperimento delle informazioni e i processi inferenziali necessari per agire in modo intelligente.

Utilità di un frame

Consideriamo due script:

- A. Giacomo andò al ristorante. Chiese al cameriere una bistecca con patatine. Pagò il conto e uscì.
- B. Giacomo andò al parco. Chiese al nano un topolino. Prese la scatola e se ne andò. (Giacomo era drogato)

Le due frasi hanno la stessa struttura sintattica e complessità semantica, ma sono molto differenti. La frase A ha un senso compiuto perché per comprenderla il nostro cervello accede a una struttura di conoscenza di alto livello (frame) che integra e organizza le frasi e ci fornisce una serie di elementi per riconoscere la situazione.

2.2.1 Frame e rappresentazione della conoscenza

I frame rappresentano la conoscenza in modo dichiarativo, ma **privo di semantica formale**. Bisogna quindi presupporre l'esistenza di procedure in grado di utilizzare le informazioni in essi contenute. La ricerca sui frame riguarda ha preso due direzioni: la prima riguarda l'approfondimento degli aspetti teorici dei frame; la seconda lo sviluppo di linguaggi in grado di implementare in maniera efficiente le strutture di questo tipo.

2.2.2 Concetti di base e livelli gerarchici

Secondo Rosch (1975) le persone organizzano i loro concetti in tre livelli gerarchici:

- Livello di base
- Livello superordinato
- Livello subordinato

Ad esempio, sedia potrebbe essere un concetto di base, mobile il concetto superordinato e sedia a dondolo il concetto subordinato.

I **concetti di base costituiscono il modo naturale di categorizzare gli oggetti** e le entità di cui è formato il nostro mondo e sono le prime categorie che gli essere umani apprendono: prima si impara cos'è una sedia, poi la categoria a cui appartiene (mobile).

I concetti superordinati sono una generalizzazione delle categorie di base. I concetti subordinati sono invece una specializzazione delle categorie di base.

2.2.3 Prototipi

Un'altra caratteristica dei frame è che l'**appartenenza categoriale** non viene caratterizzata tramite un elenco di attributi necessari e sufficienti, **ma nei termini di una maggiore o minore somiglianza rispetto a membri tipici della categoria, detti prototipi**. Ad esempio un passero è un più affine alla categoria uccello rispetto all'airone, che a sua volta è più affine dello struzzo.

I sistemi a frame permettono di ragionare intorno a classi di oggetti utilizzando delle rappresentazioni prototipiche che devono essere adattate e modificate per tener conto della complessità del mondo.

Differenza tra ontologie e sistemi a frame

- **Ontologie:** dispongono di una conoscenza ritenuta esatta
- **Frame:** mantengono delle approssimazioni della realtà a cui fare riferimento. Ciò significa che nella nostra ricerca non vogliamo un match esatto, ma vogliamo trovare il frame che minimizza la distanza tra la realtà osservata e quella mantenuta dal sistema a frame.

I sistemi a frame organizzano le conoscenze in **strutture gerarchiche** i cui elementi sono collegati fra loro da espressione si tipo isA o ako (a kind of) che consentono la trasmissione ereditaria delle proprietà.

Le proprietà dei frame ad alto livello restano fisse – rappresentando fatti veri per la classe – mentre i livelli più bassi – sottoclassi o istanze individuali – possono essere contraddistinti da proprietà specifiche, anche in contrasto con quelle delle superclassi, permettendo di implementare le **eccezioni**.

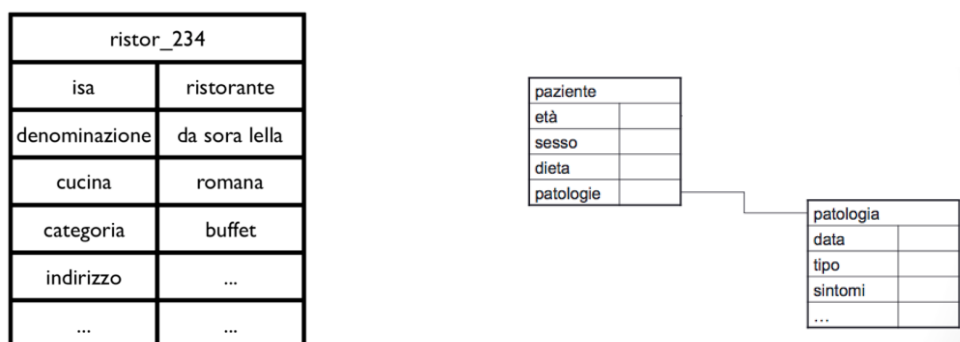
2.2.4 Struttura di un frame

Ogni frame ha un nome che identifica univocamente l'oggetto che esso rappresenta.

Le caratteristiche degli oggetti sono rappresentate mediante un insieme di **slot**. Uno **slot** è una casella in cui viene inserita un'informazione. I valori degli slot possono essere noti o meno. Se non si conosce il valore esatto di uno slot è possibile fare delle supposizioni in mancanza di informazioni più specifiche o fino a prova contraria, in pratica si utilizzano i **valori di default**.

Esempio

Consideriamo un frame per un ristorante. Tale frame (sx) ha slot relativi a: categoria, indirizzo, giorni di chiusura, stelle... Ogni slot può avere come valore delle strutture complesse, ad esempio un altro frame. In questi casi il valore sarà il riferimento al frame (dx).



2.2.5 Eredità multipla

Alcuni sistemi di frame ammettono la possibilità di avere eredità multipla e quindi possibili conflitti tra valori ereditati. I vari sistemi si differenziano per il modo in cui viene gestito il meccanismo dell'eredità. I più flessibili permettono di scegliere la strategia di ricerca (profondità vs ampiezza), di limitare il numero di livelli entro i quali cercare il valore desiderato, di definire un frame universale che va consultato sempre e comunque ecc.

2.2.6 Componente procedurale

Oltre alla parte dichiarativa, intesa come la descrizione degli slot di ogni frame e le relazioni tra questi ultimi, i frame possono avere anche una parte **procedurale**.

In pratica è possibile associare ai vari slot delle procedure in modo da rendere la computazione più efficiente. Eredità e valori di default rappresentano metodi semplici per determinare i valori di uno slot. Tali metodi possono essere integrati da conoscenze specifiche sul dominio e da euristiche particolari.

Le procedure più utilizzate sono **if needed** e **if added**.

Le **procedure if needed** codificano metodi ad-hoc per il calcolo del valore di uno slot quando richiesto dal processo di elaborazione in corso.

Le **procedure if added** rimangono silenti finché non si tenta di riempire con qualche valore lo slot a cui sono associate. Ad esempio, tramite if added si potrebbe verificare che l'età assegnata manualmente allo slot sia effettivamente la differenza tra anno corrente e anno di nascita.

2.3 Knowledge based system

I sistemi di questo tipo sono composti da una **base di conoscenza** e un **motore inferenziale**.

La base di conoscenza raccoglie un insieme di enunciati che descrivono il mondo e che sono specifici del dominio. Ad esempio il mondo può essere descritto con la FoL.

Il motore inferenziale è rappresentato da un insieme di procedure che lavorano sul linguaggio di rappresentazione e sono in grado di inferire nuovi fatti o di rispondere a interrogazioni sulla base di conoscenza.

Esempi di sistemi di ragionamento automatico sono:

- **Theorem prover**
- **Frame**
- Sistemi a regole (KB in clausole di Horn).

La cosa interessante è che a fronte di un pezzo di mondo che si vuole rappresentare, ci sono tante parti di informazione che possono essere esplicitate o restare implicite, agevolando più o meno l'inferenza.

Ad esempio se volessimo rappresentare che una rosa è rossa potremmo scrivere `red(rose)` e rispondere alla domanda "cosa è rosso?" ma non potremmo rispondere all'interrogazione "qual è il colore di rose?".

Potremmo quindi usare `color(rose, red)` e possiamo rispondere alle due domande precedenti, ma non potremmo rispondere alla domanda "quale proprietà della rosa è rossa?"

Potremmo allora usare `prop(rose, red, color)` e in questo modo siamo in grado di rispondere alle tre domande precedenti.

In pratica abbiamo diversi modi per rappresentare l'informazione.

2.4 Rappresentazione ad oggetti

In questa rappresentazione le proprietà vengono raccolte in un unico oggetto. Ciò ha portato alla nascita del paradigma OOP. Unendo le proprietà degli oggetti dello stesso tipo in una struttura otteniamo la seguente rappresentazione:

<i>Prop(Object, Property1, Value-1)</i>	Object
<i>Prop(Object, Property2, Value-2)</i>	
...	
<i>Prop(Object, Propertyn, Value-n)</i>	
	<i>Property 1</i>
	<i>Property 2</i>
	...
	<i>Property n</i>

Gli oggetti permettono di organizzare la conoscenza relativa a **oggetti fisici** – ad esempio un tavolo ha un materiale, delle gambe, lunghezza, altezza, ecc. – e **situazioni** – ad esempio un corso che ha una stanza, partecipanti ecc. Possono anche esserci delle varianti, ad esempio un tavolo senza cassetti.

Grazie agli oggetti è possibile **raggruppare le procedure** per determinare le proprietà degli oggetti, le loro parti e le possibili interazioni tra le parti.

2.4.1 Teorie e approcci

2.4.1.1 Ontologie – Teoria classica

Più recente è l'approccio ad **ontologie**. Le ontologie sono molto antiche, ma ancora oggi sono alla base del ragionamento automatico.

In informatica rappresentano una concettualizzazione del mondo che specifica relazioni gerarchiche tra classi e concetti.

Un'ontologia formale specifica un **insieme di vincoli** che ad esempio specificano che un cane senza la cosa non può essere considerato un cane.

2.4.1.2 Altre teorie

Altre teorie sono la **teoria dei prototipi, degli esemplari e della teoria:**

- **Teoria dei prototipi:** stabilisce l'appartenenza di un oggetto ad una categoria in base al confronto (tramite distanza) con altri elementi. Gli oggetti tipici sono simili ad un prototipo, come ad esempio una sedia.
- **Teoria degli esemplari:** la rappresentazione mentale di un concetto è la rappresentazione di qualche esempio della categoria a cui appartiene il concetto, che incontriamo durante la nostra vita.
- **Teoria della teoria:** i concetti sono parte di quello che dobbiamo comprendere del mondo

2.4.1.3 Dual process theory

L'obiettivo è combinare l'approccio a ontologie con quello a prototipi/esemplari. La **dual process theory** è una teoria psicologica che stabilisce una nuova divisione nei processi cognitivi:

- **System 1:** relativo a ciò che è implicito i meccanismi che scattano istintivamente. Si basa su una categorizzazione non monotona e utilizza la conoscenza comune
- **System 2:** relativo a ciò che è esplicito e a tutti i meccanismi lenti, sequenziali, deliberativi. Si basa su una categorizzazione monotona, basata su processi lenti, sequenziali, deliberativi

System 1 (Implicit)	System 2 (Explicit)
Unconscious	Conscious
Automatic	Controllable
Evolved early	Evolved late
Language Independent	Related to Language
Parallel, Fast	Sequential, Slow
Pragmatic/contextualized	Logical/Abstract

È possibile costruire sistemi che uniscano System 1 e System 2 in modo che si completino a vicenda.

3 WordNet

Nel 1985 un gruppo di ricercatori di Princeton sviluppa un SW che doveva fornire assistenza nella ricerca di dizionari in modo concettuale, cioè in base ai concetti e non in ordine alfabetico.

WordNet è un dizionario online il cui design è ispirato da teorie psicolinguistiche relative a come gli umani memorizzano il lessico. È una risorsa inglese divisa in sezione a seconda delle parole trattate (nome, verbi, aggettivi).

Viene utilizzato per cercare una parola e, mediante il suo significato, ragionare sui collegamenti fra il significato della parole in input e altre parole della lingue.

Ogni sezione è organizzata in **synset**, che sono gruppi di termini lessicali che rappresentano lo stesso concetto. Il principio su cui si fonda WordNet è la **sinonimia**. Fra i synset sono istituite particolari relazioni.

La principale differenza tra WordNet e un comune dizionario è che il lessico è diviso in 4 categorie:

- **Nomi**
- **Verbi**
- Aggettivi
- Avverbi

WordNet organizza le informazioni lessicali in base al **significato delle parole**. I **nomi** sono organizzati tramite delle gerarchie. I **verbi** sono organizzati in base alle relazioni che hanno. **Avverbi** e **aggettivi** sono organizzati come degli iperspazi n-dimensionali.

Ogni struttura lessicale riflette un modo diverso di categorizzare l'esperienza (vanno utilizzate relazioni differenti). Avere una serie di relazioni sfruttate da nomi, verbi, aggettivi e avverbi risulterebbe in una descrizione povera ed imprecisa della complessità del lessico.

WordNet è **annotata manualmente** e non automaticamente generata.

WordNet non è un dizionario. Un dizionario standard non può ricercare significati in quanto i termini sono organizzati in ordine lessicografico; noi vogliamo organizzare il lessico in gruppi di significati in modo da ottenere da un certo termine il suo significato e dal suo significato tutti i significati correlati (complesso da realizzare con un dizionario).

3.1 Lexical matrix

Un concetto è composto da una veste lessicale e da un significato. Il nostro obiettivo è di ottenere, per ogni significato, la lista di vesti lessicali che quel significato può assumere, quindi la lista di parole della lingua inglese che hanno quel significato. Ciò si può rappresentare tramite una **lexical matrix**.

Word Meanings	Word Forms				
	F ₁	F ₂	F ₃	. . .	F _n
M ₁	E _{1,1}	E _{1,2}			
M ₂		E _{2,2}			
M ₃			E _{3,3}		
⋮				⋮	
M _m					E _{m,n}

Le forme delle parole (lessico) sono memorizzate nell'intestazione per colonna; il significato è memorizzato per riga. Un'entry della matrice implica che la forma in quella colonna può essere utilizzata, nel contesto appropriato, per esprimere il significato della riga.

Se due entry hanno la stessa colonna, ma riga diversa, la loro forma è **polisemica**. Se invece due entry hanno la stessa riga, ma una colonna diversa le loro forme sono **sinonimi**.

3.2 Synonym set – synset

I synset (significati di una parola) sono definibili a partire da una matrice lessicale. Il synset di un significato M_i è l'insieme delle forme delle entry che appaiono sulla riga relativa ad M_i della matrice lessicale.

I synset possono essere utilizzati per fare word sense disambiguation (disambiguatori).

Ad esempio, il termine **board** può significare “tavola di legno”, ma anche “insieme di persone riunite per uno scopo”. Tale termine apparirà in almeno due synset: {board, plank, ...} per il primo significato e {board, committee,...} per il secondo significato.

Se disponiamo di un contesto possiamo confrontare le parole del contesto con quelle dei due synset per disambiguare il significato.

I synset non spiegano cosa sia un concetto, ma ne identificano i sinonimi. WordNet è stato ideato per i nativi anglofoni e dà per scontato che il significato delle parole sia conosciuto.

3.3 Gloss

Poiché l'inglese è ricco di sinonimi, i synset risultano ben popolati e quindi sono sufficienti per effettuare disambiguazione. Tuttavia, in alcuni casi non è possibile trovare un sinonimo appropriato per alcuni termini. In quei casi la polisemia è risolta da WordNet includendo una **gloss** (commento) insieme al synset.

Considerando “board” potremmo avere qualcosa del genere: {board, (a committee having)}. La gloss comprende una perifrasi (giro di parole) che descrive il concetto ed un esempio d'uso.

Key: "S:" = Show Synset (semantic) relations, "W:" = Show Word (lexical) relations
Display options for sense: (gloss) "an example sentence"

Noun

- **S: (n)** house (a dwelling that serves as living quarters for one or more families) *"he has a house on Cape Cod"; "she felt she had to get out of the house"*
 - [direct hyponym](#) / [full hyponym](#)
 - [part meronym](#)
 - [direct hypernym](#) / [inherited hypernym](#) / [sister term](#)
 - [derivationally related form](#)
- **S: (n)** [firm](#), [house](#), [business firm](#) (the members of a business organization that owns or operates one or more establishments) *"he worked for a brokerage house"*
- **S: (n)** [house](#) (the members of a religious community living together)
- **S: (n)** [house](#) (the audience gathered together in a theatre or cinema) *"the house applauded"; "he counted the house"*
- **S: (n)** [house](#) (an official assembly having legislative powers) *"a bicameral legislature has two houses"*
- **S: (n)** [house](#) (aristocratic family line) *"the House of York"*
- **S: (n)** [house](#) (play in which children take the roles of father or mother or children and pretend to interact like adults) *"the children were playing house"*

Synset per la parola house

3.4 Relazioni semantiche

WordNet è organizzato mediante **relazioni semantiche**. Poiché una relazione semantica è una relazione fra significati e i significati sono rappresentati da synset viene spontaneo pensare ad una relazione semantica come ad un puntatore fra synset.

Tali relazioni semantiche sono **simmetriche**: non si parla di simmetria in senso matematico, ma ogni relazione ha sempre una controparte: R ed R' possono essere relazioni diverse, ad esempio iperonimia/iponimia; meornimia/olonimia.

3.4.1 Sinonimia

La relazione più importante in WordNet è la sinonimia, rappresentata tramite synset.

Una parola x è sinonimo di una parola y se in una frase dove appare x è possibile sostituire y senza modificare il valore di verità della frase. Tale definizione però porta ad avere pochi sinonimi, quindi synset poco popolati, visto che spesso due parole sono sinonime soltanto all'interno di un certo contesto, in quanto possono avere più significati.

Per tale motivo si ricorre ad una definizione più debole:

Una parola x è sinonimo di una parola y se, all'interno di un contesto C , in una frase dove appare x è possibile sostituire y senza modificare il valore di verità della frase.

Ad esempio, nel contesto della carpenteria sostituire plank con board non ne altera il valore di verità.

La relazione di sinonimia è simmetrica nel senso matematico del termine: se A è sinonimo di B allora B è sinonimo di A .

3.4.2 Antonimia

La parola "ricco" è un antonimo della parola "povero", ossia un opposto.

L'antonimia è difficile da definire. Potremmo pensare che l'antonimo della parola x sia non x , ma questa definizione è fuorviante. Infatti essere non ricchi è ben diverso da essere poveri.

L'antonimia è una relazione lessicale fra forme di parole e non fra significati di parole.

