

Negoziati di significato

Alessandro Oltramari, Stefano Borgo, Carola Catenacci, Roberta Ferrario, Aldo Gangemi, Nicola Guarino, Claudio Masolo, Domenico Pisanelli

ISTC-CNR, Laboratorio di Ontologia Applicata
www.loa-cnr.it

Sommario

L'ontologia – “lo studio dell'essere in quanto essere”, scriveva Aristotele – nasce ed è usualmente concepita come una disciplina strettamente filosofica, lontana dal mondo della tecnologia. Negli ultimi anni, tuttavia, l'esplosione delle comunicazioni in rete ha favorito un nuovo fenomeno: gli aspetti ontologici dell'informazione hanno acquistato un crescente valore strategico. Mediante una caratterizzazione ontologica dell'informazione, infatti, questa può essere reperita, isolata, organizzata e integrata in base a ciò che più conta: il suo *contenuto*. Questo breve articolo si propone di presentare in modo informale un aspetto fondamentale delle ricerche in questo campo, legato al problema della disambiguazione del significato.

Dopo l'ultima esplorazione Davide aveva contratto una violenta forma influenzale, o almeno così credeva, dal momento che aveva letto di sintomi del genere solo nel manuale di archeomedicina, ai tempi dell'università. Febbre alta, mucosa irritata, difficoltà respiratorie, cefalea: la situazione peggiorava d'ora in ora, mettendo a repentaglio la riuscita della missione.

«Ci deve essere un problema con i filtri per il trattamento dell'aria» pensò Davide, responsabile dell'ultima missione spaziale programmata per il 2103.

Davide decise così di ricorrere a JIMMIE, sistema di intelligenza artificiale con cui erano equipaggiate tutte le astronavi dell'epoca. JIMMIE poteva elaborare dati di vario genere e interagire con utenti umani mediante un classico procedimento di domanda/risposta. Caricato il referto dei test clinici e inserita la *query* ‘cura’, Davide aveva visto comparire sullo schermo olografico le specifiche del nanobot¹ da impiegare contro il virus influenzale: purtroppo nulla di così peculiare era disponibile sul vascello, provvisto solo di dispositivi standard (come accadeva regolarmente ormai su tutte le unità della flotta, a causa dei tagli effettuati dall'Agenzia Spaziale) e costruire un nanobot ex-novo avrebbe richiesto tempi troppo lunghi. JIMMIE non sembrava possedere in memoria alcuna traccia né dei trattamenti anti-influenzali tipici del Ventesimo Secolo, né delle medicine che venivano usate a quell'epoca. Davide era sicuro dell'efficacia di tali trattamenti (che però richiedevano tempi abbastanza lunghi, diversamente dai nanobot che avevano un effetto quasi istantaneo), ma purtroppo non ne aveva che un vago ricordo accademico.

¹ Recente generazione di robot multifunzionale miniaturizzato, frutto di ricerche avanzate in nanoscienza, che viene iniettato nel corpo umano per risolvere anomalie di vario tipo.

«Possibile che questo sistema non conosca *altre cure*?»

Davide pensò allora di interagire con la macchina in un modo più astratto, chiedendogli quale fosse lo “schema” che aveva usato per dare una risposta alla sua *query*, come gli avevano insegnato al corso di comunicazione uomo-macchina.

Guardando lo schema, un diagramma olografico dove parole scritte, immagini e icone sonore erano collegati fra loro come se fossero moscerini intrappolati in una ragnatela, Davide si accorse che “cura” stava in uno schema del tipo “fermo-immagine”: intorno a una bolla che riportava la scritta “cura” in varie lingue erano collegate immagini di oggetti e dentro la bolla compariva chiaramente l’ingrandimento di un nanobot.

Evidentemente, per JIMMIE non esistevano che cure in termini di *entità fisiche*, cioè estese nello spazio come lo sono i tavoli, le persone, i pianeti e, nel caso specifico, i nanobot. Davide però possedeva anche il senso di cura come trattamento nel tempo, come *evento*, pur ignorandone le istanze, cancellate dalla memoria collettiva e dalle pratiche linguistiche del periodo.

