

# Un'introduzione all'ontologia DOLCE

SILVIA GAIO, STEFANO BORGO, CLAUDIO MASOLO,  
ALESSANDRO OLTRAMARI, NICOLA GUARINO

*Con questo contributo s'intende offrire il quadro generale in cui si collocano le ontologie fondazionali, nonché presentare in modo informale una di queste, DOLCE [Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering], che continua ad essere utilizzata per svariate applicazioni in tutto il mondo. Si cercherà di mostrare il contesto in cui è nata l'idea di DOLCE, le assunzioni ontologiche di base e le categorie di cui è costituita. Si passerà dunque a mostrare brevemente alcune delle applicazioni più conosciute di tale ontologia.*

**Parole chiave:** Ontologie fondazionali - DOLCE

## Introduzione

Da secoli col termine “ontologia” ci si riferisce alla disciplina filosofica che studia ciò che vi è, seguendo la famosa caratterizzazione offerta da Aristotele. Da circa una ventina d'anni, tuttavia, si parla di “ontologie” (piuttosto che di “ontologia” al singolare), anche nell'ambito delle scienze dell'informazione. Più precisamente, in quest'ambito si parla di “ontologie formali” o “ontologie computazionali”. Per comprendere in che relazione stanno queste ultime con l'ontologia filosofica, compariamo brevemente i significati che il termine “ontologia” assume nel contesto filosofico con quelli che lo stesso termine assume nel contesto informatico.

In generale, si può dire che l'ontologia come disciplina filosofica si occupa *prima facie* di due tipi di problemi:

- 1) determinare cosa c'è, cosa esiste o potrebbe esistere, ovvero quali entità costituiscono la realtà;
- 2) determinare quali sono le caratteristiche delle entità e quali relazioni intercorrono tra esse.

Cercare di affrontare le questioni che 1 e 2 pongono ci porta ad un ulteriore problema:

- 3) non è chiaro cosa ci porta ad impegnarci sull'esistenza di certe entità piuttosto che di altre (l'impegno ontologico può dipendere, ad esempio, dal riferimento ad un certo insieme di credenze o ad una qualche teoria del mondo) [1].

Semplificando i termini della questione, possiamo dire che un'ontologia filosofica è un sistema strutturato di entità sulla cui esistenza ci impegniamo, entità organizzate in

categorie e relazioni. Detto altrimenti, l'ontologia filosofica si occupa di studiare come è strutturato ciò che c'è, ovvero la realtà.

Ci sono due modi per sviluppare un'ontologia filosofica. Consideriamo la classica domanda ontologica «Cosa c'è?». La famosa risposta offerta da Quine a tale domanda è:

«Tutto»

che per lui vuole dire: tutto ciò che c'è. Questa è una risposta corretta ma, tuttavia, non adeguata. L'obiettivo degli ontologi è caratterizzare questo "tutto" e dunque stilare una lista delle categorie ontologiche che non escluda nulla di ciò che c'è. Il primo senso in cui si può produrre un'ontologia è quindi quello di produrre un sistema categoriale. Per essere un buon sistema categoriale, un'ontologia deve essere esaustiva e quindi ripartire tutto ciò che c'è (o che potrebbe esserci) ed esclusiva, ovvero costituita da categorie che, per ogni livello ontologico, sono fra loro mutuamente esclusive (si assume che due entità non possano appartenere a due categorie ontologiche differenti dello stesso livello) [2].

Un secondo modo per produrre un'ontologia è quello di cercare di stabilire quali entità abbiano una parte rilevante nell'inventario del mondo. Ad esempio, ci si chiede se enti come numeri, universali, eventi, atti di coscienza, o oggetti funzionali possano essere ammessi come "abitanti" del mondo. In questa prospettiva non si intende produrre un sistema categoriale completo, quanto piuttosto alcune parti di questo che sono ritenute fondamentali o interessanti, oppure semplicemente ci si limita ad analizzare un certo tipo di entità – ad esempio, i fatti – argomentando a favore o contro la loro accettabilità ontologica. Per determinare quali entità sono ontologicamente accettabili, Quine propone di utilizzare ciò che chiama "criteri d'identità". Un esempio di criterio di identità è il seguente e si riferisce agli insiemi come entità matematiche:

“a e b sono lo stesso insieme se e solo se a e b contengono gli stessi elementi”.