Esempio

Consideriamo due synset: $S:\{\text{rise, ascend, ...}\} - S:\{\text{fall, descend, ...}\}$

Rise e fall sono antonimi così come lo sono ascend e descend, tuttavia è difficile sostenere che rise e descend lo siano.

L'antonimia non è definita fra il significato di rise/ascend fra il significato di rise/ascend e fall/descend ma fra alcune delle forme che lo rappresentano.

La relazione di antonimia deve essere trattata come una relazione fra forme di parole e non fra significati. Tale osservazione vale anche per la sinonimia, infatti i synset sono costituiti da termini e non da significati, il significato è unico per ogni synset. Anche la sinonimia è fra termini e non fra synset (significati)

Infine osserviamo che la relazione di antonimia è **simmetrica** nel senso matematico del termine.

3.4.3 Iponimia

A differenza della sinonimia e dell'antonimia, l'iponimia/iperonimia è una **relazione semantica fra significati** e non fra termini. Ad esempio, acero è un iponimo del significato di albero, non del termine "albero" in particolare, ma del concetto che tale parola rappresenta, che è a sua volta iponimo del significato di pianta.

Definizione

Un concetto rappresentato dal synset $\{x, x', \dots\}$ è un iponimo del concetto rappresentato dal synset $\{y, y', \dots\}$ se è possibile sostenere che **x è un tipo particolare di y per qualsiasi x ed un qualsiasi y presi dai corrispettivi synset.**

Ad esempio, acero è un particolare tipo di albero.

Se x è **iponimo** di y , y è **iperonimo** di x .

L'**iponimia** è una relazione **transitiva** ed **asimmetrica**:

- **Transitiva:** se A è iponimo di B e B è iponimo di C allora A è anche iponimo di C
- **Asimmetrica:** se A è iponimo di B , B non è iponimo di A , ma **iperonimo**

Poiché solitamente un certo concetto ha un solo iponimo superordinato, ossia più generico, ad esempio acero come iponimo diretto ha solo albero, è possibile generare una struttura semantica gerarchica nella quale un iponimo è detto essere sotto il suo superordinato.

Un iponimo eredita tutte le caratteristiche del suo concetto superordinato (più generico) e vi aggiunge almeno un elemento distintivo.

3.4.4 Meronimia

Come l'iponimia è una relazione semantica fra significati e non fra termini. Possiamo vedere la meronimia come una relazione part-of.

Definizione

Un concetto rappresentato dal synset $\{x, x', \dots\}$ è un meronimo del concetto rappresentato dal synset $\{y, y' \dots\}$ se è possibile sostenere che **y ha un x (come parte) oppure un x è parte di y per qualsiasi x ed un qualsiasi y presi dai corrispettivi synset.**

Ad esempio, dito è meronimo di mano.

Se x è un meronimo di y, y è olonimo di x.

La meronimia è una relazione **transitiva** ed **asimmetrica**.

Può essere utilizzata per costruire una gerarchia, anche se il problema è più complesso rispetto a quando trattiamo gli iponimi in quanto un meronimo può avere più olonimi.

Le relazioni viste fino ad ora possono essere rappresentate in WordNet da puntatori (archi etichettati) da un synset ad un altro. Le relazioni rappresentano delle associazioni che formano una rete complessa. Sapere dove è situata una parola in questa rete è molto importante per comprenderne il suo significato.

3.5 Nomi in WordNet

La definizione di un nome presa da un dizionario standard esplicita il termine superordinato (quello più generico) a quello preso in analisi e alcune caratteristiche del nome considerato.

Questa informazione di base è ottima per la costruzione di WordNet, ma vogliamo aggiungere altre informazioni per fare disambiguazione.

Ogni parola eredita tutte le features di tutti i possibili superordinati.

Le caratteristiche distintive di un nome sono tre: **attributi, parti (meronimie) e funzioni**.

3.5.1 Cosa manca ad un dizionario classico

Consideriamo la definizione di tree (nel contesto biologico): "a plant that is large, woody, perennial and has a distinct trunk". La definizione contiene plant, che è l'elemento superordinato di tree e large, woody, perennial, distinct trunk, che sono caratteristiche distintive di un albero.

Possiamo individuare le seguenti mancanze:

- **La specifica non è totale:** non tutte le caratteristiche di un albero sono specificate, ad esempio non viene detto che un albero ha le radici. Per risolvere il problema potremmo guardare la definizione di plant (superordinato), ma si dovrebbe considerare la definizione giusta, in quanto plant può significare anche fabbrica. Non c'è nulla nella definizione di tree che specifica quale senso di plant è superordinato corretto.
- **Nessuna informazione sui termini coordinati:** ovviamente esistono altri tipi di plant, ma il dizionario non ci dà alcuna informazione. Dovremmo scorrere l'intero dizionario per trovare questo tipo di informazione.
- **Rischio di ricorrenze infinite:** un certo nome può essere definito in termini di un altro nome, il quale a sua volta potrebbe essere definito con il nome iniziale. La computazione di tali definizioni porterebbe ad una ricorsione infinita.

Tutte queste problematiche vengono risolte da WordNet che ha una funzione totalmente diversa rispetto ad un semplice dizionario.

3.5.2 Assunzioni psicolinguistiche

WordNet è ispirato da teorie psicolinguistiche, infatti i nomi sono stati organizzati seguendo un sistema gerarchico, quindi un modello lessicale adottato dalla mente umana. Le evidenze psicolinguistiche che ci indicano la presenza di tale struttura usano come prova il modo col quale siano in grado di gestire le **anafore**. L'anafora è una figura retorica che consiste nel ripetere una o più parole all'inizio di più frasi.

Consideriamo la frase "He owned a rifle, but the gun had not been fired", ovviamente gun si riferisce a rifle, in pratica abbiamo trovato immediatamente l'iponimo superordinato alla parola gun.

Se consideriamo la frase "A rifle is safer than a gun" in questo caso abbiamo tentato di confrontare in maniera semanticamente insensata un superordinato con il suo iponimo. È la nostra struttura gerarchica a permetterci di riconoscere l'anomalia semantica che quel periodo esprime.

Altri esempi di anafora sono:

- "è qui che piantai il pioppo. L'albero è però ormai morto"
- "hanno preso il tecnico. L'uomo sembra essere boz"

3.5.3 Evidenze da esperimenti

In riferimento agli esperimenti e teorie di Collins e Quillian.

Secondo alcuni autori è possibile **esaminare i temi di risposta** a determinate domande per indicare la distanza in termini di livelli gerarchici fra due termini.

È stato osservato che i tempi di risposta (tempo impiegato da un essere umano per dire che la frase è vera) sono minori per la frase "a canary sing" rispetto a "a canary can fly". Ancora più tempo è necessario per rispondere alla frase "a canary has skin".

Grazie a questo esempio possiamo assumere che all'interno della mente dell'umano "sing" è memorizzato come features dei canary, precisamente come function; can fly come feature di "bird" e "has skin" come feature di animal.

Se tutte le informazioni relative a canary fossero conservate insieme al nome, i tempi di reazione sarebbero gli stessi per tutte e tre le frasi, ma poiché le evidenze mostrano che i tempi sono diversi, possiamo immaginare la presenza di una struttura gerarchica che recupera informazioni aggiuntive su un concetto soltanto quando necessario.

3.5.3.1 Problemi

Anche se i nomi comuni sono organizzati nella mente con una struttura semantica gerarchica, le modalità con le quali le informazioni gerarchiche sono ereditate o memorizzate in maniera ridondante non sono chiare.

Ad esempio, secondo una teoria di Quillian robin (pettirosso) e ostrich (struzzo) condividono lo stesso link semantico al loro iponimo bird; eppure la frase "il pettirosso è un uccello" è confermata in tempi minori rispetto alla frase "lo struzzo è un uccello".

Questo risultato ha portato alcuni scienziati a sostenere che non sia vero che la mente rappresenti gerarchicamente i nomi comuni; altri ancora hanno invece dedotto che l'ipotesi dell'ereditarietà sia corretta, ma che i tempi di risposte non misurino una distanza semantica, ma una distanza **pragmatica e quindi non una distanza fra significati, ma una distanza fra i modi di utilizzare le parole.**

3.5.4 Componenti semantiche

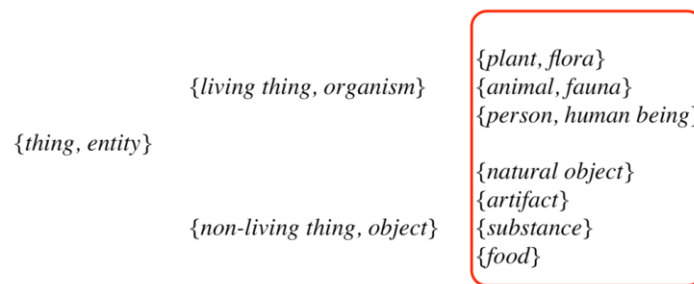
Di seguito un'organizzazione dei nomi in WordNet.

Al top della struttura di WordNet sono presenti 25 categorie molto generali, dette primitive semantiche o **superseni**. Ognuna di queste categorie corrisponde a campi semantici molto differenti tra di loro. I 25 top level sono stati definiti così da avere per ogni nome della lingua inglese un iperonimo che lo rappresenti, perciò, ogni supersenso è iperonimo di tutti i nomi che si trovano nella gerarchia semantica di cui è radice.

ACT	corsa	MOTIVATION	ragione, motivo
ANIMAL	cane, gorilla	NATURAL OBJ	mare, salma
ARTIFACT	edificio, bomba	NATURAL PHENOM	vento, maltempo
ATTRIBUTE	ricchezza, eleganza	PERSON	ricercato, padre
BOBYPART	braccia, gambe	PLANT	acero, zuccina
COMMUNICATION	libro, discussione	POSSESSION	feudo, piantagione
EVENT	incidente	PROCESS	parto, erosione
FEELING	paura, felicità	QUANTITY	minuto, miliardo
FOOD	pianino, pasta	SHAPE	curva, cilindro
GROUP	pubblico, assemblea	STATE	crisi, coma
KNOWLEDGE	cultura, senno	SUBSTANCE	marmo, pesce
LOCATION	vetta, polo nord	TIME	oggi, compleanno

Le gerarchie che si dipartono da questi 25 supersensi sono mutuamente esclusive, anche se a volte ci sono dei cross-references, e sono espanse in maniera eterogenea (certe categorie sono più dettagliate di altre).

Ad esempio, 7 dei 25 superconcetti fungono da specificazione (iponimi) per gli esseri viventi e gli essere non viventi.



Ricapitolando

WordNet è una struttura suddivisa in sezioni, ognuna delle quali tratta un tipo di part of speech diverso.

Abbiamo visto che i nomi, sulla base di assunzioni psicolinguistiche, vengono categorizzati come gerarchie basate sulla relazione di iponimia.

3.5.5 Il livello base

Le gerarchie di nomi che si diramano dai 25 superconcetti hanno un livello (da qualche parte in mezzo alla struttura) nel quale la maggior parte della feature che caratterizzano il nome sono memorizzate. Tale livello è detto **basic level** ed i nomi che vi si trovano vengono detti concetti generali.

Il risultato è che i concetti sopra al livello base hanno descrizioni generali e breve; i concetti sotto al livello base forniscono poche aggiunte alle loro descrizioni (rispetto alle descrizioni del livello di base).

WordNet è organizzato in synset e la relazione più sfruttata è l'iponimia. Parte delle informazioni relative ai nomi viene memorizzata mediante features distintive: **attributes**, **parts** e **functions**. Ad esempio il concetto canary avrà:

- **Attributes:** yellow, small
- **Parts:** beak, wings
- **Functions:** sing, fly

Ognuna delle feature distintive deve essere trattata separatamente: gli attributi sono relazioni nomi-aggettivi; le parti sono relazioni nomi-nomi e le functions sono relazioni nomi-verbi.

3.5.5.1 *Attributes*

I valori degli attributi di un nome sono espressi mediante gli **aggettivi**. Ad esempio gli attributi size e color di canary sono espressi da aggettivi quali small e yellow. Gli aggettivi sono detti **modificatori** di un nome.

Alcuni aggettivi non possono essere intesi come modificatori effettivi, ma come modificatori metaforici. Un canarino può essere definito affamato perché il fatto di avere fame è una feature degli animali e un canarino è un animale. Un canarino generoso può essere interpretato solo metaforicamente in quanto la generosità non è una feature dei canarini.

3.5.5.2 *Parts (meronymie)*

Le parti di un nome sono rappresentate tramite relazioni di meronimia. La relazione di meronimia è espressa in WordNet tramite link fra synset poiché è una relazione semantica, inoltre le meronimie sono features distintive che gli iponimi possono ereditare. Ad esempio, becco e ala sono features distintive di bird (sono parti di bird). Il canarino, essendo iponimo di bird avrà come parti anche becco e ala.

La meronimia è asimmetrica e transitiva, anche se a volte la transitività può essere forzata: è vero che una porta ha una maniglia e una casa ha una porta, ma è strano sostenere che una casa abbia una maniglia.

Tale problematica nasce dal fatto che esistono 6 tipi di meronimia:

- Component-object (branch/tree)
- Member-collection(tree/forest)
- Portion-mass(slice/cake)
- Feature-activity(paying/shopping)
- Place-area(princeton/New Jersey)

3.5.5.3 *Functions (predicati)*

La function descrive ciò che un certo nome. La relazione di function viene istituita fra nomi e verbi e può essere di 4 tipi:

- Instruments (knife/cut)
- Materials (wool/knit) – (lana/lavorare a maglia)
- Products (picture/paint) – (disegno/dipingere)
- Containers(box/hold)-(scatola/contenere)

Spesso il ruoto semantico di un nome è indipendente dal ruoto sintattico che ricopre. Ad esempio nelle frasi “John ha colpito il coccodrillo con un materello” e “il martello l’ha colpito sulla testa” nel primo caso hammer era complemento oggetto, nel secondo era soggetto, eppure, dal punto di vista semantico il martello è sempre uno strumento.

Ci sono anche ragioni linguistiche per le quali è corretto assumere che ciò che fa una certa cosa è funzione del suo significato. Ad esempio, con la frase “good pencil” intendiamo che una matita scrive bene. A seconda del termine preposto a pensil staremo dicendo che una matita scrive bene o male. Un buon coltello è un coltello che taglia bene ecc.

Inserire tutti questi significati all’interno di WordNet è difficile, ma ci viene in aiuto un importante risultato: un oggetto che non è un x, se viene definito come un buon x allora svolge bene le funzionalità che x normalmente svolge. Ad esempio, una persona che si siede su una scatola può dire che la scatola è una buon sedia, indicando che la scatola svolge bene la funzione che ci si aspetta che svolgano che sedie.

3.5.6 I verbi

I verbi forniscono la cornice semantica e relazionale entro la quale una frase vive. La declinazione del verbo e i nomi con cui co-occorre permettono di comprendere il significato di una frase.

3.5.6.1 *Polisemia*

Ogni frase deve avere almeno un verbo, ma non necessariamente un nome. Tuttavia la quantità di verbi è minore rispetto alla quantità dei nomi (43k vs 14k). Ciò è dovuto al fatto che i verbi sono più polisemici rispetto ai nomi, infatti si stima che ogni nome abbia in media 1.7 significati, mentre ogni verbo ne abbia 2.11. Ciò rendere i significati dei verbi più flessibili, infatti essi possono cambiare il loro significato a seconda

dei nomi con i quali co-occorrono, mentre i nomi tendono ad avere lo stesso significato anche con verbi differenti.

I verbi più utilizzati sono i più polisemici (have, run, make, set, go) e il loro significato dipende fortemente dai nomi con i quali co-occorrono. Ad esempio, “Ho una BMW” vs “Ho il mal di pancia” nel primo caso il verbo avere assume un significato di possesso, nel secondo caso si riferisce ad uno stato fisico.

3.5.6.2 *Concetti top-level*

I verbi sono suddivisi in 15 superconcetti di alto livello sulla base di criteri semantici. Esempi di superconcetti sono change, cognition, competition, ... Non tutti i superconcetti sono definiti in base ad un dominio semantico, ad esempio **states** per verbi com resemble, suffice, belong, non ha un proprio dominio e quindi tutti i suoi sottoconcetti non condividono alcuna proprietà semantica, a parte il fatto che si riferiscono a stati.

3.5.6.3 *Iponimia*

La distinzione semantica che c'è fra due verbi è differente dalle feature che distinguono i nomi in una relazione di iponimia. La definizione di iponimia data, basata su “an x is a y” non funziona per i verbi. Ad esempio, la frase “to amble is a kind of to walk” è poco sensata.

La lessicalizzazione coinvolge diverse elaborazioni semantiche su diversi campi semantici. Ad esempio i verbi in movimento sembrano essere una fusione di move e altre componenti, come causa e modo. Inoltre si è visto che alcuni verbi si riferiscono a diverse gradazioni di intensità di una certa azione.

3.5.6.4 *Troponimia e gerarchia dei verbi*

Tutte le elaborazioni che si possono effettuare su i verbi determinano degli iponimi che vengono uniti in WordNet sfruttando la relazione di **troponimia**.

Una relazione di troponimia tra due verbi v1 e v2 esiste se v1 è v2 in un modo particolare.

Alcuni campi semantici devono essere rappresentati in diversi alberi indipendenti. Ad esempio, i verbi di movimento hanno due nodi padre (move, make a movement) e (move, travel); mentre i verbi di possessione hanno tre nodi padre (give, transfer), (take, receive), (have, hold).

La gerarchia dei verbi è sviluppata in maniera più eterogenea rispetto a quella dei nomi, ciò vuol dire che la lunghezza della gerarchia è diversa a seconda dei verbi. Ci sono verbi in zone molto dettagliate e con molto sfumature, mentre altri verbi sono trattati meno in profondità.

4 BabelNet

BabelNet è una rete semantica **multilingue** e un'**ontologia lessicalizzata**. È stata creata integrando automaticamente Wikipedia con WordNet.

POS	Monosemous words	Polysemous words
Noun	22,763,265	1,134,857
Verb	6,277	5,252
Adjective	1,503	4,976
Adverb	3,748	733
Total	22,789,793	1,145,818

Composition of Babel synsets: number of synonyms from the English WordNet, Wikipedia pages and translations, as well as translations of WordNet's monosemous words and SemCor's sense annotations.