Quindi, anche se Davide non poteva sapere se il sistema contenesse o no informazioni relative alla somministrazione di sciroppi, pillole e liquidi da iniettare, sapeva però per certo che JIMMIE non catalogava queste entità insieme ai nanobot, e quindi non le considerava cure. Si era imbattuto in un caso tipico di “divergenza fondamentale” (fino ad allora gli era capitato soprattutto con il sistema di assistenza psicologica di JIMMIE) sul significato del termine ‘cura’: secondo le informazioni archiviate nel database del sistema, la cura per una qualsiasi patologia poteva consistere solo in un artefatto assemblato *ad hoc* secondo le tecniche della moderna nanoingegneria. L’azione istantanea dei nanobot sulle cellule aveva completamente cancellato dall’uso comune la vecchia concezione di terapia come successione di eventi, che richiedeva tempi spesso lunghi e l’impiego di tecniche e preparati differenti.

«Eh, ti ho beccato!» bofonchiò Davide, e riflettè sul fatto che lui e JIMMIE (che erano entrambi “agenti intelligenti”, anche se di materiale diverso, come gli avevano insegnato) stavano interagendo grazie ad un termine presente in entrambi i rispettivi linguaggi, ma con *significato* differente.

1 Una questione di contenuto

Questo frammento di racconto illustra un esempio piuttosto tipico di disaccordo tra agenti. Si tratta in questo caso di un problema di *ambiguità semantica*², che come vedremo può essere risolto solo con un processo di *negoziazione del significato*. Trame futuribili a parte, già da molti anni tali problemi sono tra le questioni più pressanti che deve affrontare la comunità informatica e, con essa, quella particolare fascia di ricercatori che si occupa di *ontologia applicata*. L’ontologia – “lo studio dell’essere in quanto essere”, scriveva Aristotele – nasce ed è usualmente concepita come una disciplina strettamente filosofica, lontana dal mondo della tecnologia. Salvo alcune eccezioni, gli elementi di natura ontologica hanno avuto in passato un ruolo molto limitato nel mondo informatico, che si è concentrato soprattutto sugli aspetti legati alla codifica e alla rappresentazione dell’informazione. Negli ultimi anni, tuttavia, l’esplosione delle comunicazioni in rete ha favorito un nuovo fenomeno: gli aspetti ontologici dell’informazione, intrinsecamente indipendenti dalle forme di

² Evitiamo qui di considerare cosa sarebbe successo se il sistema non avesse riconosciuto la query di Davide, se fosse stato cioè sprovvisto del termine “cura”. Come sarebbe potuta avvenire l’interazione tra i due? La situazione si sarebbe complicata notevolmente.

codifica, hanno acquistato un crescente valore strategico. Mediante una caratterizzazione ontologica dell'informazione, infatti, questa può essere reperita, isolata, organizzata e integrata in base a ciò che più conta: il suo *contenuto*. L'organizzazione adeguata dei contenuti è oggi cruciale nella prospettiva delle aziende integrate e del commercio elettronico, ed è indispensabile per semplificare i processi di comunicazione tra agenti umani e artificiali.

Si è affermato quindi un filone di ricerca fortemente interdisciplinare, che, facendo tesoro degli strumenti di analisi e dei risultati della filosofia e della linguistica, si propone una caratterizzazione logica rigorosa dei termini e delle categorie ontologiche utilizzate nei sistemi informativi, con lo scopo di aumentarne la trasparenza semantica e l'interoperabilità. In altre parole, l'esigenza è quella di caratterizzare meglio i fondamenti ontologici dell'ingegneria della conoscenza e della modellazione concettuale. Questo è l'ambito in cui opera il Laboratorio di Ontologia Applicata (LOA) dell'Istituto di Scienze e Tecnologie della Cognizione del CNR, nato dalla recente ristrutturazione dell'Ente³.

Partendo dall'esempio di Davide, questo breve articolo si propone di presentare in modo informale un aspetto fondamentale della nostra attività di ricerca, legato al problema della disambiguazione del significato. Più in generale, vorremmo dare al lettore un'idea della prospettiva dell'*ontologia applicata*⁴.