Secondo Quine, sono entità accettabili ad essere considerate parte dell'inventario del mondo solo quelle a cui si può associare un criterio d'identità chiaro ed evidente.

Quando si parla di ontologia formale ci si riferisce, in termini generali, ad una teoria che offre una formulazione matematicamente precisa delle proprietà e relazioni di entità appartenenti ad un qualche dominio, solitamente basata su un qualche sistema logico. La teoria offre degli assiomi relativi a quali entità ci sono nel dominio e alle relazioni che intercorrono tra esse. Un'ontologia formale può essere sviluppata e usata per tre scopi (che possono comunque coesistere): rappresentare delle informazioni, descrivere un certo dominio, sviluppare una teoria sistematica per un certo tipo di entità.

Nelle scienze e tecnologie dell'informazione si sviluppano ontologie formali soprattutto con lo scopo di esplicitare le assunzioni di significato relative ad insiemi più o meno complessi di informazioni. L'importanza delle ontologie in ambito informatico è

cresciuta in relazione al problema della gestione dei dati trasmessi nelle comunicazioni in rete. Offrendo una caratterizzazione ontologica alle informazioni, queste possono essere reperite, individuate e organizzate in base al loro contenuto. I problemi di integrazione e accesso semantico alle informazioni riguardano oggi svariati campi, quali ad esempio l'integrazione di aziende in rete o l'*e-commerce*. Nel caso dei sistemi per la biblioteconomia, le ontologie formali possono servire ad esplicitare le assunzioni di significato relative a termini utilizzati per la classificazione di libri, riviste e altri tipi di materiale.

Nel prossimo paragrafo considereremo una distinzione fondamentale tra le ontologie formali, ovvero distingueremo le ontologie cosiddette "leggere" da quelle fondazionali. Dedicheremo poi un ampio spazio alla descrizione di un'ontologia di tipo fondazionale: DOLCE [*Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering*]. Concluderemo quindi con alcune considerazioni sullo stato dell'arte delle applicazioni di DOLCE.

## 1. Le ontologie formali fondazionali

Ci troviamo oggi davanti ad una larga diffusione ed un ampio uso di ontologie in sistemi informativi per molte applicazioni. Esse hanno assunto una larga importanza all'interno delle ricerche per lo sviluppo del Semantic Web. L'idea stessa del Semantic Web si fonda sulla possibilità di usare un vocabolario condiviso per descrivere contenuti e informazioni, la cui semantica è descritta in una forma non ambigua e computazionalmente processabile. Descrivere la semantica di un vocabolario non significa altro che offrire il significato inteso dei termini in esso compresi, e ciò è il lavoro che le ontologie computazionali si prefiggono di compiere.

Una delle distinzioni più in uso tra le ontologie computazionali è quella tra ontologie fondazionali e ontologie leggere. Queste ultime sono sviluppate per domini specifici di applicazione o per compiti predeterminati, dove non esistono particolari problemi di ambiguità dei termini utilizzati. Le ontologie fondazionali forniscono, invece, schemi più generali e perciò sono più adatte a scambiare informazioni attraverso domini diversi, dove i problemi di ambiguità terminologica acquistano una rilevanza fondamentale.

Le ontologie più utilizzate nei sistemi informativi sono spesso ontologie leggere. Queste hanno la forma di tassonomie di termini primitivi e composti associati a definizioni. Le ontologie leggere sono sviluppate allo scopo di eseguire efficientemente inferenze su relazioni semplici tra i termini appartenenti al vocabolario ordinario e ristretto al contesto per cui le ontologie vengono sviluppate, piuttosto che sulla struttura profonda del dominio. In altri termini, le ontologie leggere facilitano l'accesso basato sul contenuto ai dati web prodotti da una certa comunità. Ne consegue che i sistemi informativi basati su ontologie leggere funzionano bene fintanto che le persone e le mac-