	English	Catalan	French	German	Italian	Spanish	Total
English WordNet	206,978	–	–	–	–	–	206,978
Wikipedia { pages	2,955,552	123,101	524,897	506,892	404,153	349,375	4,863,970
redirections	3,388,049	105,147	617,379	456,977	217,963	404,009	5,189,524
translations	–	3,445,273	2,844,645	2,841,914	3,046,323	3,083,365	15,261,520
WordNet { monosemous	–	97,327	97,680	97,852	98,089	97,435	488,383
SemCor	–	6,852	6,855	6,850	6,856	6,855	34,268
Total	6,550,579	3,777,700	4,091,456	3,910,485	3,773,384	3,941,039	26,044,643

4.1 Motivazioni BabelNet

Le risorse WordNet sono poco sviluppate per le altre lingue. Trattare la polisemia senza risorse ricche di informazioni è molto difficile.

Wikipedia è una risorsa multilingua molto ricca. Vogliamo sfruttare le informazioni contenute in Wikipedia per ottenere una risorsa simile a quella restituita da WordNet.

Associare manualmente risorse Wikipedia a traduzioni di WordNet è poco conveniente, visto che dobbiamo farlo per più lingue.

4.2 Due sistemi complementari

Il punto forte di Wikipedia è la sua ricchezza semantica, sia implicita che esplicita, ossia il fatto che contenga molte **named entities**. Tuttavia la natura enciclopedica di Wikipedia rappresenta un limite, in quanto non tutti i significati sono rappresentati da una pagina ad hoc, ad esempio “apple” come frutto e albero si trovano nella stessa pagina; questo tipo di copertura è fornito da WordNet.

WordNet e Wikipedia sono complementari e possono essere combinati per ottenere il dizionario enciclopedico multilingua **BabelNet**.

4.2.1 WordNet

I concetti in WordNet sono suddivisi per PoS ed ogni concetto è rappresentato tramite un synset. Visto che un termine può avere diversi significati, la stessa parola può apparire in diversi synset. Ad esempio, il concetto “play” come operò grammatica sarà espresso dal synset: {play¹_n, drama¹_n, dramatic play¹_n}. Il pedice troviamo il PoS (n=noun) e l'apice rappresenta il numero del significato (il numero del senso); ad esempio play nel synset relativo al concetto di “giocata” avrà apice 2. Ad esempio, il concetto di “play” come “attività che fa un bambino” è espresso dal synset: {play⁸_n, child's play²_n} l'apice su “play” significa che se cerchiamo “play” su WordNet il suo significato è espresso dal synset numero 8; l'apice su “child's play” significa che se lo cerchiamo su WordNet tale significato sarà espresso dal synset numero 2.

4.2.2 Wikipedia

Wikipedia è una enciclopedia multilingua online. È un'opera collaborativa opensource creata e corretta da volontari di tutto il mondo al fine di ottenere un'enciclopedia di largo spettro.

Ogni articolo di Wikipedia è rappresentato da una pagina (Wikipage) che presenta informazioni a proposito di un **concetto specifico**. Ad esempio "play(theatre)" oppure una **named entity** "William Shakespeare".

Il titolo di una Wikipage può contenere una **label** fra parentesi, come theatre nell'esempio precedente, utile a disambiguare il concetto di cui parla la pagina. Tuttavia la sola etichetta non basta a disambiguare un concetto, in quanto un singolo significato può avere la sua descrizione distribuita su più pagine.

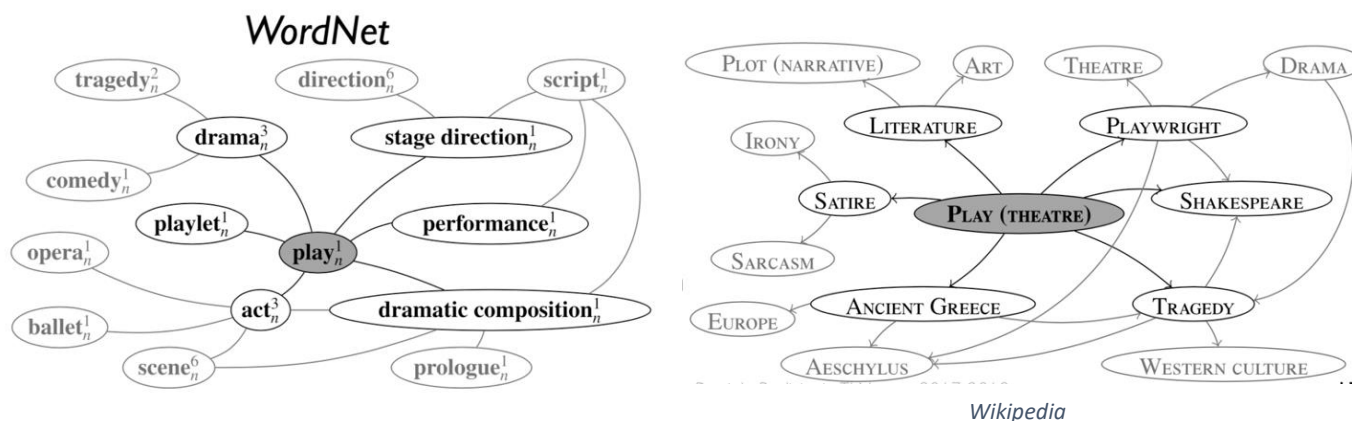
Il **testo** di una Wikipage è **parzialmente strutturato**. Alcune pagine presentano una **infobox** che è una tabella che riassume le caratteristiche principali dell'entità a cui si riferisce la pagina e contiene informazioni puntuali.

Le Wikipage sono in **relazione** tra loro. Queste relazioni sono espresse mediante:

- **Redirect pages:** usate per inoltrare l'utente ad una Wikipage che contiene il vero e proprio contenuto dell'informazione richiesta. Ad esempio "Stageplay" e "Theatrical play" redirezionano entrambe a "Play(theatre)". Le redirect pages vengono utilizzate per linkare diverse espressioni ad uno stesso concetto e modellano la **sinonimia**.
- **Disambiguation pages:** sono utilizzate per collezionare i link a tutti i possibili concetti correlati ad un termine. Ad esempio "play" si linka a "play(theatre)" e "play(activity)".
- **Internal links:** sono utilizzati all'interno di una Wikipage per linkare ad altre pagine dell'enciclopedia laddove si menzioni un concetto presente nel sistema, che sarà rilevante rispetto al concetto della Wikipage che lo linka. Ad esempio "play(theatre)" linkerà "Literature", "Dialogue" ecc, mentre "play(activity)" linkerà "socialization", "game", ecc.
- **Inter-languages links:** usati per linkare Wikipages che trattano lo stesso concetto, ma in altre lingue. Ad esempio, "play(theatre)" linka alla pagina italiana "dramma".
- **Categories:** ogni Wikipage può avere un certo numero di categorie assegnate. Ad esempio, "play(theatre)" è categorizzata con "Theatre, Drama, Literature".

4.2.3 Rappresentazione

Sia WordNet che Wikipedia sono rappresentabili come due grafi. L'obiettivo è combinarli tra di loro per ottenere un sistema più potente.



I due grafi sono complementari. Ad esempio Wikipedia ha link meno "formali" e più eterogenei rispetto a WordNet.

In WordNet i nodi sono synset e gli archi sono relazioni lessicali e semantiche tra i synset (iponimia, meronimia, antonimia, ecc.).

In Wikipedia i nodi sono Wikipages e gli archi sono hyperlink che le collegano.

4.3 Fusione (WordNet + Wikipedia)

In questa sezione vedremo come WordNet e Wikipedia vengono fuse insieme per dare vita a BabelNet

4.3.1 Babel synset

La struttura di base su cui BabelNet si fonda sono i **Babel synset**. BabelNet codifica la conoscenza mediante un grafo diretto annotato $G = (V, E)$ dove **V** è l'insieme dei nodi costituito da **concetti** (play) e **named entities** (Shakespeare); **E** è l'insieme degli archi che connettono coppie di concetti, ad esempio "play is-a dramatic composition". Ogni arco è etichettato con una relazione semantica **R** (is-a, part-of, ϵ , che denota una relazione non specificata). Ogni nodo contiene un insieme di lessicalizzazioni multilingue del concetto che rappresenta, ad esempio {play_{en}, drama_{it}, obra_{es}, ...}.

Gli elementi di un Babel synset sono tutti i sinonimi presi da WordNet per un dato concetto, a cui vengono aggiunti i lemmi di altre lingue che rappresentano il concetto espresso dal Babel synset.

4.3.2 Costruzione del grafo

Per costruire il grafo di BabelNet vengono raccolte da WordNet tutti i significati (concetti) e tutte le relazioni lessicali e semantiche fra synset, come ad esempio le relazioni etichettate a seconda della tipologia che avevano in WordNet. Da wikipedia vengono raccolte tutte le Wikipage (come concetti) e tutti i loro internal link (come relazioni semanticamente non specificate). Inoltre vengono recuperati anche i redirection links e le categories di ogni Wikipage, sempre come relazioni semanticamente non specificate.

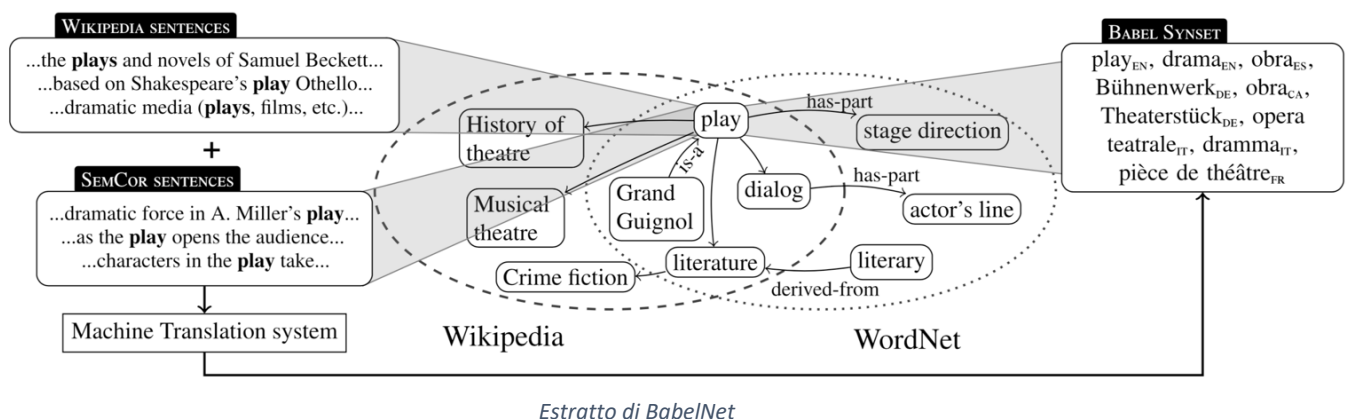
I concetti recuperati da Wikipedia e da WordNet possono sovrapporsi sia in termini di concetti che di relazioni, quindi è necessaria una unificazione dei dati rimuovendo i dopponi. Partendo dall'assunzione che Wikipedia sia una risorsa più estesa, ma meno formalizzata di WordNet, cerchiamo di importare la struttura solida di WordNet all'interno di Wikipedia.

Una volta fatto ciò, per implementare le funzionalità multilingua si recuperano (**harvesting**) le realizzazioni lessicali in altre lingue di tutti i concetti recuperati al fine di creare i Babel synset. Ciò viene realizzato utilizzando le **traduzioni generate da umani**, fornite da Wikipedia tramite gli inter-language links, e **sistemi di machine translation** per tradurre le occorrenze di concetti all'interno di corpus taggati.

Infine i vari synset sono collegati fra loro mediante le relazioni semantiche recuperate da WordNet e Wikipedia.

Ricapitolando, l'algoritmo di mapping è composto da tre fasi:

1. WordNet e Wikipedia sono combinate creando automaticamente un mapping fra i sensi di WordNet e le Wikipages, ossia per ogni Wikipage viene trovato un senso in WordNet che la rappresenti.
2. A partire dai concetti unificati vengono creati i Babel synset utilizzando gli **inter-language links** di Wikipedia e sistemi di machine translation
3. Le relazioni fra Babel synset vengono stabilite collezionando tutte le relazioni di WordNet e di Wikipedia. La forza dell'associazione tra synset è computata su una misura di correlazione basata sul **coefficiente di Dice**.



Gli archi senza etichetta sono ottenuti dagli internal link delle WikiPages mentre quelli etichetti provengono da WordNet.

4.3.2.1 L'algoritmo

PASSO 1: mapping fra WordNet e Wikipedia

Dato l'intero set di pagine Wikipedia $Senses_{Wiki}$ e tutti i concetti di WordNet $Senses_{WN}$, un mapping è una funzione μ del tipo:

$$\mu : Senses_{Wiki} \rightarrow Senses_{WN} \cup \{\epsilon\}$$

Tale che per ogni Wikipage $w \in Senses_{Wiki}$ si abbia:

$$\mu(w) = \begin{cases} s \in Senses_{WN}(w) & \text{se un link può essere stabilito} \\ \epsilon & \text{altrimenti} \end{cases}$$

In pratica la funzione μ , data una Wikipage w restituisce il senso s di WordNet ad essa associato.

Se una determinata Wikipage non abbia un concetto associabile a WordNet, allora $\mu(w)=\epsilon$. Da non confondere con la ϵ relativa alle relazioni semantiche non specificate.

In WordNet un senso è rappresentato da un synset. Un qualsiasi concetto non è rappresentabile senza l'utilizzo di una delle parole contenute nel synset. Il senso s si riferisce ad un determinato termine s_n^i , cioè un preciso senso di una determinata parola. Talvolta ci riferiremo a questo oggetto con il termine di sense-id.

Data una Wikipage w , il lemma di tale pagina è dato dal suo titolo o, in un titolo composto, dal suo token principale se è presente una label. Ad esempio "play" è il lemma per la pagina Play(theatre). In questo caso μ mapperà "Play(theatre)" sul senso $play_n^1$, ossia $\mu(\text{Play(theatre)}) = play_n^1$.

L'algoritmo di mapping tratta prima i sensi monosemici e i link di redirection (link attivi nel testo di una Wikipage). Successivamente, data una Wikipage trova il senso di WordNet che massimizza la probabilità di essere un concetto adeguato alla corrispondente pagina. Per calcolare la probabilità il problema di mapping viene trasformato in un problema di disambiguazione in cui sia Wikipedia che WordNet forniscono un contesto. Per risolvere il problema della disambiguazione si calcolerà una probabilità condizionata basata su una funzione di scoring.

Input: gli insiemi di concetti $Sense_{Wiki}$ e $Senses_{WN}$.

Output: Funzione di mapping μ

- Il ciclo a riga [1] inizializza μ collegando ad ogni senso di Wikipedia il concetto vuoto.
- Il ciclo a riga [3] si occupa dei lemmi monosemici, cioè i lemmi per i quali c'è un solo significato.
 - Se lemma w è monosemico sia in Wikipedia (si guarda il titolo senza label delle Wikipage) che in WordNet (w appare in un solo synset e quindi ha un solo indice w_ξ^1 dove ξ è uno dei possibili PoS trattati da WordNet) allora viene effettuato il mapping.
 - Nota: gran parte delle named entity vengono trattate in questo ciclo, infatti, se w è una named entity il suo mapping in WordNet (se esiste) sarà unico. Nel caso in cui non fosse unico verrà trattato in seguito
- A riga [6] scorriamo tutte le Wikipages w
 - Se ancora non abbiamo trovato un mapping per w [7], allora prendiamo tutte le Wikipage d che linkano a w , ossia che hanno dei redirect a w [8].
 - Se d non ha un mapping, ossia un sense-id in WordNet e quel sense-id si trova nello stesso synset di uno dei sense-id assegnati a w (ossia un certo w_ξ^1 con ξ PoS) [9], allora il mapping che assegniamo a w è il significato che w ha nel synset $\mu(d)$, ossia $\mu(d)=w_\xi^1$ [10].
 - In questo modo riusciamo a sfruttare gli internal link dei vari documenti d che fanno riferimento a w .
- Il ciclo a riga [11] popola tutti i mapping delle Wikipages ancora vuoti [12].
 - Il mapping scelto è il senso s , fra tutti i sensi possibili w , che massimizza la probabilità $P(s|w)$, ossia la probabilità di avere il senso $s \in Senses_{WN}(w)$ data la parola w [14].

Input: $Senses_{Wiki}$, $Senses_{WN}$

Output: a mapping $\mu : Senses_{Wiki} \rightarrow Senses_{WN} \cup \{\epsilon\}$

```
1: for each  $w \in Senses_{Wiki}$ 
2:    $\mu(w) := \epsilon$ 
3: for each  $w \in Senses_{Wiki}$ 
4:   if  $|Senses_{Wiki}(w)| = |Senses_{WN}(w)| = 1$  then
5:      $\mu(w) := w_n^1$ 
6: for each  $w \in Senses_{Wiki}$ 
7:   if  $\mu(w) = \epsilon$  then
8:     for each  $d \in Senses_{Wiki}$  s.t.  $d$  redirects to  $w$ 
9:       if  $\mu(d) \neq \epsilon$  and  $\mu(d)$  is in a synset of  $w$  then
10:         $\mu(w) := \text{sense of } w \text{ in synset of } \mu(d)$ ; break
11: for each  $w \in Senses_{Wiki}$ 
12:   if  $\mu(w) = \epsilon$  then
13:     if no tie occurs then
14:        $\mu(w) := \underset{s \in Senses_{WN}(w)}{\operatorname{argmax}} p(s|w)$ 
15: return  $\mu$ 
```

mapping vuoto
lemma
monosemico
per ogni redirezione a w
la w non ancora linkata
most likely sense to w
based on the maximization of the
conditional probabilities
 $p(s|w)$ over the senses s

Algoritmo di mapping

Calcolo di $P(s|w)$

Il senso s che massimizza la probabilità $P(s|w)$ si calcola tramite la formula:

$$\mu(w) = \operatorname{argmax}_{s \in \text{Senses}_{WN}(w)} P(s|w)$$

Usando la definizione di probabilità condizionata possiamo affermare che:

$$\mu(w) = \operatorname{argmax}_{s \in \text{Senses}_{WN}(w)} P(s|w) = \operatorname{argmax}_{s \in \text{Senses}_{WN}(w)} \frac{P(s \cap w)}{P(w)}$$

$$^3 P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}, \text{ dove } P(A \cap B) \text{ è la probabilità congiunta dell'evento } A \text{ e dell'evento } B, \text{ ovvero la probabilità che accadano entrambi gli eventi.}$$

Visto che stiamo massimizzando possiamo rimuovere il priori $P(w)$ dato che è costante e quindi possiamo dire che:

$$\mu(w) = \operatorname{argmax}_{s \in \text{Senses}_{WN}(w)} P(s \cap w)$$

In pratico il senso s più appropriato fra i sensi della parola w in WordNet è quello che massimizza la probabilità congiunta del senso s e della pagina w $P(s \cap w)$.