2 Dai vocabolari alle ontologie

Cerchiamo di descrivere con maggior precisione le caratteristiche del disaccordo tra Davide e JIMMIE. Pur non avendo elementi per poter accertare se i rispettivi vocabolari coincidano, sappiamo che il termine 'cura' rappresenta un punto d'intersezione tra i vocabolari dei due agenti, un nodo comune. Questo tuttavia si dimostra un requisito insufficiente per garantire una comunicazione adeguata. A prescindere dal fatto, del tutto contingente, che Davide non ha memoria precisa dei trattamenti e delle medicine usati in passato contro l'influenza, egli tuttavia è in grado di *concepire*, dato il suo retaggio culturale, due sensi della parola 'cura': oggetto fisico ed evento. JIMMIE, invece, sembra essere dotato solo del primo senso, per di più circostanziato ai nanobot. Per capire dove fosse il problema, Davide ha dovuto interrogare JIMMIE mediante uno strumento adeguato ad esprimere i rispettivi *significati intesi*, indispensabili per individuare l'ambiguità del termine 'cura'. Il conseguimento di tale obiettivo, inoltre, non ha richiesto esclusivamente dall'analisi di un solo termine, ma di tutti quelli ad esso legati da relazioni semantiche. In questo senso, la funzione di un'ontologia (lo "schema" di JIMMIE), intesa come prodotto informatico, risiede proprio nell'esplicitare il significato inteso di un vocabolario, specificare l'impegno che un linguaggio assume verso una certa concettualizzazione del mondo⁵. Appare evidente come i nostri due protagonisti abbiano diverse concettualizzazioni⁶, e quindi anche differenti ontologie. Come possono essere espresse, dunque, queste differenze? E quali scelte ontologiche sottendono?

³ <http://www.loa-cnr.it/>

⁴ un'introduzione più approfondita si Masolo, C., Oltramari, A., et al. (2003).

⁵ Guarino, N. (1998), Gruber, T. R. (1995).

⁶ Tralasciamo qui la discussione sulla natura delle concettualizzazioni umane e sul confronto con le rappresentazioni del mondo che una macchina può avere.

3 Ontologie leggere e ontologie fondazionali

La cura in quanto oggetto fisico e la cura nel senso di evento (che d'ora in poi indicheremo con 'cura_oggetto' e 'cura_evento') si riconducono rispettivamente alle categorie ontologiche di continuante (*endurant*) e di occorrente (*perdurant*)⁷. La distinzione classica tra questi due tipi di entità si basa su considerazioni di carattere temporale. I continuanti sono sempre interamente presenti, cioè con tutte le loro parti proprie, ogni qualvolta sono presenti; gli occorrenti, al contrario, quando sono presenti lo sono solo parzialmente, dal momento che alcune loro parti sono nel passato o nel futuro. Ad esempio, il foglio di carta che state leggendo è ora interamente presente mentre alcune parti temporali della vostra lettura non lo sono più o non lo sono ancora. Nella tradizione filosofica⁸ si dice che i continuanti sono nel tempo, e possono subire cambiamenti durante la loro esistenza (una persona, un tavolo, una montagna,...), mentre gli occorrenti accadono nel tempo, non potendo quindi mutare, pena la perdita d'identità (bere un bicchiere d'acqua, giocare a calcio,...).

Per specificare in termini ontologici cura_oggetto e cura_evento risulta quindi importante sfruttare la distinzione continuante/occorrente. In particolare, come abbiamo visto, Davide dimostra di possedere implicitamente entrambe le nozioni di cura, mentre JIMMIE solo la prima. Per poter interagire efficacemente nel caso specifico, i due agenti dovranno poi essere dotati di altri termini (definiti dal punto di vista ontologico), quali 'diagnosi', 'malattia', 'funzione vitale', 'morte', ecc. Alla luce di queste considerazioni, l'interrogativo finale di Davide, sebbene ancora privo di risposta, rivela un'esigenza sostanziale: sviluppare strumenti a supporto della comunicazione tra agenti con diverse ontologie. Tali strumenti sono necessari per la condivisione del significato dei termini e sono fondati a loro volta su ontologie di carattere più generale e rigoroso rispetto alle ontologie minimali che in genere adotta un singolo agente, o una specifica comunità. Queste ontologie generali sono (dovrebbero essere!) in grado di far da ponte tra concettualizzazioni alternative. In questa prospettiva si parla rispettivamente di *ontologie pesanti* e *ontologie leggere* (*heavyweight vs. lightweight ontologies*)⁹. Le prime, con termine più appropriato, sono anche chiamate ontologie *fondazionali*. La differenza è legata soprattutto all'uso di un linguaggio formale molto espressivo e alla presenza di numerose relazioni intracategoriali, che insieme consentono una migliore caratterizzazione assiomatica delle scelte ontologiche rispetto a quella fornita dalle ontologie leggere. Queste, infatti, si presentano per lo più sotto forma di semplici tassonomie. Il significato dei termini in questo caso si suppone noto e condiviso all'interno di una certa comunità d'uso. Le ontologie fondazionali, invece, possono essere applicate nella definizione di una struttura terminologica trasversale alle comunità d'uso, candidandosi a svolgere il ruolo di *traduttore del significato inteso* nelle diverse comunità.