chine condividono lo stesso vocabolario e il significato inteso dei termini di questo, come accade in comunità chiuse. In tale caso, il ruolo delle ontologie è quello di supportare servizi terminologici e permettere inferenze date dalle relazioni tra i termini, piuttosto che spiegare e definire il loro significato inteso. Tuttavia, questo tipo di ontologie risultano essere deboli relativamente a possibili fraintendimenti semantici quando gli utilizzatori del sistema informativo non condividono le stesse assunzioni sul significato dei termini del vocabolario. Ciò accade quando, ad esempio, la comunità degli utenti evolve, oppure nasce l'esigenza di scambiare dati e servizi tra comunità multiculturali e plurilinguistiche. In generale, durante un processo comunicativo un individuo manda un messaggio utilizzando una parola o un segno che rappresenta un concetto che egli ha in mente. Tale concetto si riferisce a sua volta ad un oggetto, astratto o concreto, in un dominio specificato. Chi riceve il messaggio associa al segno o parola un concetto che egli ha in mente, il quale fa riferimento ancora ad un qualche oggetto nel dominio. Può tuttavia capitare che gli individui coinvolti nel processo comunicativo non adottino le stesse corrispondenze tra parole (segni), concetti ed oggetti. Detto altrimenti, date le stesse parole (o gli stessi segni), gli agenti coinvolti nel processo comunicativo possono rappresentare con esse entità differenti. Quando non vi è un'ontologia condivisa oppure quando l'ontologia non è sufficientemente ricca di nozioni generali che possono essere usate per comprendere le differenti assunzioni di significato – come nel caso delle ontologie leggere – gli agenti non riescono a negoziare il significato inteso ovvero non riescono a recuperare un significato su cui trovarsi tutti in accordo.

Inoltre, se vi è un qualche fallimento dovuto a dei malfunzionamenti tecnici, le ontologie leggere non sono in grado di descrivere da cosa è dipeso a causa del loro vocabolario povero. La qualità della negoziazione dei significati rende senza dubbio più affidabile un qualche servizio offerto dal Semantic Web che adotta un'ontologia fondazionale, rispetto ad un servizio in cui viene adottata un'ontologia leggera. Cerchiamo di capire ora quali sono i vantaggi delle ontologie fondazionali rispetto a quelle leggere.

Le ontologie fondazionali sono sviluppate proprio allo scopo di facilitare la negoziazione dei significati dei termini di un certo dominio attraverso diverse comunità scientifiche o linguistiche. Stabilendo un consenso semantico e concettuale, esse sono così in grado di ottenere un'interazione e cooperazione tra agenti (sia che si tratti di un'interazione tra soli agenti artificiali, tra soli esseri umani o tra agenti artificiali ed esseri umani). Prima che inizi un processo di cooperazione, è necessario che vi sia un'ontologia minimale comune in grado di escludere ambiguità concettuali o terminologiche [3].

Per essere in grado di facilitare la negoziazione di significati, le ontologie fondazionali forniscono una descrizione di concetti molto generali, in modo tale che ad essi possano essere associati termini più specifici usati nelle ontologie leggere. Il vocabolario di base che esse offrono è in grado di descrivere fenomeni inaspettati anche all'infuori del dominio ordinario di applicazione.

Più precisamente, le ontologie fondazionali:

hanno un ambito di applicazione esteso,  
possono essere riutilizzabili per modellare situazioni differenti,  
sono ben fondate da un punto di vista filosofico-concettuale,  
sono assiomatizzate e perciò semanticamente trasparenti.

Esse si concentrano su concetti molto generali e basilari, come i concetti di oggetto, evento, qualità, ruolo, e su relazioni come costituzione, partecipazione, dipendenza, parte-tutto. Tali concetti e relazioni non sono specificati per un dominio ristretto, ma possono essere rifiniti per andare incontro a varie esigenze applicative. La trasparenza semantica, citata al punto 4, è offerta da una scelta accurata dei termini primitivi ed una caratterizzazione precisa del loro significato.