Disambiguazione [riferito a $P(s \cap w)$]

Per stimare la probabilità congiunta di un senso di WordNet e di una Wikipage si definisce un contesto per ognuno dei due concetti.

Dato un concetto (pagina o senso), il contesto di disambiguazione di quel concetto è l'insieme delle parole ottenute dalla fonte corrispondente i cui sensi sono associati con il concetto in input mediante qualche relazione semantica. Ciò implica la possibilità che ognuna delle parole nel set dei concetti estratti sia un potenziale link per il mapping μ .

Disambiguazione di Wikipedia

Data una wikipage w utilizziamo come contesto di disambiguazione:

- **Label del titolo:** ad esempio per la pagina Play(theatre), "theatre" è aggiunta al contesto di disambiguazione.
- **Internal link:** vengono presi i titoli delle pagine a cui w linka.
- **Redirects:** vengono considerati i titoli della pagine che puntano a w
- **Categories** di w . Una wikipage è classificata in una o più categorie. Ad esempio la Wikipage Play(theatre) è categorizzata come PLAYS, DRAMA, THEATRE.

Il contesto di disambiguazione di una pagina w **Ctx(w)** è l'insieme delle parole recuperate dalle fonti citate in precedenza. Ad esempio, Ctx(Play(theatre)):

$$\text{Ctx}(\text{Play}(\text{theatre})) = \{\text{theatre}, \text{literature}, \dots, \text{playlet}, \dots, \text{character}\}$$

Disambiguazione di WordNet

Dato un concetto s di WordNet contenuto nel synset S utilizziamo come contesto di disambiguazione:

- **Sinonimi:** tutti i sinonimi di s , quindi tutte le parole in S .
- **Iperonimi/Iponimi:** tutti i sinonimi nei synset H tali che H è un iperonimo (generalizzazione) di S oppure un iponimo (specializzazione) di S .
- **Gloss:** tutte le content word della gloss di s , ossia dato $s = \text{play}_n^1$, definito come "a dramatic work intended for performance by actors on stage", aggiungiamo al concetto di disambiguazione di s i termini: work, dramatic work, intend, performance, actor, stage.

Il contesto di disambiguazione di un significato è ottenuto come l'insieme delle parole recuperate dalle fonti citate in precedenza:

$$\text{Ctx}(\text{play}_n^1) = \{\text{drama}, \text{dramatic play}, \text{composition}, \text{work}, \dots, \text{actor}, \text{stage}\}$$

Calcolo di $P(s \cap w)$

La probabilità congiunta $P(s \cap w)$ è calcolata utilizzando la seguente stima:

$$p(s, w) = \frac{score(s, w)}{\sum_{\substack{s' \in Senses_{WN}(w), \\ w' \in Senses_{Wiki}(w)}} score(s', w')}.$$

In pratica si conta il punteggio della coppia (s, w) rispetto alla somma di tutti i punteggi possibili ottenuti dalle combinazioni di tutti i sensi s' di w in WordNet con tutte le pagine w' aventi lo stesso significato di w , ossia le pagine che condividono lo stesso titolo di w in Wikipedia (per costruire il $sense_{Wiki}$ la label non viene considerata).

Calcolare la funzione di scoring

Abbiamo diversi modi per calcolare la funzione di scoring:

- Tramite **bag-of-words**
- **Graph-based**

Scoring tramite bag-of-words

Lo score viene calcolato utilizzando la seguente formula:

$$score(s, w) = |Cxt(s) \cap Ctx(w)| + 1$$

Si considerando i termini in comune del contesto di s e del contesto di w . Il valore 1 è aggiunto per ragioni di smoothing, in questo modo si evita di avere valori di probabilità nulli.

Questo metodo utilizza solo le parole nei contesti, quindi non sfrutta tutte le informazioni strutturali disponibili in WordNet o Wikipedia.

Scoring graph-based

L'idea è di partire dal contesto di disambiguazione della Wikipage $Ctx(w)$ e di trasformarlo in un grafo diretto con gli archi etichettati. In nodi sono costituiti da tutti i sensi di WordNet possibili per il titolo della Wikipage w e da tutti i sensi di ogni parola contenuta del contesto di w $Ctx(w)$. Ossia:

$$V := Senses_{WN}(w) \cup \bigcup_{cw \in Ctx(w)} Senses_{WN}(cw).$$

I nodi vengono connessi tra di loro basandosi sulle relazioni presenti in WordNet.

Per ogni vertice v si effettua una ricerca in profondità sul grafo di WordNet. Ogni volta che troviamo un nodo v' diverso da v , già presente nel grafo di disambiguazione, su un path di lunghezza minore di L , dove L è definito a priori, aggiungiamo tutti i nodi e gli archi al path. Avendo path del tipo:

$$v, v_1, v_2, \dots, v_k, v'$$

L'insieme di nodi V e l'insieme di archi sarà:

$$V := V \cup \{v_1, \dots, v_k\}, \quad E := E \cup \{(v, v_1), \dots, (v_k, v')\}.$$

Alla fine della costruzione avremo un grafo di disambiguazione che è una porzione di WordNet e che contiene tutte le parole del contesto di disambiguazione di w e tutti gli archi fra quelle parole che siamo riusciti ad ottenere da WordNet. Lo score è calcolato come segue:

$$score(s, w) = \sum_{cw \in Ctx(w)} \sum_{s' \in Senses_{WN}(cw)} \sum_{p \in paths_{WN}(s, s')} e^{-(length(p)-1)}$$

Dove:

- $paths_{WN}(s, s')$ è l'insieme di tutti i percorsi fra s ed s' nel grafo di disambiguazione
- $length(p)$ è la lunghezza del path p in termini del numero di archi che contiene

Questo metodo è più complesso rispetto all'approccio bag-of-words, ma permette di sfruttare appieno le relazioni semantiche in WordNet.

Ricapitolando (scoring)

Possiamo utilizzare due metodi per calcolare la funzione di scoring. Entrambi necessitano del contesto di disambiguazione. Tramite la funzione di scoring stimiamo la probabilità congiunta di una Wikipage w ed un senso s di WordNet.

L'operazione è ripetuta per ogni senso s associabile a w in WordNet e quello che massimizza tale probabilità, quindi ottiene un miglior score, viene scelto come mapping definitivo per w .

PASSO 2: traduzione dei lemmi

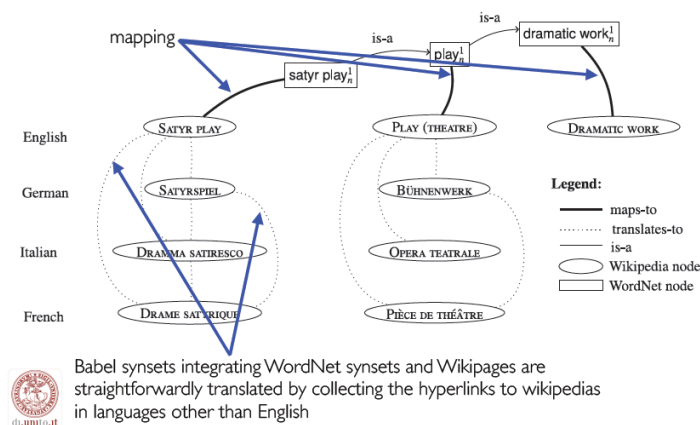
In questa fase creiamo i Babel synset. Nel passo precedente abbiamo ottenuto μ , ossia abbiamo collegato le Wikipages inglesi ai sensi di WordNet.

In questa fase, data una Wikipage w e il suo mapping $\mu(w)=s$, creiamo $S \cup W$, dove S è il synset di WordNet a cui s appartiene e W include:

- w
- l'insieme di titolo delle Wikipages che linkano a w
- Tutte le pagine linkate da w tramite link inter-lingua, ossia le traduzioni della Wikipage in altre lingue. Nota: trattiamo solo il titolo e non la pagina per intero
- Le redirezioni ai link inter-lingua trovati nella Wikipage del linguaggio target

Babel synset

I Babel synset contengono tutti i sinonimi presi da WordNet per un dato concetto, con l'aggiunta di tutti i lemmi di altre lingue che rappresentano il concetto espresso dal Babel synset.



Porzione di BabelNet relativa al concetto play

Durante la fase di creazione dei Babel synset possiamo incontrare due problemi:

1. Un concetto potrebbe essere coperto soltanto su WordNet o Wikipedia, quindi non abbiamo un mapping per w o un senso s non è stato mappato su nessun w . In questi casi non è possibile stabilire alcun link.
2. Anche se un concetto è coperto sia da WordNet che da Wikipedia, potrebbe non esserci una traduzione in ogni linguaggio di interesse per quel concetto. Ad esempio i link-interlanguage per Spagnolo e Catalano della pagina Play(theatre) non sono presenti in Wikipedia.

Un modo per tradurre i concetti rappresentati day Babel synset aumentando la copertura, quindi non limitandosi all'utilizzo di inter-language links, consiste nell'utilizzare un **corpus esterno**, detto **SemCor**, che contiene più di 200 mila parole annotate con i sensi di WordNet.

Esempio

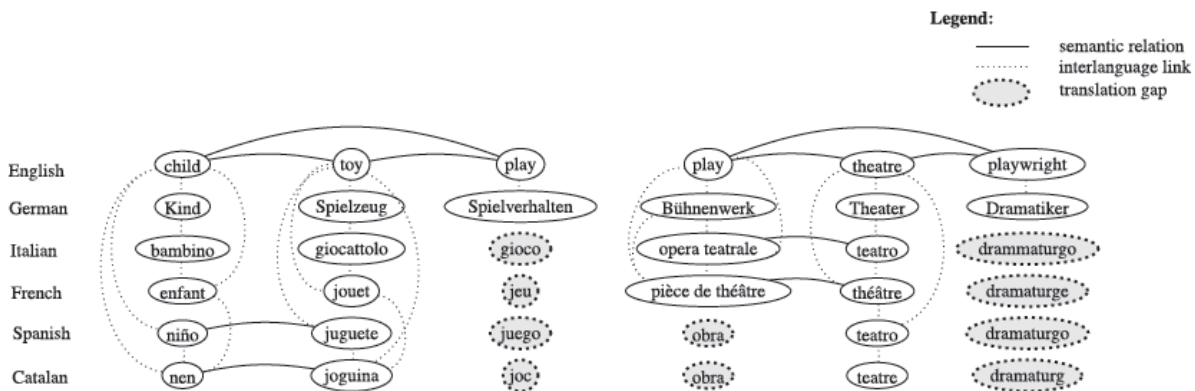
Per costruire il Babel synset di Play(theatre) tramite il SemCor si procede come segue:

1. Consideriamo il senso WordNet associato alla pagina Play(theatre), diciamo play_n^1 .
2. Cerchiamo tutte le occorrenze di play_n^1 in SemCor e memorizziamo in una collezione C tutte le parole associate a quel senso.
3. Prendiamo ogni Wikipage w che linka a Play(theatre) e inseriamo in C le frasi in cui è presente l'hyperlink verso Play(theatre) ripulite dalle stop words.

La collezione C sarà costituita da un insieme di parole che sono in qualche modo legate a play_n^1 .

Si ripete il secondo punto per tutti gli elementi inglese presenti nello stesso Babel synset di play_n^1 al fine di arricchire la collezione C. Nota: il synset è stato già creato, vogliamo solo ampliarlo con lessicalizzazioni multilingua.

Infine si utilizza un sistema di machine translation per tradurre tutte le parole della collezione nelle lingue di interesse. Una volta ottenuta la traduzione più probabile o frequente per ciascuna delle parole la si aggiunge al Babel synset. La traduzione farà uso anche del contesto in modo da migliorare le performance.



In questo caso il Babel synset iniziale è arricchito con le parole drame_{FR} , dramma_{IT} , obra_{CA} , obra_{ES} . Le lessicalizzazioni aggiunte sono indicate da ellissi tratteggiate.

PASSO 3: aggiungere relazioni semantiche

In questa fase creiamo le relazioni semantiche fra i Babel synset. Per fare ciò si collezionano le relazioni fra i concetti di WordNet e di Wikipedia (internal links) e si vanno a pesare utilizzando una misura di relatività basata sul **Coefficiente di Dice**.

Relazione fra concetti di WordNet: se c'era una relazione fra il senso s_i^ϕ e il senso p_i^ϕ allora avremo la stessa relazione fra il Babel synset che contiene s_i^ϕ e il Babel synset che contiene p_i^ϕ

Per quantificare la forza di una relazione tra i Babel synset si procede come segue:

1. Data una relazione semantica fra due sensi di WordNet s' e s'' si collezionano i sinonimi dei due sensi, le loro glosse e le glosse degli elementi contenuti nei synset a loro direttamente connessi. In questo modo si creano due bag-of-words S e S' . Le stop words vengono rimosse e le parole rimanenti vengono lemmatizzate, se necessario.
2. Il grado di associazione fra i due synset è calcolato tramite il Coefficiente di Dice:

$$\frac{2 \times |S \cap S'|}{|S| + |S'|}$$

Esempio

play_n^1 [drama, dramatic play, work, performance, dramatic work, genre, dramatic composition, television, actor, stage, act, subdivision, opera, ballet, dramatic, perform, theater, morality play, movie, allegorical, satyr play, chorus, burlesque, role, stage direction, horrific, nature, macabre, playwright, dramatist, playlet];
 act_n^3 [subdivision, play, opera, ballet, concert dance, music, story, representation, theatrical, perform, trained, dancer, overture, sing, interlude, dramatic play, work, performance, dramatic work, actor, intend, stage, scene, dramatic composition, television, movie].

Confrontando le bag-of-words di play_n^1 e act_n^3 il coefficiente di Dice è: $(2 \times 13) / (31 + 26) = 0.46$. La correlazione è forte in quanto i due insieme contengono rispettivamente 21 e 26 termini e 13 di questi sono in comune.

5 FrameNet

FrameNet è una risorsa elettronica basata sui **frame semantici**.

Un frame semantico fornisce una codifica schematizzata di una situazione, uno stato o un evento con l'ausilio di unità lessicali e ruoli semantici specifici per il frame. Ad esempio, per il frame compravendita le unità lessicali sono comprare, vendere costo ecc.; mentre i ruoli semantici sono compratore, venditore, denaro, bene ecc.

L'assunzione alla base di FrameNet è che gli umani non percepiscono la realtà "ogni volta da capo", ma che ogni persona abbia già un riferimento relativo ad una situazione/oggetto e che usi quello stereotipo per processare la realtà. Questa intuizione è dovuta a Minsky ed ha avuto enormi conseguenze sulle scienze cognitive.

L'obiettivo in FrameNet è quello di mettere in relazione le parole con il loro significato utilizzando i frame che le rappresentano.

Il cuore di FrameNet sono i frame e le attività che li riguardano. Le attività di framenet sono:

- Caratterizzare i frame capendo quali sono gli elementi che li caratterizzano
- Una volta definiti i ruoli e le funzioni principali all'interno di un frame si cercano le parole che li rappresentano meglio
- Per ogni frame vengono costruite delle frasi di esempio che devono essere rappresentative dei termini che abbiamo individuato nei passi precedenti.
- Dopo avere ottenuto un numero sufficiente di esempi li annotiamo

5.1 I Frame

Un frame è una definizione di una situazione tipica, quindi è una stereotipizzazione di cose, stati o eventi. I concetti che utilizziamo per descrivere un frame sono relativi al determinato frame che trattiamo.

I frame sono una struttura dati costituita da slot, che a seconda del loro contenuto definiscono il frame stesso. Uno slot può essere a sua volta un frame. Inoltre i frame possono essere organizzati secondo una gerarchia.

Secondo i creatori di FrameNet ci sono alcune parole o verbi, che sono evocative di frame, cioè sono in grado di rimandare direttamente ad un certo frame. Ad esempio, ristorante ci potrebbe ricordare il frame di un cameriere che porta un ordine ad un tavolo. L'evocazione di un frame può essere vista come l'attivazione di una regola all'interno di un sistema esperto: ad una certa parola (fatto) corrisponde l'attivazione di un certo frame (regola). Nel caso di termini ambigui una parola potrebbe evocare diversi frame, tale problema sarà trattato più avanti.

5.2 Unità lessicali – gestione della polisemia

I termini polisemici risultano problematici, in quanto possono attivare diversi frame. Ciò è dovuto all'ambiguità del linguaggio. Invece di lavorare con le parole lavoriamo con le unità lessicali che sono coppie di parole col loro significato. In WordNet UL differenti appartengono a synset diversi. In FrameNet UL differenti appartengono a frame diversi.

Sia WordNet che FrameNet sono risorse che riescono a catturare molte sfumature nel significato e questo può rappresentare un problema dal punto di vista computazionale, ad esempio in un task di WSD. Per risolvere questo problema di effettua un clustering, tenendo solo i termini più usati.

5.3 I verbi

I verbi causano alcuni problemi, in particolare quando vengono utilizzati in contesti figurati ed in senso non letterale. Tale problema viene gestito facendo un'analisi sintattica e a partire dal verbo si applicano dei pattern per cercare di comprendere in quale situazione ci troviamo. In pratica sfruttiamo indizi sintattici per capire il contesto corrente e quindi il contesto d'uso del verbo.

Consideriamo le frasi "She earns a lot less than she deserves" e "I made a lot of money, but I earned it". Il verbo **earn** ha due significati diversi, anche se i contesti sono molto simili. Nella prima frase ci riferiamo ad un vero e proprio guadagno, mentre nella seconda frase ci riferiamo ad un guadagno come merito. FrameNet ci aiuta a risolvere questa ambiguità

Il verbo **replace** può assumere almeno tre significati diversi:

- Put something back where it belongs – rimettere a posto
- Occupy a position formerly occupied by something
- Put something in a position formerly occupied by something

Gli ultimi due significati sono simili, ma nell'ultima frase utilizziamo il verbo in senso transitivo. FrameNet può aiutarci a discernere il senso mediante il quale il verbo è utilizzato.

5.3.1 Metonimie – Subject as Medium

La metonimia è una figura retorica che consiste nella sostituzione di un termine con un altro che ha con il primo una relazione di vicinanza. La metonimia è paragonabile alla sineddoche, la differenza è che nella metonimia la relazione è qualitativa, mentre nella sineddoche è di tipo quantitativo.