Che vi siano molteplici ontologie leggere segue da quanto sopra asserito; ma ha senso parlare al plurale anche di *ontologie fondazionali*? Sia dal punto di vista teorico che applicativo, sembra che un *approccio monolitico* rivolto allo sviluppo di una teoria onnicomprensiva sia difficilmente sostenibile: esistono infatti posizioni ontologiche incompatibili già a livello delle relazioni e delle categorie più basilari. Si pensi ad esempio al dibattito tra tridimensionalisti e quadridimensionalisti: per i primi entità

⁷ La traduzione in italiano dei due termini *endurant* e *perdurant* rappresenta da sempre fonte di dibattito e incomprensioni. In questo articolo useremo 'continuante' per il primo e 'occorrente' per il secondo, optando per una scelta conservativa rispetto alla letteratura.

⁸ Lowe, E. J. (2002: 49-50).

⁹ Masolo, C., Borgo, S. (2002).

fisiche come i vasi, le macchine, le montagne si estendono solo nello spazio, mentre per i secondi queste hanno anche una dimensione temporale¹⁰. E' quindi plausibile prevedere un *approccio modulare* in cui i singoli moduli ontologici, ispirati da particolari punti di vista o posizioni, sono, per quanto possibile, integrati tramite relazioni formali¹¹.

In questo contesto teorico, l'ontologia fondazionale DOLCE (Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering), sviluppata nell'ambito del progetto *WonderWeb*,¹² costituisce un primo modulo di riferimento di una libreria di ontologie fondazionali. Nella prossima sezione ci concentreremo su alcune caratteristiche generali di questa ontologia.

3.1 DOLCE

DOLCE è un insieme di termini e di relazioni (caratterizzati formalmente in un linguaggio logico) con un chiaro orientamento cognitivo: si propone, cioè, di catturare le categorie legate al linguaggio naturale e al senso comune. In questo senso, tale ontologia non cerca di rappresentare l'intima natura delle entità del mondo, quanto piuttosto di costruire 'scatole cognitive' in grado di cogliere dimensioni della realtà vincolate alla percezione umana, allo sfondo culturale e alle convenzioni sociali.

Tra gli aspetti salienti che contraddistinguono DOLCE vi è il cosiddetto *approccio moltiplicativo*: entità distinte possono cioè essere co-localizzate nella stessa regione spazio-temporale. Un caso classico è quello del vaso e della creta: essi possono essere considerati due oggetti distinti (co-localizzati) poiché, se il vaso accidentalmente cade a terra, andando in frantumi, cessa di esistere, mentre sopravvive, per così dire, la corrispondente quantità di materia, la creta appunto.

Le quattro categorie ontologiche più generali in DOLCE sono: *endurant* (continuante), *perdurant* (occorrente), *quality* (qualità), e *abstract* (astratto). Sulla natura intrinseca delle prime due categorie abbiamo già detto nel paragrafo precedente. La relazione principale tra tali categorie è quella di *partecipazione*: un continuante vive cioè nel tempo in quanto *partecipante* ad un certo occorrente. Ad esempio, una persona può partecipare ad una discussione, ad una gara podistica, ad una cena, ecc.¹³. Le qualità sono viste come le principali entità che percepiamo e misuriamo: forme, colori, pesi, suoni, odori,... Esse ineriscono ad altre entità e hanno un certo valore, per cui in DOLCE distinguiamo ad esempio la qualità 'colore' di una rosa dalla particolare sfumatura di rosso a cui è associata, la qualità 'lunghezza' del diametro della luna dalla misura di 3476 km, la qualità 'frequenza' della voce umana dall'intervallo 500-2000 Hz, ecc. In DOLCE questi valori vengono chiamati *qualia*, e descrivono la posizione di una qualità individuale all'interno di ciò che Gärdenfors, riprendendo Quine¹⁴, chiama *spazio concettuale*¹⁵, e che noi indichiamo semplicemente con *spazio di qualità*. In particolare, gli spazi di qualità sono le uniche entità 'astratte' di cui si fornisce un'ampia caratterizzazione in DOLCE, cioè l'unico esempio di quelle entità che non hanno qualità spaziali e temporali, e che non sono esse stesse qualità¹⁶.