Nel *Summit sulle Upper Ontologies* organizzato dal NIST [*National Institute of Standards and Technology*] nel 2006 [4], si è convenuto nell'attribuire alle ontologie fondazionali un certo tipo di obiettivi. Riassumiamo alcuni dei punti principali [5]. Gli sviluppi delle teorie e tecnologie della rappresentazione della conoscenza e della modellazione concettuale hanno mostrato che il significato dei termini può essere specificato formalmente e in modo altamente dettagliato e preciso nei sistemi informativi. Si è anche concentrata l'attenzione sui formalismi sintattici per rappresentare la conoscenza, ma questi, presi da soli, non bastano a descrivere ciò che conta maggiormente: il contenuto semantico. Mentre è stata sviluppata una tecnologia adatta a rappresentare in modo efficace il contenuto semantico di concetti complessi, non si è ancora raggiunto un accordo sulla standardizzazione del significato inteso della terminologia in ontologia. Un tale accordo migliorerebbe considerevolmente la possibilità di condividere conoscenza da parte di sistemi informativi differenti ma la comunità scientifica ha riconosciuto l'impossibilità di raggiungere una posizione comune e si è orientata verso la coesistenza di sistemi di concetti (e quindi di significati intesi) alternativi.

## 2. WonderWeb e DOLCE

Un'ontologia fondazionale che ha avuto un certo successo in termini applicativi è DOLCE - *Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering*. Come appare evidente dalla scelta dell'acronimo, DOLCE è stata sviluppata con lo scopo di catturare le categorie ontologiche che emergono nel linguaggio naturale e nel senso comune. Le categorie ontologiche di DOLCE non dicono nulla della natura intrinseca del mondo, ma intendono rispecchiare le strutture del linguaggio e della cognizione dell'essere umano.

## 2.1 Il progetto WonderWeb

DOLCE è stata sviluppata all'interno dell'ampio progetto internazionale WonderWeb condotto tra il 2001 e il 2004 [6]. I principali obiettivi che il progetto si poneva sono i seguenti:

- sviluppare una “libreria” di ontologie fondazionali capaci di coprire un ampio raggio di domini applicativi, per permettere, da una parte, lo sviluppo di ontologie di dominio più precise e, dall'altra, l'integrazione semantica delle ontologie;
- sviluppare una famiglia di linguaggi con cui descrivere le ontologie estendendo i linguaggi web *standard* e allo stesso tempo mantenendo la massima compatibilità, al fine di offrire la necessaria flessibilità e massimizzare l'interoperabilità tra linguaggi diversi;
- sviluppare una serie di tecniche e metodologie per offrire un approccio ingegneristico allo sviluppo e all'uso delle ontologie, in particolare per permettere l'integrazione semantica e la condivisione di ontologie differenti;
- sviluppare un supporto tecnico per le richieste delle applicazioni del Semantic Web.

Consideriamo il primo degli obiettivi di WonderWeb – quello principale – che consisteva nello sviluppo di una libreria di ontologie fondazionali. L'idea di fondo è che queste possano essere messe in relazione l'un l'altra sistematicamente in modo tale da rendere esplicite le ragioni e le alternative sottostanti alle scelte ontologiche caratterizzanti ciascuna di esse. In altri termini, l'obiettivo della libreria era di rendere possibile il confronto di ontologie fondazionali in relazione alle loro assunzioni ontologiche e alle conseguenze formali che da queste derivano, anziché proporre un unico modulo monolitico di categorie ontologiche. Dietro questa scelta vi è la convinzione che la sfida del Semantic Web sia quella di individuare e confrontare tra loro le opzioni ontologiche fondamentali relative a contenuti eterogenei, piuttosto che assumere (o imporre) che tali contenuti si adeguino necessariamente a *standard* comuni. Offrire una biblioteca di ontologie fondazionali significa offrire uno spettro di possibili scelte ontologiche alternative; le varie applicazioni del Semantic Web, a seconda delle proprie assunzioni ontologiche, potranno quindi scegliere quale ontologia assumere.

In quest'ottica, una libreria di ontologie fondazionali si configura dunque come un punto d'inizio per lo sviluppo di nuove ontologie. Uno dei problemi cruciali che si presenta quando si avvia lo sviluppo di un'ontologia è la determinazione di quali oggetti ci sono nel dominio di cui si vuole offrire un modello. L'adozione di una prospettiva non focalizzata su un dominio preciso, ma generale è già un primo passo in avanti per affrontare tale problema. Inoltre, una libreria di ontologie fondazionali può costituire, da un lato, un punto di riferimento per la comparazione di diversi approcci ontologici e, dall'altro, un quadro comune per l'integrazione di ontologie già esistenti; infatti, le ca-

tegorie di una qualche ontologia già esistente possono essere messe in relazione con quelle assunte da una delle ontologie fondazionali che compongono la libreria.