In genere il soggetto di una frase che compie un'azione è la persona/oggetto che propriamente compie l'azione. In questo caso si parla di **Subject as Speaker**. Ad esempio, "Mom explained, you complained".

Tuttavia ci sono dei casi in cui il soggetto non compie l'azione indicata dal verbo, ma è soltanto metaforico. In questi casi si parla di **Subject as Medium**. Ad esempio, "Chapter 2 explained, your letter complained".

Nel caso di Subject as Medium si fa uso di metonimie e quindi si può tradurre la frase in una frase di più semplice interpretazione. Ad esempio, "your letter complained..." può diventare "you complain in your letter that...". FrameNet ci può aiutare in questo processo di traduzione.

Infine abbiamo altri usi particolari dei verbi che possono avere un uso cognitivo importante che possiamo cogliere grazie a FrameNet. Ad esempio "the heavy winds explain the number of winmills around here" si afferma che il motivo per cui ci sono tanti mulini è il forte vento. Ovviamente non è il vento che spiega qualcosa!

5.3.2 Omissibilità

Consideriamo le frasi "Do you want to meet the Red Cross representative? I already gave" e "Did you remember a present for your daughter's birthday? I already gave".

Nel primo caso *give* è inteso come dare un contributo, mentre nel secondo caso si intende *give* come consegnare. Visto che in FrameNet vogliamo comprendere la situazione queste sfumature di significato sono importanti.

5.3.3 Nominalizzazione

Un altro problema è la nominalizzazione, ossia quando il verbo cambia significato a seconda del sostantivo con cui appare. Ad esempio "aderire alla pelle" (aderenza) o "aderire ad un partito" (fedeltà/adesione); "osservare una regola" (rispettare) o "osservare un processo" (osservazione).

Anche in questo caso, FrameNet ci aiuta a comprendere il significato di un verbo.

5.4 Revenge Frame

Il revenge frame coinvolge una situazione in cui: A ha fatto qualcosa per danneggiare B, B intraprende un'azione per danneggiare A. L'azione di B è condotta indipendentemente da leggi o impostazioni istituzionali, quindi è un crimine.

5.4.1 Vocabolario

All'interno del Revenge frame definiamo il seguente vocabolario (che sono UL: termine + significato):

- **Nomi:** revenge, vengeance, reprisal, retaliation, retribution
- **Verbi:** avenge, revenge, retaliate (against), get back (at), get even (with) pay back.
- **Aggettivi:** vengeful, vindictive
- **Locuzioni verbo + nome:** take revenge, exact retribution, wreak vengeance.

Notiamo che abbiamo aggiunto ad alcuni verbi delle preposizioni per discriminare i vari significati dei verbi stessi. Inoltre abbiamo incluso delle locuzioni solitamente adottate quando ci si trova nella situazione che il frame vuole descrivere.

5.4.2 Frame elements

Definiamo i frame elements, ossia le componenti vere e proprie del frame, quindi quelli che hanno un ruolo semantico, che andremo ad utilizzare come annotatori in fase d'uso del sistema. Inoltre forniamo una descrizione testuale del frame.

Il Revenge frame è formato da due parti:

1. **Frame definition:** because of some injury to something or someone important to an avenger, the avenger inflicts a punishment on the offender. The offender is the person responsible for the injury.
2. **Lista dei frame elements:** avenger, offender, injury, injured part, punishment

5.4.3 Ruoli semantici

I frame elements scelti sono molto precisi e meno generici possibile (non utilizziamo semantic roles come agent, patient, goal, ecc.). In questo modo definiamo un frame il più possibile aderente alla situazione che vogliamo descrivere.

5.5 Collezionare gli esempi

FrameNet è stato popolato importando il British National Corpus contenente esempi annotati (circa 200 mln di parole) al fine di permettere ai linguisti di rimappare ogni frase nel suo frame corretto, mostrando l'uso di ogni parola (frame elements) che lo compone.

5.6 Annotare gli esempi

Si considerano tutte le frasi mostrando i principali contesti sintattici. I costituenti della frase che esprimono i frame elements sono etichettati utilizzando i nomi dei frame elements nel frame.

Abbiamo due tipi di target: **predicati**, che sono parole che invocano frame e creano contesti per le informazioni riguardanti le istanze frame; **fillers** che sono parole che soddisfano ruoli semantici di frame evocati da **predicati**. Molti di questi invocano se stessi.

Quando il target è un **predicato** cerchiamo gli **argomenti**; quando il target è un **filler** cerchiamo i governor, le frasi vicine e identifichiamo il frame e i frame elements della frase.

[Segue esempio SW 134-136].

5.7 Coverage

- **Lexical coverage:** utilizzato per ottenere tutte le parole importanti associate ad ogni frame
- **Combinatorics:** utilizzato per ottenere tutti i pattern sintattici in cui ogni parola ha la funzione di esprimere il frame

5.8 Frequency data e project outreach (estensione)

I dati relativi alle frequenze di frame e di frasi non sono incluse in FrameNet, in quanto questi dati variano a seconda del corpus che si sta trattando. Sono stati effettuati diversi tentativi per l'estensione di FrameNet in modo da avere una versione multilingua, tuttavia la scarsità di risorse ha portato alla morte di questi progetti.

5.9 Utilizzare FrameNet

FrameNet è una risorsa lessicale che mira a fornire un corpus di frasi annotate sintatticamente e semanticamente. In questo modo è **possibile estrarre informazioni** sui modi in cui i termini vengono utilizzati. Lo scopo di FrameNet è di fornire un inventario di situazioni ed eventi per abilitare la comprensione di un testo mediante tecniche di elaborazione del linguaggio naturale che siano in grado di associare automaticamente uno o più frame ad ogni frase del testo stesso (disambiguazione frame) insieme ai corrispondenti ruoli semantici.

5.9.1 Information extraction

Questo task consiste nell'estrazione delle informazioni più rilevanti di un documento in modo da crearne una versione ridotta. Se il contesto è quello della cronaca nera, allora selezioniamo i termini che occorrono più frequentemente in quel contesto.

FrameNet può aiutarci a risolvere questo task in maniera efficiente.

I dati FrameNet sono utilizzati per:

- la disambiguazione
- la composizione semantica, quindi l'integrazione di informazioni associate con i dipendenti semantici in frames evocati dai loro reggenti semantici
- la scelta fra possibili analisi sintattiche
- l'attivazione di un vocabolario topic related per il riconoscimento e la selezione del senso nelle varie parti in cui si articola un testo.

Esempio

Consideriamo le seguenti frasi che costituiscono un articolo di cronaca nera:

1. Washington (CNN)- Alleged White House gunman Robert Pickett was arraigned Wednesday at a federal court in Washington and ordered held without bond.
2. A federal magistrate informed Pickett of the charges against him - assaulting a federal officer with a deadly weapon, which carries a maximum of ten years in prison.
3. The magistrate set a preliminary hearing for next Tuesday and ordered Pickett held without bond.
4. Pickett, who was shot in the knee by the Secret Service after allegedly firing two shots outside the White House, used crutches to walk into the court.
5. He did not enter a plea.

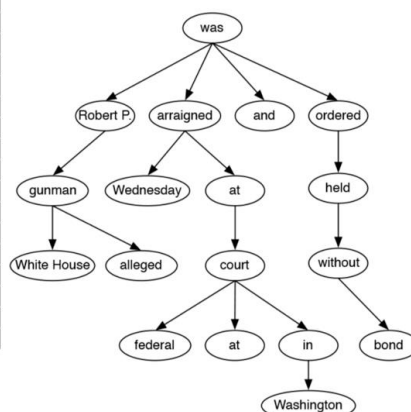
La prima frase informa dell'arresto; la seconda l'accusato è informato delle accuse che gli vengono mosse; poi viene data l'informazione sulla data per l'udienza preliminare, ecc.

Il nostro obiettivo è, in seguito ad una **analisi sintattica**, associare un certo numero di frame alle frasi e annotarne le componenti principali. A priori non possiamo sapere di quanti frame consti la situazione descritta in un articolo, quindi proviamo ad associare un frame diverso ad ogni frase.

Un primo modo per vedere come gli elementi semanticamente dipendenti sono inseriti nella struttura del frame è analizzare le relazioni sintattiche fra reggenti e dipendenti. Di seguito l'albero sintattico per la prima frase dell'articolo.

Index	Dependents	Form	POS
8	none	Alleged	adj
7	none	White House	n
6	7,8	gunman	n
2	[6]	Robert Pickett	n
1	2,3,4,5	was	be
3	(2)9,10	arraigned	ppt
9	none	Wednesday	adv
10	11	at	prp
13	none	a	art
12	none	federal	adj
11	12,13,14	court	n
14	15	in	prp
15	none	Washington	n
4	none	and	cnj
5	(2)16	ordered	ppt
16	(2)17	held	ppt
17	18	without	prp
18	none	bond.	n

1. Washington (CNN)- Alleged White House gunman Robert Pickett was arraigned Wednesday at a federal court in Washington and ordered held without bond.



Frame di Arraignment

Il modo più semplice di utilizzare FrameNet consiste nello scegliere una parola (a partire da quella semanticamente più rilevante) per capire quali frame possono essere attivati da quella parola. Una volta identificati i ruoli semantici, quindi i frame events, si cerca di accoppiare le varie “necessità semantiche” di ogni frame attivato, ossia i vari elementi del frame attivato) con le porzioni della frase in input. Se abbiamo più frame attivati dalla stessa frase si sceglie il frame che si adatta meglio alla frase.

Considerando il Frame di Arraignment, i dettagli temporali del momento dell’arresto devono essere calcolati in base alla data dell’articolo e devono essere risolti i riferimenti anaforici tra R.Pickett della prima frase e i riferimenti successivi.

Per la prima frase il frame attivato è quello dell’Arraignment (citazione in giudizio). In questo contesto, una delle funzioni della corte è quella di informare l’imputato di quali accuse gli sono mosse, quindi “federal magistrate, inform, charges against” possono essere incorporate nella rappresentazione semantica del testo.

In FrameNet se si trova il frame corretto i problemi di ambiguità sono risolti. In particolare, i significati di “magistrate” come ufficiale giudiziario, invece che come capo della magistrature, e di “charge”, come accusa invece che come carica, possono essere determinati utilizzando un criterio di coerenza dettato dal frame scelto e quindi non sono ambigui.

L’analisi non può essere limitata ad un approccio parola per parola, in quanto entità come White House, R. Pickett, the Secret Service, ecc. devono essere considerate in toto. Inoltre, lo stretto legame fra le parole deve essere riconosciuto per i seguenti sintagmi: held without bond, assulting a federal officer with a deadly weapon, preliminary hearing, firing shots, enter a plea.

Le parole “alleged” (dichiarare/affermare) e “allegedly” (presumibilmente) sono casi particolari.

Quando l’aggettivo presunto procede un costituente nominale è associato con la categoria di tale nome. Quando allegedly (“secondo quanto si dice”) si riferisce al verbo reggente, significa che si tratta di una notizia riportata da altra fonte, e funziona da liberatoria per il giornalista che in questo modo attribuisce ad altri la paternità di tale affermazione. Quando “allegedly” è riferito a un verbo che descrive un subevento (who was shot in the knee by the Secret Service...) nasce un problema sullo scope dell’avverbio. In questo caso l’autore di un articolo aggiunge qualche tipo di informazione testimoniale ad una parte della descrizione.

Il frame “Evidentiality”, che viene evocato in queste situazioni, è un **frame metalinguistico** che ha come frame elements L’**ascriber** (colui che attribuisce) e la **description**. Il vocabolario di tale frame comprende “alleged(ly), reported(ly), known, certified, certifiably authentic, suspected, self-described, admitted e pochi altri.

Di seguito i frame evocati dall’articolo dell’esempio:

Frame	Elaborates	Elements	Sub-Frames
Court		Judge(s) Officer(s) Courtroom	
Criminal Process		Court Prosecution (group) Prosecutor Defense (group) Defendant(s) Defense Attorney(s) Charges Law	Court Appearance Arrest Accusation Arraignment Preliminary hearing Trial Verdict
Arraignment		Defendant Court	Stating of Charges Entering of Plea
Confinement		Jailer Prisoner	
Pre-trial Confinement	Confinement	Bail	Confinement Posting of bail Release on bail Return to court Flight
Appointment		Prot1 Prot2	Promise Action
Court-date-setting	Appointment	Judge = Prot1 Defense & Prosecution = Prot2 Action = subframe of criminal process Action.Place = courtroom	
Event		Theme (“affected object”) (Cause) (Result) Place Time	
Action	Event	Actor (Means) (Manner)	Action = Event
Action-Intentional	Action	Actor.type = Sentient	Forming of Intention Action = Action Result = Result
Action on Bodily target	Action	Prot1 = Actor Prot2 Prot2.body.part = Theme	

5.10 Conclusioni

FramNet è una risorsa anglossassone per anglosassoni costruita manualmente e che permette di associare ad una data situazione, descritta da un testo, un insieme di frame grazie ai quali dedurre informazioni semantiche sui vari componenti della frase associati ai relativi frame elements.

6 NASARI

NASARI è la controparte vettoriale di BabelNet, quindi non è una rete semantica.

I metodi principali per il calcolo di una rappresentazione vettoriale sono basati sulla semantica distribuzionale, quindi in significato di un termine dipende dai termini con cui occorre.

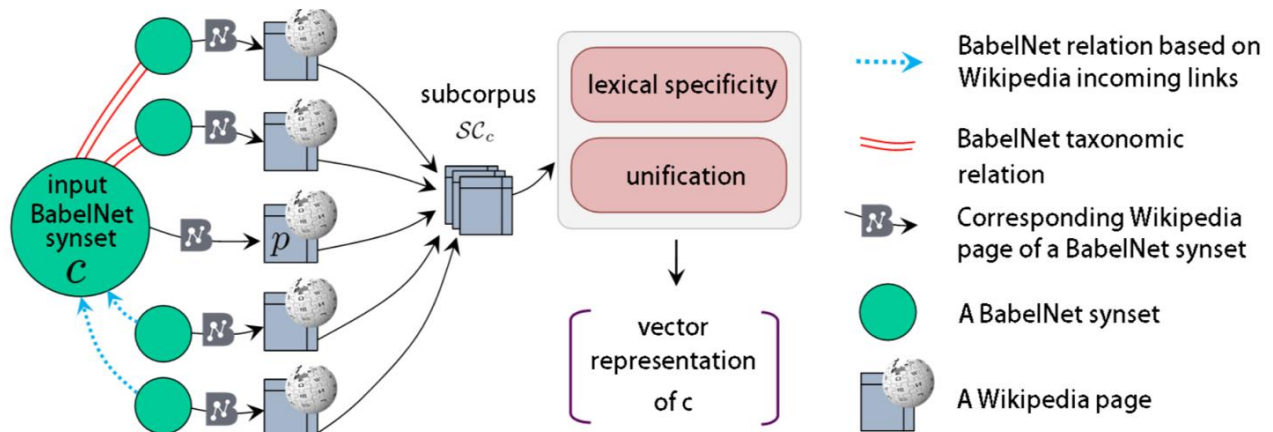
Le rappresentazioni vettoriali hanno diversi problemi, ad esempio non sono in grado di modellare il senso individuale di una parola o di un concetto, visto che fanno confluire diversi significati in un'unica rappresentazione vettoriale. Una prima soluzione a questo problema è data dal MUFFIN.

NASARI è la rappresentazione vettoriale di un synset BabelNet

6.1 MUFFIN (Multilingual, UniFied and Flexible Interpretation)

In questo caso invece di costruire vettori che contano le co-occorrenze tra parole si costruiscono vettori che contano le co-cooccorrenze tra synset BabelNet.

Dato un synset vengono raccolte da Wikipedia le informazioni sul contesto. Analizzando tali informazioni e comparandole con tutti il corpus di Wikipedia si ottiene una rappresentazione vettoriale per quel determinato synset.



Un problema di questo approccio è la generazione di un vettore che rappresenti bene i concetti, **anche nei casi ambigui**. Ad esempio, il vettore per il concetto “piano” deve permetterci di disambiguare tra l’aggettivo e il sostantivo. L’intero procedimento è fatto con l’ausilio di Wikipedia.

6.2 NASARI: tipologie di vettori

In NASARI possiamo avere 3 tipi di vettori:

- **Unified:** rappresentazione puramente concettuale
- **Embedded:** i vettori contengono una descrizione distribuzione, quindi sono rappresentati da una sequenza di numeri e non sono leggibili dall’uomo
- **Lessicali:** i vettori contengono il termine e la descrizione vettoriale mediante un numero di altri termini associati ad un peso

6.2.1 Vettori unified

Sono una rappresentazione concettuale. I passi che esegue l’algoritmo che genera la rappresentazione sono i seguenti:

1. Tramite il clustering vengono raccolte tutte le parole che condividono un iperonimo con quella da rappresentare
2. Viene calcolata la **specificità** per l’insieme di tutti gli iponimi

Questo procedimento trasforma la rappresentazione in uno spazio semantico unificato. In questo modo il problema di confrontare due concetti (ogni concetto è una parola) diventa quello di confrontare due vettori.

6.3 Ottenere insiemi di concetti

L'obiettivo è quello di associare un insieme di concetti $C_w = \{c_1, \dots, c_n\}$ ad una parola w . Il procedimento è ripetuto per tutte le parole da confrontare. Si procede in questo modo:

1. Se w esiste in BabelNet, l'insieme di sensi (concetti) può essere ottenuto prelevando quelli definiti in BabelNet per quella parola.
2. Se w non esiste in BabelNet possiamo recuperare l'insieme di sensi (concetti) utilizzando i **pipeds links**. I pipeds links di Wikipedia sono degli hyperlink che compaiono nel corpo di un articolo Wikipedia fornendo un link ad un altro articolo (sempre di Wikipedia). Ad esempio `[[Crane(Machine)|dockside crane]]` un hyperlink che appare nel testo come "dockside crane" e riporta l'utente ad una Wikipage dal titolo "Crane (machine)". In questo caso vengono utilizzati concetti tutte le parole, diverse dal titolo della pagina Wiki, usate per rimandare a quella pagina.

6.3.1 Rango

Una volta ottenuto l'insieme C_w dei concetti associati ad una certa parola w , calcoliamo tutte le rappresentazioni vettoriali, ossia gli unified vector, di tutti i concetti all'interno dell'insieme C_w . Il processo è ripetuto per tutte le parole/concetti che stiamo confrontando.