¹⁰ Varzi, A. (2001: 104-107).

¹¹ Le relazioni tra teorie possono essere sia di tipo sintattico, cioè riguardare i legami sintattici tra le primitive (si vedano ad esempio Casati, R., Varzi, A. (1999), Masolo, C., Vieu, L. (1999: 233-250), nel caso delle mereotopologie), oppure di tipo semantico, cioè riguardare i legami tra gli individui del dominio (si veda Van Benthem, J. (1983), nel caso delle entità temporali).

¹² <http://wonderweb.semanticweb.org/>

¹³ In particolare, la vita stessa di una persona è un occorrente a cui essa partecipa per tutta la sua durata.

¹⁴ Quine, W. V. O (1969).

¹⁵ Gärdenfors, P. (2000).

¹⁶ Spazio e tempo sono da vedersi come casi particolari di qualità.

Infatti, pur facendo riferimento a specializzazioni di ‘astratto’ quali ‘insieme’, ‘numero’ e ‘proposizione’, tali categorie sono solo abbozzate in DOLCE. Che gli astratti siano sottodeterminati non è sorprendente: darne un’ampia rappresentazione in positivo è ad oggi un problema aperto.

4 Il ruolo dell’ontologia fondazionale

Torniamo adesso alla nostra storia. Qual è l’apporto effettivo che un’ontologia fondazionale può dare al negoziato sul significato tra agenti e, in particolare, al superamento dell’*impasse* tra Davide e JIMMIE?

Deluso dalla prima risposta di JIMMIE, Davide decide di procedere con una query più specifica, inserendo il termine ‘trattamento’. Ancora nessun risultato: il termine è sconosciuto. Il sistema non sembra avere alcuna idea di cura al di là dei nanobot. Il nostro, dopo un rapido consulto con l’ingegnere di vascello responsabile delle comunicazioni, prova allora a scaricare dal centro di comando un’utility complementare a JIMMIE, sviluppata dagli ontologi del Laboratorio Orbitante Aerospaziale per lo scambio di informazioni. Una volta fatto girare il programma, e re-introdotta la query, l’output olografico riaccende le speranze di Davide. Il plug-in aveva aumentato sia la conoscenza terminologica che quella ontologica del sistema. Era stato introdotto un insieme di categorie biomediche non-standard, per esempio trattamento, collegate alle categorie ontologiche di tipo generale (occorrente, continuante, qualità, ...) legate tra loro da relazioni primitive, unitamente a categorie più specifiche, tra le quali trattamento. Per alcune categorie era stato anche aggiunto un link lessicale.

Una di queste relazioni primitive è quella di ‘partecipazione’, che collega un continuante a un occorrente. Lo schermo indica che ‘rimedio’ (termine etichettato come già presente all’origine in JIMMIE) è un partecipante di ‘trattamento’:

> RIMEDIO *partecipa-a* TRATTAMENTO

Davide inserisce allora la query ‘rimedio’. L’albero risultante contiene, tra le altre, le seguenti specializzazioni:

- > CURA: Artefatto nanotecnologico anti-virale. (Oggetto fisico)
- > FARMACO: sostanza utilizzata fino al XXI secolo in trattamenti contro vari tipi di patologie. (Oggetto fisico)

Di seguito al secondo risultato, specularmente alle descrizioni dei modelli di nanobot, appare un’imponente lista di medicinali, tra cui sciroppi e pillole (nozioni che all’inizio Davide non sapeva essere contenute in JIMMIE), completa delle istruzioni per la composizione e per il procedimento di sintesi. Poi, poco più in basso, un’ulteriore informazione:

> FARMACO *partecipa-a* TERAPIA FARMACOLOGICA.