Per confrontare due concetti/parole (vettori) utilizziamo il **rango**.

Per confrontare due vettori utilizziamo la **sovrapposizione pesata** che si basa sul rango, ossia su quante volte un termine occorre:

$$WO(v_1, v_2) = \frac{\sum_{q \in O} (rank(q, v_1) + rank(q, v_2))^{-1}}{\sum_{i=1}^{|O|} (2i)^{-1}}$$

Dove O è l'insieme di dimensioni sovrapposte (caratteristiche/relazioni come isA, hasPart) tra i due vettori e $rank(q, v_i)$ è il rango sulla dimensione q nel vettore v_i .

La similarità tra due parole w_1 e w_2 viene calcolata come la similarità dei due sensi più vicini tra loro:

$$sim(w_1, w_2) = \max_{v_1 \in C_{w_1}, v_2 \in C_{w_2}} \sqrt{WO(v_1, v_2)}$$

Ogni vettore in C_{w_1} e C_{w_2} rappresenta un senso di BabelNet.

6.3.2 Ricapitolando

- Prendiamo due parole (concetti) e vogliamo verificare quanto sono semanticamente simili tra di loro.
- Per ognuna delle due parole creiamo un insieme C_w di concetti (BabelNet synset) associati a quella parola.
- Una volta ottenuti i due insiemi di concetti rappresentiamo ogni concetto presente nei due insiemi in forma vettoriale.
- La similarità tra due parole è calcolata con la formula:

$$sim(w_1, w_2) = \max_{v_1 \in C_{w_1}, v_2 \in C_{w_2}} \sqrt{WO(v_1, v_2)}$$

che corrisponde al valore di similarità più alto trovato comparando tutte le combinazioni di vettori pesati in C_{w_1} e C_{w_2} .

$WO(v_1, v_2)$ restituisce un valore di similarità. Più è alto e più i vettori saranno simili (vicini) tra di loro.

6.4 Riassunti automatici

Gli elementi visti in precedenza vengono utilizzati per la generazione automatica di riassunti. L'obiettivo è di produrre un documento che è la sintesi di un documento in input o la sintesi dell'unione di due o più documenti. La sintesi deve contenere gli elementi rilevanti dei documenti iniziali.

6.4.1 Caratteristiche

Il riassunto deve essere **indicativo**, ossia deve fornire un'idea sul contenuto del documento; **informativo**, cioè deve contenere tutti gli elementi principali e rilevanti; **critico**, ossia valutare il documento esprimendo una visione sulla qualità del lavoro dell'autore.

6.4.2 Tipologie

I riassunti possono essere **estrattivi** o **astrattivi**. I riassunti estrattivi sono costruiti riutilizzando parti importanti del testo in input come frasi o paragrafi, mentre i riassunti astrattivi generano il riassunto sulla base delle informazioni raccolte, senza riutilizzarle in modo diretto rielaborando il discorso.

Inoltre abbiamo due approcci per creare i riassunti, uno **poco profondo** e uno **più profondo**.

6.4.3 Approcci

Nell'approccio **poco profondo (IR/Statistics)** guardiamo la sintassi e si producono estratti. Le parti salienti di un documento vengono estratte e unite in qualche modo. L'approccio è **statistico** e opera a livello lessicale contando le co-occorrenze dei termini.

Nell'**approccio più profondo (NLP/IE)** guardiamo anche la semantica delle frasi e produce riassunti. La fase di sintesi include una parte di natural language generation. Tale approccio produce risultati migliori.

6.4.3.1 Confronto

L'approccio IR opera a livello lessicale contando le occorrenze delle parole e necessita di una grande quantità di testi. Tale approccio è robusto ed è adatto a riassunti query-oriented, ossia basati su un certo input. Lo svantaggio principale è la bassa qualità del riassunto prodotto.

L'approccio IE prova a capire il testo e necessita di regole per l'analisi e la manutenzione di tesi. Il vantaggio è che il riassunto prodotto è di elevata qualità, tuttavia il processo è lento.

6.4.4 Singolo doc vs Multi doc

I riassunti possono prendere in input un **singolo documento** o **più documenti**. Nel primo caso abbiamo un documento in input e viene prodotto il suo riassunto. È utilizzato quando si vuole produrre una **headline** o una **outline**.

Nel caso di riassunti a più documenti l'input è un gruppo di documenti e l'obiettivo è produrre un riassunto che è la sintesi del contenuto di tutto l'insieme di documenti. È utilizzato per riassumere una serie di notizie sullo stesso evento o contenuti web sullo stesso topic.

6.4.5 Parametri

Possiamo impostare diversi parametri, quali:

- **Tasso di compressione:** che è dato dal rapporto tra la lunghezza del riassunto e la lunghezza del testo originale $[\text{len}(\text{out})/\text{len}(\text{input})]$
- **Audience:** è possibile scegliere se il riassunto deve essere orientato verso una certa categoria o è generico. In questo modo si vincola il linguaggio da utilizzare nel riassunto.
- **Relazione con la sorgente:** la relazione può essere quella di **estratto**, quindi si copia parola per parola parti di testo, o **astratto** in cui si riassume senza copiare in modo diretto il testo
- **Funzione:** che indica la funzione del riassunto. Essa può essere indicativa, informativa, critica.
- **Coerenza:** rappresenta il modo in cui le parti del testo vengono raccolte e integrate in un unico testo. Possiamo avere un riassunto coerente o incoerente. In un riassunto incoerente i termini lasciano irrisolte le anfore e lasciano buchi nel ragionamento.

6.4.6 Criteri di rilevanza

Ci concentriamo sull'approccio **statistico** per effettuare l'operazione di generazione automatica.

Sono necessari dei **criteri di rilevanza** per le parole. Abbiamo 5 criteri:

1. **Posizione nel testo:** le frasi importanti occorrono in posizioni specifiche. Ad esempio, le informazioni più importanti si trovano nell'introduzione e nella conclusione
2. **Metodo del titolo:** il titolo del documento dà informazioni sul contenuto. Possiamo utilizzare le parole del titolo per trovare il contenuto importante all'interno del testo. Quello che si fa è creare una lista di parole prese dal titolo (eliminando le stop words) e utilizzare le parole della lista come parole chiave per la ricerca di frasi importanti del testo. Tuttavia non possiamo basarci solo sul titolo perché questo potrebbe non essere disponibile.
3. **Optimum Position Policy (OPP):** la posizione delle frasi rilevanti dipende dal genere di documento. Le posizioni possono essere conosciute a priori o determinate automaticamente tramite algoritmi di

apprendimento. Un esempio di algoritmo per determinare dove si trovano le frasi più importanti per un certo genere x è il seguente:

- a. Si estrae la lista di keyword dal titolo
 - b. Si valuta in media dove si trovano le frasi che contengono le keyword (OPP)
4. **Cue phrases method:** nei testi ci sono delle frasi che contengono parole che ci permettono di capire che stanno per essere dette cose importanti (bonus phrases) o inutili (stigma phrases). Ad esempio, delle **bonus phrases** potrebbero essere "The aim of the present paper is...", "The purpose of this article...", "In this report we outline...". Tali frasi contengono comparativi, superlativi, espressioni conclusive ecc. Le **stigma phrases** contengono negazioni, pronomi, ecc. Sono frasi che contengono stigma come "hardly", "impossible", ecc.
- a. Queste frasi possono essere trovate automaticamente assegnando un punteggio ad una frase. Il punteggio di una sentence **aumenta**, se contiene bonus phrase; **diminuisce** se contiene **stigma phrase**. Per sentence si intende una frase con verbo/predicato ecc. tuttavia non è necessario che abbia tutti gli elementi.
5. **Metodi basati sulla coesione:** in generale le frasi importanti corrispondono alle entità maggiormente connesse all'interno di strutture semantiche. Possiamo guardare le **co-occorrenze** delle parole, le **co-reference**, ossia quando due o più espressioni in un testo si riferiscono alla stessa cosa/persona, e le **similarità lessicali**, ad esempio utilizzando WordNet. Il metodo può essere utilizzato indipendentemente dalla lingua.
- Per valutare la coesione e la co-occorrenza delle parole si può utilizzare un metodo IR dove si misura la similarità delle parole per determinare per ogni paragrafo P l'insieme di paragrafi S che sono in relazione con P . Si determina lo score per ogni paragrafo in S e si estraggono i paragrafi con gli score più elevati.

6.4.7 Descrizione dei sistemi di generazione automatica di riassunti

I sistemi di generazione automatica possono essere descritti in base a come risolvono i seguenti problemi:

- **Selezione del contenuto:** ossia quali informazioni selezionano dai documenti
- **Ordinamento dell'informazione:** come ordinano e strutturano l'informazione estratta
- **Realizzazione delle frasi:** quali operazioni di pulizia vengono effettuate sulle frasi estratte in maniera da essere fluenti anche nel nuovo contesto.

6.4.7.1 Algoritmo non supervisionato

Un semplice algoritmo non supervisionato per produrre un riassunto è il seguente:

- Considera uno o più criteri di rilevanza
- Seleziona le sentence più importanti/informative/rilevanti
- Fissa dei valori minimi di importanza che le sentence devono avere
- Estrae n paragrafi dal documento, in particolare considera quelli che superano i valori minimi di importanza

Si deve decidere la lunghezza del riassunto.

La rilevanza/importanza può essere misurata in diversi modi, ad esempio frequenza delle parole, anche se una parola può essere molto probabile in inglese, ma non nel particolare contesto del documento.

Esempio di algoritmo non supervisionato

1. Individua l'argomento del testo da riassumere. L'argomento può fare riferimento ad un insieme di vettori NASARI.
2. Crea un contesto raccogliendo vettori di termini
3. Filtra i paragrafi tenendo quelli più rilevanti, ossia quelli composti dai termini più rilevanti

Per individuare i termini più rilevanti si applicano i criteri di rilevanza (title, cue phrase, cohesion, ecc.) o la nozione di similarità semantica.

7 ConceptNet

L'obiettivo di ConceptNet è diverso rispetto a WordNet, FrameNet e BabelNet.

ConceptNet è una rete semantica che contiene molte cose che i computer dovrebbero conoscere del mondo, specialmente quando si tratta di comprendere testi scritti da umani.

ConceptNet è un database che memorizza e mette in relazione frasi al fine di rappresentare brandelli di senso comune. La **common sense knowledge** è la conoscenza del senso comune interpretato dagli umani come "buon senso".

Lo scopo di ConceptNet è quello di cablare informazioni come "per aprire una porta devi girare la maniglia" o come "se dimentichi il compleanno di qualcuno, questo potrebbe essere arrabbiato con te". Il task non è semplice!

7.1 Common sense

Il senso comune si applica ad aspetti spaziali, fisici, sociali, temporali e psicologici della vita di tutti i giorni. La difficoltà nel definire il senso comune sta nel fatto che non è mai espresso esplicitamente, ma si dà per scontato la sua presenza in ognuno di noi.

Secondo Minsky, il senso comune è composto da 30-60 milioni di informazioni che vengono utilizzate per porre analogie con ciò che ci accade intorno. Per comprendere un testo abbiamo bisogno di una grande dose di common sense, che ogni persona possiede.

Lo scopo di ConceptNet è fornire il common sense alle macchine.

Ad esempio, se consideriamo in concetto "acqua", la conoscenza di senso comune legata a questo concetto è che l'acqua è tipicamente in uno stato liquido, è incolore, inodore e insapore.

Quando le persone comunicano tra di loro fanno riferimento ad un grande insieme di conoscenza comune di background che permette una comunicazione veloce ed efficace.

7.2 Cyc

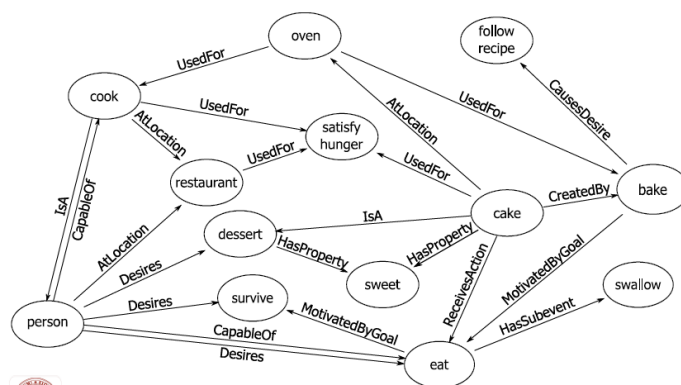
Nessuno strumento visto fino ad ora si è posto il problema di rappresentare il common sense. WordNet parla di significati ed è ottimo per la WSD; BabelNet è un WordNet multilingua potenziato e FrameNet descrive situazioni tipiche grazie alle quali individuare un contesto.

L'unico concorrente di ConceptNet è l'ontologia **Cyc** che ha cercato di rappresentare il senso comune utilizzando un framework logico. Nonostante Cyc sia molto ricca, sia dal punto di vista terminologico che in merito agli individui, il suo approccio si è rivelato fallimentare poiché per poter utilizzare Cyc è necessario prima mappare il testo in input ad una struttura logica (linguaggio CycL). Tale operazione è complessa e poco precisa a causa dell'ambiguità del linguaggio

7.3 ConceptNet: caratteristiche fondamentali

La struttura interna di ConceptNet è un grafo costituito da 1.6 milioni di archi che connettono più di 300 mila nodi. I nodi sono frammenti in lingua inglese; gli archi dispongono di un tipo che rappresenta una fra venti relazioni semantiche possibili che un arco può assumere.

I nodi di ConceptNet sono anche chiamati concetti, tuttavia non sono da confondere con i concetti visto fino ad ora, visto che si tratta di frammenti di testo. Di seguito un estratto di ConceptNet:



I nodi di ConceptNet sono stringhe di testo, ossia concetti composti, costituite da un verbo di azione corredato di uno o due argomenti indiretti (buy food, drive to store). Questo tipo di rappresentazione è agevole per rappresentare i concetti del mondo reale, tuttavia torniamo alle stringhe e quindi pediamo la semantica delle parole. **ConceptNet non distingue fra i significati delle parole.**

7.4 Relazioni semantiche

In ConceptNet abbiamo 20 relazioni semantiche. Da sinonimie, antinomie, meronimie e iponimie si ottengono 20 relazioni semantiche tra cui **causality** (EffectOf), **gerarchia di eventi** (SubeventOf), **abilità di un agente** (AbilityOf), **affect** (PropertyOf, LocationOf, MotivationOf).

Molte applicazioni che ragionano sul contesto richiedono al massimo di distinguere tra relazioni affettive, temporali e spaziali.

7.5 Conoscenza rivedibile

Rispetto a WordNet, la conoscenza di ConceptNet è più informale, ritrattabile e quindi valutabile. Ad esempio la tassonomia formale di WordNet ci permette di rappresentare che “dog isA canine isA carnivore isA mammal”, mentre non è possibile rappresentare l’associazione “dog isA pet”

ConceptNet possiede molta conoscenza rivedibile, ossia è possibile esprimere qualcosa di vero in molti casi, ma non sempre.

7.6 Ragionamento contestuale

WordNet eccelle nella categorizzazione lessicale; Cyc eccelle nel ragionamento deduttivo grazie alla sua struttura logica; ConceptNet eccelle nel **ragionamento contestuale su testi realistici**. Il ragionamento contestuale è fondamentale, in quanto senza contesto non possiamo capire il significato di certe parole ambigue né possiamo comprendere ironia, iperboli e sarcasmo.

Le applicazioni del ragionamento contestuale sono svariate:

- Data una storia che descrive una serie di eventi, da dove prendono luogo questi eventi? Qual è il mood della storia e quali sono i prossimi eventi plausibili? (proiezione spaziale, affettiva e temporale)
- Data una query di ricerca dove uno dei termini può avere significati multipli, qual è il significato più probabile? (disambiguazione del contesto)
- Se si ripresenta un concetto all’interno di una storia, quale dei concetti già conosciuti si approssima più fedelmente a quello appena trovato (analogie)
- Quanto sono simili due termini? (calcolo della relatedness)

Per quanto riguarda la disambiguazione del contesto è necessaria una precisazione: visto che i nodi di ConceptNet sono stringhe è impossibile effettuare WSD in quanto i significati non sono presenti in ConceptNet (non abbiamo sense-id), inoltre gli archi uscenti da un nodo sono eterogenei rispetto al significato del nodo stesso, quindi archi per diversi significati del frammento di testo del nodo sono tutti trattati allo stesso modo.

Ciò che è possibile fare mediante ConceptNet è esplorare le adiacenze di un certo nodo che fa match con parte di un testo fornito in input e sfruttare le relazioni trovate per dedurre informazioni in merito alla query. I frammenti di testo hanno un senso univoco e quindi non esiste alcun problema di ambiguità. Ad esempio, play guitar non è ambiguo rispetto a play tennis; play invece sarebbe ambiguo. Il problema dell’ambiguità riguarda termini singoli e non locuzioni.

Se presente, l’ambiguità riguarda i termini collegati da relazioni e non le relazioni stesse, che sono ben definite, anche se non dotate di un id. Ad esempio, se abbiamo una proprietà il cui significato è noto (capableOf) possiamo conoscere la relazione che intercorre tra (lion-hunt zebra), (football player, pass ball) o (airplane, fly). Queste relazioni possono a loro volta essere utilizzate per estrarre ulteriori informazioni, posto che lion, hunt zebra ecc non siano polisemici, tuttavia anche in questo caso potremmo filtrare i risultati di ConceptNet utilizzando l’overlap con glosse e descrizioni di WordNet.

Per concludere, ConceptNet è impreciso dal punto di vista semantico, tuttavia nessuno strumento o tecnica è sufficiente a domare la complessità del linguaggio naturale, ma tutti possono essere utili se usati con le dovute accortezze.

7.7 Associazioni e rappresentazioni nel NL

ConceptNet è adatto agli usi visti in precedenza poiché fornisce una conoscenza associazionale e una rappresentazione diretta in linguaggio naturale. Del milione e mezzo di fatti che rappresentano i concetti in ConceptNet, circa 1.25 milioni (80%) sono dedicati all'esplicitazione di connessioni generiche tra concetti (ConceptuallyRelatedTo, ThematicKLine ecc.). Questo tipo di conoscenza viene detto **k-lines** da Minsky, il quale sostiene che associazioni di questo genere siano i meccanismi primari adottati dagli umani per processare i contesti e sfruttare la memoria. Infatti è proprio questo tipo di conoscenza che migliora la connettività e la copertura della rete semantica implementata da ConceptNet, rendendo concetti esterni più probabilmente rimappabili su qualche non del sistema.

A differenza dei simboli logici, adottati ad esempio in Cyc, parole diverse possono avere lo stesso significato. Visto che i nodi di ConceptNet sono frammenti testuali è possibile generare delle gerarchie lessicali in maniera simile a WordNet in modo da rendere i significati di un nodo più flessibili e quindi aumentare la probabilità di trovare un match dall'esterno. Ad esempio, i nodi buy food e purchase groceries possono essere uniti in quando buy e purchase sono sinonimo e che groceries è un'istanza di food.

7.8 Corpus di base OMCS

WordNet e Cyc derivano da un lavoro manuale, mentre ConceptNet è generato automaticamente da frasi in inglese derivate dal corpus OMCS (Open Mind Common Sense).

OMCS è un progetto collaborativo aperto del 2000 e si rivolge al pubblico al fine di collezionare frasi di senso comune. Grazie al contributo di 14mila persone OMCS è composto da più di 700mila frasi di common sense. Le frasi sono state poste ai contributori in forma fill-the-blank, "The effect of ___ is ___".

Le frasi da compilare che sono state fornite erano relative a molti domini diversi così da ampliare la copertura di ConceptNet. Esempi di frasi sono: "The effect of eating food is...", "A knife is used for ...".

Nella seconda versione di ConceptNet sono stati aggiunti dei sistemi per **pesare la conoscenza**. Ogni asserzione binaria è stata valutata basandosi su quante volte è stata affermata nel corpus e su quanto è facile inferirla direttamente da altri fatti in ConceptNet. Inoltre sono state aggiunte delle regole di estrazione (extraction rules) che permettono di estrarre ulteriore conoscenza a partire dalle frasi di OCMS. Ad esempio, data la frase "Il limone è un frutto aspro" possiamo estrarre l'informazione di base IsA(lime,fruit) e grazie a regole di estrazione più complesse possiamo estrarre anche PropertyOf(lime,sour).

Anche le **generalizzazioni** vengono inferite. Ad esempio, se la maggior parte dei frutti hanno la proprietà sweet, allora tale proprietà viene **liftata**, ossia passata alla classe padre come PropertyOf(fruit, sweet).

Ad oggi ConceptNet è anche una risorsa multilingua.

7.9 Costruzione di ConceptNet

Il processo per popolare la risorsa è automatico ed è composto da due fasi: una di **estrazione** e una di **rilassamento**:

1. **Fase di estrazione**: si applicano un insieme di regole di estrazione sulle frasi semi strutturate del corpus OMCS
2. **Fase di rilassamento**: si applicano una serie di procedure di rilassamento per ottimizzare la connettività della rete semantica

7.9.1 Fase di estrazione

Vengono utilizzate circa 50 regole di estrazione per mappare le frasi di OCMS in relazioni binarie rappresentate in ConceptNet.

Le frasi poste agli utenti sono semi-strutturate ("The effect of ___ is ___") e ciò ha reso la fase di estrazione relativamente semplice.

Nelle frasi per le quali non è stato possibile estrarre alcun tipo di relazione viene utilizzata la relazione generica "ConceptuallyRelatedTo".

Il risultato di questa fase è una serie di nodi collegati tra di loro strutturalmente omogenei. Ogni nodo è un frammento in lingua inglese composto dalla combinazione di quattro costruzioni sintattiche, non tutte necessariamente presenti:

- Verbi (bui, not eat, drive)
- Locuzioni nominali (red car, laptop computer)
- Locuzioni preposizionali (in restaurant, at work)
- Locuzioni aggettivali (very sour, red)

7.9.2 Fase di rilassamento

Questa fase ha lo scopo di ridurre il gap semantico e di aumentare la connettività del grafo e consiste di 5 fasi:

1. Rimozione dei duplicati
2. Lifting di conoscenza grazie alle relazioni isA
3. Generalizzazioni tematiche e lessicali
4. Parsing delle proprietà
5. Riconciliazione delle discrepanze morfologiche e di vocabolario

7.9.2.1 Rimozione dei duplicati

I duplicati vengono rimossi in quanto alcuni fatti comuni possono essere asseriti più volte. Durante questa fase viene computato il metadato **frequency** che indica quante volte un certo statement è stato asserito.

7.9.2.2 Lifting di conoscenza

Viene effettuato il lifting delle informazioni tramite la relazione isA. A partire dai nodi figli si sfruttano le relazioni isA per portare conoscenza più in alto nella struttura. Per fare ciò si utilizzano delle euristiche. Di seguito un esempio di lifting. In pratica abbiamo una serie di oggetti che sono frutti e tutti questi frutti sono dolci. Possiamo generalizzare dicendo che i frutti sono dolci. Il compito dell'euristica è stabilire se l'implicazione ha senso o meno.

```
[ (IsA 'apple' 'fruit');  
  (IsA 'banana' 'fruit');  
  (IsA 'peach' 'fruit') ]  
  
AND  
  
[ (PropertyOf 'apple' 'sweet');  
  (PropertyOf 'banana' 'sweet');  
  (PropertyOf 'peach' 'sweet') ]  
  
IMPLIES  
  
  (PropertyOf 'fruit' 'sweet')
```

7.9.2.3 Generalizzazioni tematiche e lessicali

In questa fase si effettua una generalizzazione tematica del lessico. Ogni nodo (locuzione inglese) viene generalizzato in senso tematico e lessicale creando quindi una serie di nodi “sinonimi” collegati al loro nodo di origine tramite la relazione SuperThematicKLine. Ad esempio le due locuzioni sono sinonimi e sono entrambe collegate al nodo di origine buy.

```
(SuperThematicKLine 'buy food' 'buy')
(SuperThematicKLine 'purchase food' 'buy')
```

7.9.2.4 Parsing delle proprietà

In questa fase si analizzano i nodi che contengono **noun phrase** ed **aggettivi**. La presenza di aggettivi nelle locuzioni ci permette di aggiungere relazioni di *PropertyOf* ampliando la conoscenza del sistema. Ad esempio, visto che la mela è un oggetto rotondo ed è un frutto rosso, possiamo dedurre che il colore rosso sia una proprietà del concetto mela.

```
[(IsA 'apple' 'red round object');
 (IsA 'apple' 'red fruit')]
```

IMPLIES

```
(PropertyOf 'apple' 'red')
```

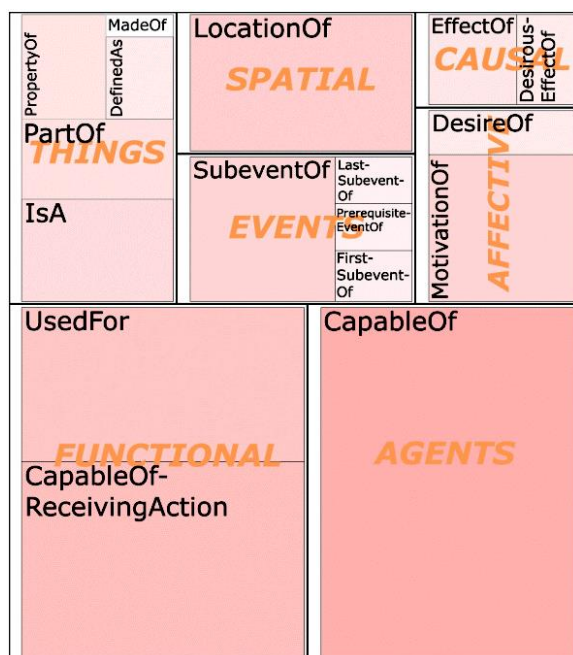
7.9.2.5 Riconciliazione discrepanze morfologiche/vocabolario

Le differenze di vocabolario con “bici” e “bicicletta” vengono collegate e le variazioni morfologiche come “relax/relaxation” (azione vs stato) o “sad/sadness” (aggettivo/nominale) vengono riconciliate aggiungendo delle relazioni lessicali.

7.10 Struttura di ConceptNet

Al termine della creazione della struttura abbiamo 1.6 milioni di asserzioni, di cui circa l’80% sono k-lines in una rete semantica composta da più di 300 mila nodi. Ad oggi ConceptNet contiene più di 32 milioni di asserzioni.

In origine l’ontologia relazionale (vedi Figura) consisteva di 20 tipi di relazione. Ad oggi sono utilizzate 40 relazioni che possono essere ottenute dalle originali precedute anche da un prefisso di negazione (NotUsedFor, NotCapableOf). La dimensione dei quadrati indica la quantità di relazioni di quel tipo.



Di seguito la distribuzioni di valori all'interno di ConceptNet 5.5.0 (sono mostrate solo le 20 relazioni più importanti).

Relationship	Number of associations	% of associations	Relation	Sentence pattern
RELATEDTO	1,449,431	51.25%	LocatedNear	You are likely to find <i>NP</i> near <i>NP</i> .
FORMOF	273,560	09.67%	DefinedAs	<i>NP</i> is defined as <i>NP</i> .
ISA	247,387	08.75%	SymbolOf	<i>NP</i> represents <i>NP</i> .
SYNONYM	237,772	08.41%	ReceivesAction	<i>NP</i> can be <i>VP</i> .
HASCONTEXT	177,677	06.28%	HasPrerequisite	<i>NP VP</i> requires <i>NP VP</i> .
DERIVEDFROM	116,243	04.11%	MotivatedByGoal	You would <i>VP</i> because you want <i>VP</i> .
USEDFOR	42,443	01.50%	CausesDesire	<i>NP</i> would make you want to <i>VP</i> .
SIMILARTO	29,480	01.04%	MadeOf	<i>NP</i> is made of <i>NP</i> .
ATLOCATION	28,960	01.02%	HasSubevent	One of the things you do when you <i>VP</i> is <i>NP VP</i> .
CAPABLEOF	26,354	00.93%	HasLastSubevent	The last thing you do when you <i>VP</i> is <i>NP VP</i> .
HASSUBEVENT	25,896	00.92%	IsA	<i>NP</i> is a kind of <i>NP</i> .
HASPREREQUISITE	23,493	00.83%	UsedFor	<i>NP</i> is used for <i>VP</i> .
ETYMOLOGICALLYRELATEDTO	20,723	00.73%	HasA	<i>NP</i> has <i>NP</i> .
ANTONYM	19,967	00.71%	CapableOf	<i>NP</i> can <i>VP</i> .
CAUSES	17,088	00.60%	Desires	<i>NP</i> wants to <i>VP</i> .
HASPROPERTY	13,553	00.48%	CreatedBy	You make <i>NP</i> by <i>VP</i> .
PARTOF	12,795	00.45%	PartOf	<i>NP</i> is part of <i>NP</i> .
MOTIVATEDBYGOAL	9,807	00.35%	Causes	The effect of <i>VP</i> is <i>NP VP</i> .
RECEIVESACTION	8,383	00.30%	HasFirstSubevent	The first thing you do when you <i>VP</i> is <i>NP VP</i> .
HASA	7,735	00.27%	AtLocation	Somewhere <i>NP</i> can be is <i>NP</i> .
			HasProperty	<i>NP</i> is <i>AP</i> .

Daniel Borzooei, TLN - a.a. 2018-2019

Di seguito possiamo osservare il conteggio dei nodi di ConceptNet divisi per tipologia semantica (in grassetto). Sotto ogni tipologia c'è qualche esempio correlato degli indici *f* ed *i* che rappresentano rispettivamente il numero di volte che il fatto è stato asserito in OMCS ed il numero di volte che l'indice è stato inferito da ConceptNet.

K-LINES (1.25 million assertions) (ConceptuallyRelatedTo 'bad breath' 'mint' 'f=4;i=0;') (ThematicKLine 'wedding dress' 'veil' 'f=9;i=0;') (SuperThematicKLine 'western civilisation' 'civilisation' 'f=0;i=12;')
THINGS (52 000 assertions) (IsA 'horse' 'mammal' 'f=17;i=3;') (PropertyOf 'fire' 'dangerous' 'f=17;i=1;') (PartOf 'butterfly' 'wing' 'f=5;i=1;') (MadeOf 'bacon' 'pig' 'f=3;i=0;') (DefinedAs 'meat' 'flesh of animal' 'f=2;i=1;')
AGENTS (104 000 assertions) (CapableOf 'dentist' 'pull tooth' 'f=4;i=0;')
EVENTS (38 000 assertions) (PrerequisiteEventOf 'read letter' 'open envelope' 'f=2;i=0;') (FirstSubeventOf 'start fire' 'light match' 'f=2;i=3;') (SubeventOf 'play sport' 'score goal' 'f=2;i=0;') (LastSubeventOf 'attend classical concert' 'applaud' 'f=2;i=1;')
SPATIAL (36 000 assertions) (LocationOf 'army' 'in war' 'f=3;i=0;')
CAUSAL (17 000 assertions) (EffectOf 'view video' 'entertainment' 'f=2;i=0;') (DesirousEffectOf 'sweat' 'take shower' 'f=3;i=1;')
FUNCTIONAL (115 000 assertions) (UsedFor 'fireplace' 'burn wood' 'f=1;i=2;') (CapableOfReceivingAction 'drink' 'serve' 'f=0;i=14;')
AFFECTIVE (34 000 assertions) (MotivationOf 'play game' 'compete' 'f=3;i=0;') (DesireOf 'person' 'not be depressed' 'f=2;i=0;')

41

7.11 ConceptNet: applicazioni

7.11.1 Practical common sense reasoning

In questa sezione vediamo come utilizzare ConceptNet per fare inferenze.

Mentre la logica è microscopica, a grana fine, ben definita e statica; il **contesto** è macroscopico, percepito come un tutt'uno, euristico e abbastanza dinamico.

ConceptNet eccelle nelle risoluzioni di problemi legati al contesto proprio per le sue caratteristiche dinamiche. I creatori di ConceptNet hanno rappresentato il modo in cui interagiscono diversi concetti di common sense, invece di concentrarsi sulla ricerca della verità assoluta di alcune asserzioni.

Dato un certo concetto, tramite le API di ConceptNet, possiamo effettuare la chiamata `getContext()` che ci fornirà tutte le adiacenze e quindi ci aiuterà a distinguere in contesto in cui si trova il concetto. Ad esempio, se la query è **carrot** potremmo trovare una relazione con **vegetable** e comprendere che il contesto è quello delle verdure. Tuttavia questa chiamata a funzione si comporta bene su query poco polisemiche.

Il risultato della chiamata `getContext()` è basato sulla ricerca della **relatedness**. La relatedness di un certo nodo è calcolata considerando la distanza fra il concetto/query e il risultato restituito e considerando anche il numero e la forza dei path che collegano i due concetti in esame. (**Contextual neighbourhoods**).

La funzione `getContext()` è utile per l'**espansione semantica**, ossia per comprendere meglio l'input e per il **topic generation**. Ad esempio, dando **restaurant** come input si otterrebbero frasi come `order food`, `water` e `menu`, che potrebbero essere utilizzate per generare testo relativo all'input.

7.11.2 Analogy making

Negli umani la creatività e le attività di apprendimento sono fortemente legate all'utilizzo di analogie. L'analogia è il rapporto di somiglianza tra alcuni elementi che costituiscono due fatti od oggetti tale da far dedurre mentalmente un certo grado di somiglianza tra i fatti o gli oggetti stessi.

In ConceptNet due sono **analoghi** se i loro insiemi di **archi entranti** sono **sovrapposti**. Ad esempio, visto che "apple" e "cherry" hanno gli stessi archi entranti `[(PropertyOf(x,red); PropertyOf(x,sweet), isA(x,fruit))]` sono in qualche modo concetti analoghi.

Poter comprendere o produrre analogie/metafore permette un utilizzo figurato del linguaggio.

7.11.3 Proiezioni

La proiezione è un cammino a partire da un nodo di origine costruito sfruttando tutte e sole le relazioni transitive di un certo tipo. Ad esempio, LA è in CA che è a sua volta negli USA. La relazione `LocationOf` è transitiva e quindi possiamo usare una proiezione e dire che LA è negli USA, senza dover indicare esplicitamente la relazione nel grafo.

7.11.4 Disambiguazione e classificazione

In ConceptNet è implementata una soluzione naive per la **classificazione** e la **disambiguazione**.

Dato un task di classificazione/disambiguazione, per ogni classe/contesto si genera un prototipo, ossia un documento di esempio, il quale viene dato in input ad una funzione che computa le regioni di ConceptNet che quell'esempio ricopre. Ogni input fornito a ConceptNet viene associato ad una classe o disambiguato individuando l'esempio situato a distanza minima dalla zona ricoperta dall'input. (una sorta di KNN).

Questo sistema di classificazione è simile ad un approccio vettoriale statistico in cui si calcolano le distanze fra vettori di features (cosine similarity). In questo caso le feature sono basate su elementi della semantica common sense (tempo, spazio, sentimenti) invece di essere basate su feature basate sulla statistica (punteggiatura, frequenza delle parole, ruoli semantici ecc).

7.11.5 Affect sensing

L'affect sensing consiste nell'associare ad un certo concetto un affect, ossia un sentimento.

Per computare l'affect sensing una piccola porzione dei concetti in ConceptNet sono stati classificati manualmente in 6 **affect categories**: happy, sad, angry, fearful, disgusted, surprised.

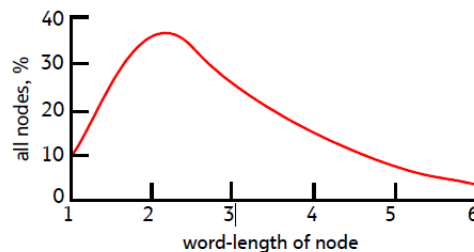
Se l'input di una query di affect sensing è un concetto già in relazione con una affect category, allora si restituisce la categoria associata; altrimenti si risale all'affect category più appropriata esaminando i cammini che portano il concetto in input a quelli già categorizzati.

7.12 ConceptNet: Valutazione

La valutazione delle performance non è facile poiché definire il senso comune non è banale.

Un semplice approccio potrebbe essere quello di definire alcune condizioni minimali con cui definire un senso comune, tuttavia anche questo task non è immediato.