Davide clicca allora sul nuovo diagramma. Pochi secondi dopo: «Eureka! Ecco quello che cercavo!» . JIMMIE gli aveva fornito un elenco di terapie farmacologiche, tra cui quelle anti-influenzali, corredate di tutte le indicazioni del caso.

La storia di Davide termina (almeno per noi) con la risposta fornita da JIMMIE, che mostra il nuovo livello di comunicazione raggiunto tra l’utente e il sistema di

intelligenza artificiale. Ma cosa è accaduto realmente? Cosa ha permesso questo lieto fine? Sfruttando un livello di generalizzazione diverso da quello di Davide, JIMMIE distingueva sotto la categoria ‘rimedio’, l’antica nozione di farmaco dall’ormai *ordinario* senso nanotecnologico del termine. Ma c’è di più. Il JIMMIE originale, per così dire, archiviava anche ‘terapia farmacologica’ sotto ‘rimedio’, dando così vita ad una categoria di natura molto generica ed eterogenea (**Figura 1**). Con l’inserimento del *plug-in* la nozione di ‘terapia farmacologica’ cambia, in quanto viene considerata come una specializzazione di ‘trattamento’ (un’occorrente), legata a ‘farmaco’ da una relazione di partecipazione. E’ chiaro infatti che se ‘rimedio’ partecipa a trattamento, allora una terapia farmacologica non può essere un ‘rimedio’, bensì un ‘trattamento’ (**Figura 2**). Questo perché tutte le sottoclassi di continuante hanno necessariamente come istanze continuanti e quindi potenziali partecipanti ad un evento, e nessun evento può, per definizione, partecipare ad un altro evento¹⁷.