Quello che si può fare è vedere quanto i concetti siano espressivi considerando quanto questi siano evocativi. Possiamo utilizzare la lunghezza delle locuzioni contenute nei nodi per quantificare questa feature (evocatività). In generale, più la locuzione è corta e più il nodo è semplice. Approssimativamente il 70% delle locuzioni dei nodi ha una lunghezza minore o uguale alle 3 parole. Osservando il seguente grafico notiamo che la maggior parte delle locuzioni dei nodi sono corte e più semplici di una qualsiasi frase composta, come ad esempio "Take dog for walk".



Visto che la maggior parte delle asserzioni sono semplici potremmo chiederci quanto queste siano ripetute. Per fare ciò calcoliamo la frequenza con cui le asserzioni contenute in ConceptNet sono presenti nel corpus OCMS. Circa il 32% delle asserzioni di CN non sono mai state asserite in OCMS, quindi sono state inferite; il 58% delle asserzioni è stato asserito solo una volta; il restante 10% (160mila statements) è stato asserito due o più volte.

Avere il 32% di statements inferiti indica che CN dispone di un buon sistema di estrazione e generazione delle informazioni.

8 COVER

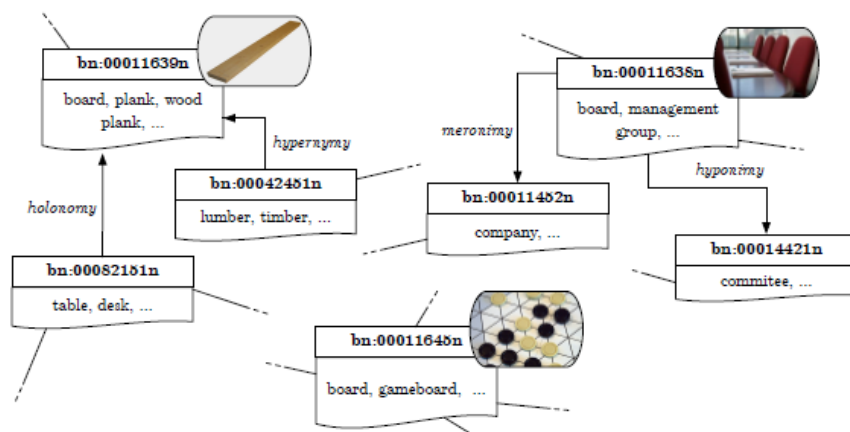
Cover è stato sviluppato a DI.UNITO ed è detto **Cover** perché l'algoritmo su cui si basa si chiama COVER (**C**ommon-sense **V**ectorial **R**epresentation **A**utomatic **G**enerator).

Lo scopo dell'algoritmo è di integrare BabelNet e ConceptNet per generare in modo automatico una rappresentazione vettoriale del senso comune per un dato concetto in input.

8.1 Refresh

8.1.1 BabelNet

BabelNet è una risorsa multilingua automaticamente costruita. È una rete semantica in cui i nodi sono synset, ossia insiemi di sensi. Contiene 14 milioni di synset e 746 milioni di sensi di parole distribuiti tra oltre 270 lingue. Di seguito diversi synset che contengono il termine **board**.



8.1.2 NASARI

NASARI fornisce una rappresentazione vettoriale degli elementi di BabelNet. È formato da vettori costruiti sulla base di BabelNet e Wikipedia.

NASARI, tramite i vettori illustra quanto i termini co-occorrano, quanto sono vicini e associabili tra loro. Esistono tre versioni di NASARI: **unified**, **embedded**, in cui i concetti sono numeri in uno spazio 300 dimensionale che ci permette di stabilire la vicinanza tra due termini; **lexical** che non viene utilizzata all'interno di cover.

8.1.2.1 Unified NASARI

Ogni vettore possiede una **testa** e una **coda**.

- **Testa:** indica quale concetto stiamo analizzando tramite un BabelNet synset id e un WordNet synset id insieme al titolo di Wikipedia.
- **Coda:** in cui abbiamo una lista di BabelNet synset id correlati che aiutano a rappresentare il concetto. Ad ogni elemento presente nella coda viene associato un valore che indica quanto l'elemento sia correlato al concetto contenuto nella testa.

Di seguito un unified vector per il concetto di board:

bn:00011639n	{board, plank, Plank (wood), ...}	TESTA
wn:15101854n		
Plank (wood)		
bn:00052293n	[343.35] {Timbered, 2x4 wood, ...}	CODA
bn:00011639n	[289.82] {board, plank, ...}	
bn:00081492n	[249.42] {wood, sapwood, ...}	
bn:00013077n	[201.57] {bridge, span, ...}	
bn:00074531n	[126.16] {Strake, Wale, ...}	
bn:00077259n	[112.47] {timber}	
bn:00008691n	[104.7] {barrel, cask, ...}	

8.1.3 ConceptNet

ConceptNet è una rete basata sulla conoscenza di common sense. Contiene più di 10 milioni di relazioni che collegano circa 3 milioni di concetti. Di seguito una pagina per il concetto board:

board

board — *UsedFor* → build
a board is for building

board — *RelatedTo* → game
board is related to a game

board — *RelatedTo* → wood
board is related to wood

board — *RelatedTo* → flat
board is related to flat

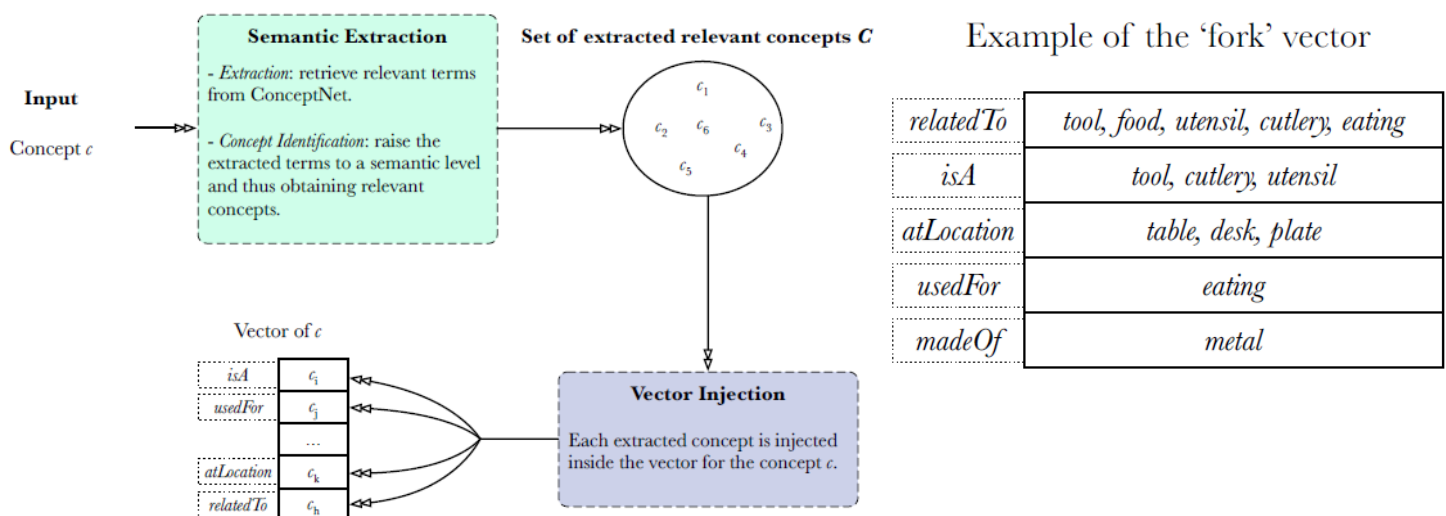
director — *MemberOf* → board

board — *RelatedTo* → wooden
board is related to wooden

8.2 L'algoritmo

L'obiettivo è mettere insieme BabelNet, NASARI e ConceptNet per rappresentare il senso comune. L'idea dell'algoritmo è la seguente:

1. L'algoritmo riceve in input un concetto (inteso come Babel synset id)
2. Viene eseguita una fase di estrazione semantica in cui vengono eseguite due operazioni:
 - a. Un'operazione di estrazione in cui selezioniamo i termini rilevanti da ConceptNet
 - b. Un'operazione di identificazione di concetti dove otteniamo la semantica dei termini estratti ottenendo in questo modo i concetti rilevanti.
3. L'insieme dei concetti estratti viene scritto all'interno di un vettore c che conterrà una serie di campi: *relatedTo*, *isA*, *atLocation*, *usedFor*, *madeOf*.



L'aspetto più importante è che l'informazione contenuta all'interno del vettore risultato è concisa, rilevante e inerente al concetto. Questa esigenza è dovuta al fatto che il senso comune è prezioso perché non è enciclopedico e fornisce poche informazioni, ma molto utili e rilevanti.

Esempio

Consideriamo la costruzione del vettore per il concetto **fork**.

Consideriamo il vettore NASARI del termine e si procede alla fase di estrazione con cui cerchiamo in ConceptNet diversi modi di riferirci la forchetta secondo i synset di BabelNet. Ad esempio fork in BabelNet si dice anche “pickle fork” o “dinner fork”. Ognuno di questi termini viene cercato in ConceptNet.

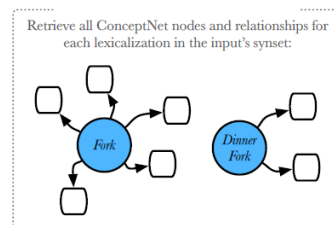
FASE 1: input concetto

L’input del sistema è il concetto **bn:00035902n** che corrisponde al BabelSynsetId di *fork* inteso come “a utensil used for eating or serving food”. Di seguito un esempio di vettore NASARI (sx) e di concetto (dx)

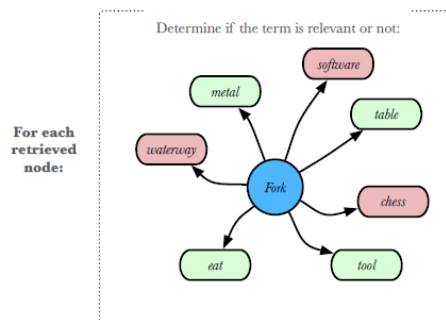
bn:00024649n {tableware, ...}
bn:00049322n {knife, ...}
bn:00073547n {spoon, ...}

...

bn:00035902n
{Fork, King of utensils, Pickle fork, Fish fork, Dinner fork, Chip fork, Beef fork}



Grazie a questa prima operazione recuperiamo anche l’insieme di termini collegati a fork. Alcuni di questi saranno interessanti (table), altri no (version control system informatica).



FASE 2.1: estrazione per selezionare i termini rilevanti

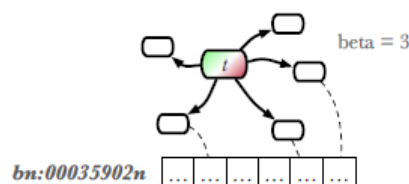
A questo punto si procede con la fase di identificazione dei concetti rilevanti. In questa fase consideriamo ogni nodo restituito e terminiamo se il termine contenuto nel nodo è rilevante o meno.

Un termine **t** è **rilevante** se una delle seguenti condizioni è verificata:

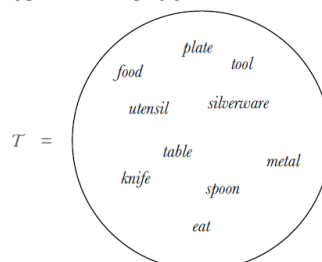
1. **t** è un termine di un synset di uno degli elementi contenuti nel vettore NASARI di input

bn:00035902n ... bn_n{t} ...

2. se almeno 3 elementi direttamente collegati a **t** sono elementi presenti all’interno del vettore NASARI in input



In questo modo otteniamo l’insieme dei termini rilevanti:



FASE 2.2: identificazione dei concetti per ottenere la semantica

A partire dall'insieme dei termini rilevanti T dobbiamo passare ad un insieme di concetti rilevanti C estratti da BabelNet.

È importante capire come sono stati ottenuti i termini:

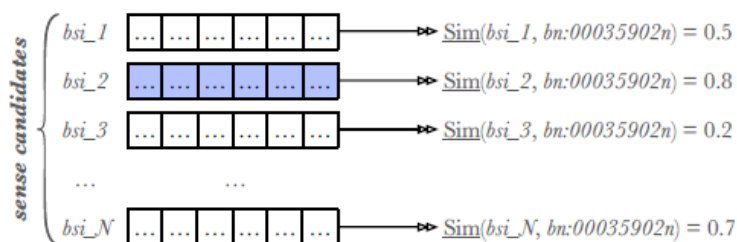
Se il termine era presente direttamente nel vettore NASARI (prima condizione), allora in concetto sarà direttamente presente nel vettore dei concetti. In pratica inseriamo in C il BabelSynsetId corrispondente al termine che stavamo valutando.

bn:00035902n

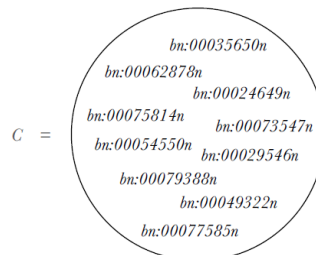
...	...	<i>bn:n{4...}</i>
-----	-----	-------------------	-----	-----

Se il termine era stato inserito tra i termini rilevanti mediante la seconda condizione, allora recuperiamo tutti i possibili BabelNet synset per quel termine (quindi i loro vettori NASARI) e calcoliamo la similarità di ognuno di essi con il vettore NASARI di input.

Se il valore di similarità del senso più simile supera una certa soglia, allora il senso è stato trovato. Per ridurre il numero di fallimenti del procedimento si utilizza una soglia minima.

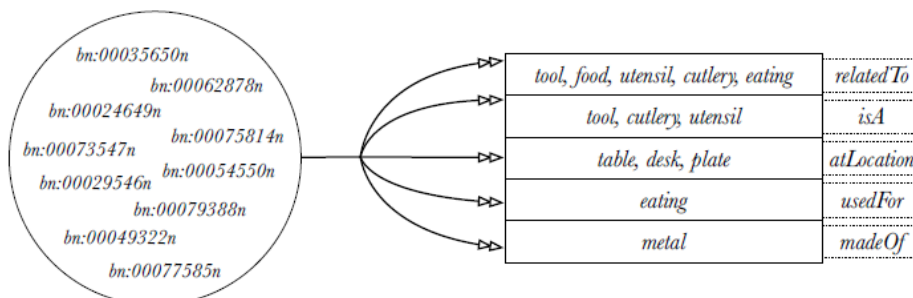


Alla fine di questa fase otteniamo un insieme di concetti C costruiti a partire dall'insieme dei termini T.



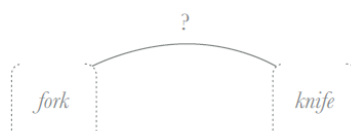
FASE 3: output

A questo punto si inseriscono i concetti in C nel vettore c. Ogni concetto è inserito nella giusta posizione del vettore tramite le relazioni di ConceptNet



8.3 Concept similarity

La **concept similarity** è molto importante. Il task consiste nell'assegnare un punteggio di similarità a due concetti dati. Il task è risolto da SW che hanno ottenuto score simili a quelli ottenuti da esperti umani, inoltre tali SW sono più d'accordi fra di loro nei punteggi assegnati di quanto lo siano gli esperti umani.



8.3.1 Concept similarity in COVER

In COVER si assume che due concetti sono tanto più simili quanto più condividono gli stessi valori sulle stesse dimensioni, ossia sono utilizzati per lo stesso fine. La similarità tra concetti è calcolata come la media della similarità calcolata tra ogni dimensione.

La similarità tra dimensioni si utilizza il rapporto simmetrico di Tversky:

$$\text{sim}(\vec{c}_i, \vec{c}_j) = \frac{1}{N^*} \cdot \sum_{k=1}^{N^*} \frac{|s_k^i \cap s_k^j|}{\beta (\alpha a + (1 - \alpha) b) + |s_k^i \cap s_k^j|}$$

Dove:

- il numeratore conta il numero di concetti che sono stati usati come filler per la dimensione d_k nel vettore del concetto c_i e nel vettore del concetto c_j
- N^* è il numero di dimensioni presenti in entrambi i vettori
- $a = \min(|s_k^i - s_k^j|, |s_k^j - s_k^i|)$ and $b = \max(|s_k^i - s_k^j|, |s_k^j - s_k^i|)$.
- Alpha e beta fanno tuning sulla mancanza di dati di uno dei due parametri. Una mancanza di dati non è dovuta al concetto stesso, ma al fatto che si ha meno materiale su quel concetto. Ad esempio, se non conosciamo il materiale di una tenaglia e quindi non abbiamo il match con quello della chiave inglese, la colpa non è detta tenaglia, ma del fatto che in BabelNet si trovano poche informazioni sulla tenaglia.

Esempio

Consideriamo i concetti cock e bird. Cover calcola una similarità di 0.63 contro il gold standard di 0.65.

Per ogni feature (dimensione) in comune, ad esempio *relatedTo*, prendiamo tutti i valori dei vettori in quella colonna (44 nel caso di bird che è una parola comune e 6 nel caso di cock) e cerchiamo gli elementi in comune. In questo caso ne troviamo 4 su 6 e applichiamo il rapporto simmetrico di Tversky così da assegnare un punteggio a quella feature. Alla fine si fa una media complessiva tra le feature trovate e otteniamo un indice di correlazione pari a 0.63, che è ottimo, considerano lo score di un umano.

Dimension	Dim. Score	V1 V2 count	Shared values
<i>relatedTo</i>	0.68	44 06	<i>feather, chicken, roosting, vertebrate</i>
<i>isA</i>	0.58	07 04	<i>animal</i>

8.4 Valutazione algoritmo

L'algoritmo raggiunge buoni correlation score, ma è lontano dallo stato dell'arte. I risultati mostrano che COVER è adatto al tipo di task che si vuole risolvere.

Inoltre l'algoritmo è in grado di **fornire automaticamente una spiegazione per i valori di similarità**, caratteristica che sembra essere unica in letterature.

Lo score di similarità fornito dal sistema appare come un numero oscuro, quindi la similarità tra concetti non è spiegabile. Tuttavia grazie al fatto che i vettori cover contengono informazioni esplicite interpretabili dall'uomo è possibile spiegare lo score. La spiegazione è ottenuta riportando i valori che matchano in tutti e due i vettori comparati. Infine sono stati utilizzati semplici approcci di NLG per mostrare la spiegazione del risultato.

```
The similarity between atmosphere [bn:00006803n] and ozone [bn:00060040n] is 2.52 because they are gas; they share the same context chemistry; they are related to stratosphere, air, atmosphere, layer, ozone, atmosphere, oxygen, gas.
```