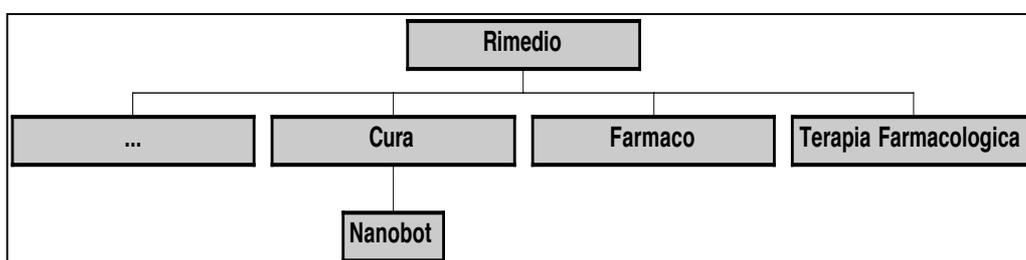


Figura 1: JIMMIE versione base

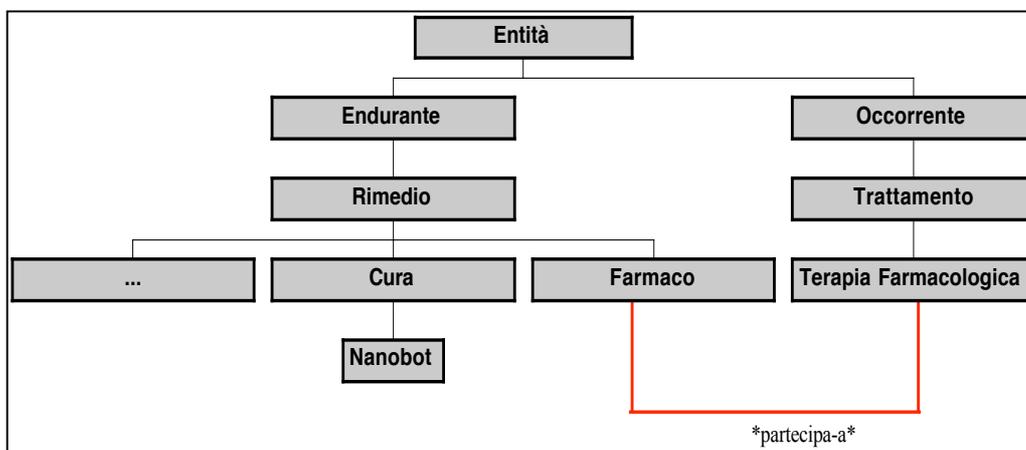


Figura 2: JIMMIE dopo la ristrutturazione prodotta dal *plug-in* ontologico

5 Conclusioni

Quando un gruppo di agenti deve collaborare (siano essi persone, sistemi software sviluppati per il Web, robot in un’industria manifatturiera o un insieme eterogeneo di questi), è necessario garantire che essi comprendano le richieste e le informazioni che ricevono. In queste pagine abbiamo mostrato che l’interazione tra agenti dipende essenzialmente dall’adozione di una concettualizzazione e un linguaggio (almeno in

¹⁷ Masolo, C., Borgo, S. (2002).

parte) comuni e abbiamo motivato in questo modo lo studio delle ontologie nell'ambito dell'intelligenza artificiale.

Sistemi ontologici per la negoziazione del significato e la classificazione dell'informazione (da semplici tassonomie a veri e propri sistemi in logica formale) sono stati utilizzati fin dagli inizi degli anni '90. Questa area di ricerca è tuttora in pieno sviluppo e trova applicazione nelle problematiche più varie: dai modelli di comunicazione ai metodi per l'integrazione di basi di dati; dall'analisi di consistenza e sicurezza dei sistemi informatici alla modellazione dei sistemi aziendali, fino ai sistemi di supporto all'apprendimento. Probabilmente, l'esempio più importante oggi riguarda il cosiddetto Semantic Web.¹⁸ Infatti, nello scambio di dati sul Web l'approccio ontologico è centrale, poiché l'interazione tra persone e sistemi software eterogenei porta necessariamente alla ricerca di un sistema comune e condiviso per la comunicazione e comprensione dell'informazione.

Questo tipo di ricerca è alla base, per esempio, del progetto WonderWeb a cui abbiamo già accennato e dell'attività del SUO-WG¹⁹ (gruppo di lavoro per la definizione di un'ontologia standard delle categorie fondamentali). Altri esempi di progetti in settori molto specializzati sono, ad esempio, il progetto IKF in campo legale²⁰ ed il progetto FOS per la classificazione del dominio ittico²¹.

6 Bibliografia

- Casati, R. and A. Varzi (1999). *Parts and Places. The Structure of Spatial Representation*. Cambridge, MA, MIT Press.
- Gärdenfors, P. (2000). *Conceptual Spaces: the Geometry of Thought*. Cambridge, Massachusetts, MIT Press.
- Gruber, T. R. (1995). "Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing." *International Journal of Human and Computer Studies* 43(5/6): 907-928.
- Guarino, N. (1998). *Formal Ontology in Information Systems*. *Formal Ontology in Information Systems. Proceedings of FOIS'98, Trento, Italy, 6-8 June 1998*. N. Guarino. Amsterdam, IOS Press: 3-15.
- Lowe, E. J. (2002). *A Survey of Metaphysics*, Oxford University Press.
- Masolo, C., A. Gangemi, et al. (2002). *WonderWeb Deliverable D17: The WonderWeb Library of Foundational Ontologies*.
- Masolo, C., A. Oltramari, et al. (2003). "La prospettiva dell'ontologia applicata." *Rivista di Estetica*(22): 170-183.
- Masolo, C. and L. Vieu (1999). *Atomicity vs. Infinite Divisibility of Space. Spatial Information Theory: Cognitive and Computational Foundations of Geographic Information Systems. Proceedings of International Conference COSIT'99, Stade, Germany, August 1999*. C. Freksa and D. M. Mark. Berlin, Springer: 233-250.
- Quine, W. V. O. (1969). *Ontological Relativity and Other Essays*. New-York, London, Columbia University Press.
- Van Benthem, J. (1983). *The Logic of Time*. Dordrecht, Kluwer.
- Varzi, A. (2001). *Parole, Oggetti, Eventi e altri argomenti di metafisica*. Urbino, Carocci Editore.

¹⁸ <http://www.w3.org/>. Si veda anche il progetto OntoWeb (<http://www.ontoweb.org/>).

¹⁹ <http://suo.ieee.org/>

²⁰ <http://www.ikfproject.com/Project.htm>

²¹ <http://www.fao.org/agris/aos/>