DOLCE è stata inizialmente pensata come uno dei moduli sviluppati per la libreria di ontologie fondazionali all'interno del progetto generale appena delineato. Non quindi come un'ontologia *standard* universalmente applicabile, ma come un modulo di riferimento per comparare le ontologie fondazionali che si sarebbero sviluppate successivamente. In realtà, la dettagliata discussione delle scelte fatte, l'immediata efficacia cognitiva di molte di queste e il rigore della formalizzazione hanno poi portato altri gruppi di ricerca a utilizzare DOLCE come l'ontologia *top level* di riferimento. Nel prossimo paragrafo forniremo una descrizione (completamente informale) di DOLCE. Prima di questo è tuttavia opportuno considerare brevemente le motivazioni e gli atteggiamenti generali nei confronti dell'analisi ontologica che fanno da sfondo allo sviluppo di tale ontologia.

## 2.2. Distinzioni tra approcci ontologici

Le opzioni per costruire ontologie fondazionali rispecchiano le principali distinzioni tra approcci ontologici diversi discusse nell'ontologia filosofica. Tra le varie distinzioni che sono proposte, quelle particolarmente interessanti per lo sviluppo delle ontologie fondazionali sono considerate le seguenti:

- ontologia descrittiva vs. prescrittiva
- ontologia moltiplicativa vs. riduzionista.

Consideriamole brevemente.

- 1) Le ontologie descrittive sono basate sull'assunzione che la struttura superficiale del linguaggio naturale così come emerge nel suo uso quotidiano e il senso comune abbiano una rilevanza ontologica. Questo tipo di ontologie hanno lo scopo di catturare le istanze ontologiche che emergono nel linguaggio naturale e nella cognizione umana, senza riferirsi a paradigmi scientifici o filosofico-linguistici. Al contrario, le ontologie prescrittive partono da un'assunzione molto diversa: ciò che conta sono le teorie scientifiche e solo esse sono in grado di dirci in modo appropriato come le cose stanno nel mondo. Lì dove fenomeni linguistici o cognitivi contrastano le teorie scientifiche, essi vanno reinterpretati per accomodarli all'interno delle teorie. La struttura del mondo viene perciò data indipendentemente dagli agenti che la concettualizzano. Per chiarire questo punto, consideriamo un esempio paradigmatico del diverso approccio assunto dai due tipi di ontologie. Il senso comune porta a distinguere le cose, intese come oggetti spaziali quali le sedie e gli alberi, dagli eventi, intesi come oggetti temporali, come la riparazione di un rubinetto o un viaggio in treno. Un'ontologia descrittiva potrebbe quindi assumere "cose" ed "eventi" come due categorie distin-

te. Un'ontologia prescrittiva potrebbe, invece, partire dal considerare le conseguenze della teoria della relatività, secondo cui il tempo è semplicemente un'altra dimensione degli oggetti alla pari dello spazio. Perciò, se tutto è considerato esistere sia nello spazio che nel tempo, la distinzione tra cose ed eventi risulta ontologicamente irrilevante;

- 2) Sono molti i concetti che devono solitamente essere formalmente rappresentati in un'ontologia e questi sono tra loro interrelati in parecchi modi. Per non rendere il sistema risultante troppo complesso, le ontologie riduzioniste scelgono un numero limitato di concetti primitivi, da cui possono essere ricostruiti gli altri concetti che necessitano di essere modellati. Al contrario, con un'ontologia moltiplicativa si ottiene un sistema molto espressivo, sebbene complesso. Lo scopo è quello di offrire una concettualizzazione della realtà altamente attendibile. Consideriamo l'esempio, molto discusso nella letteratura filosofica, del vaso di creta. Sembra intuitivo sostenere che quando un vaso di creta si rompe in molti pezzi, il vaso non esiste più, mentre la creta di cui è fatto continua ad esistere. Secondo un ontologo moltiplicativista, quando abbiamo un vaso di creta abbiamo due entità co-localizzate spazialmente: un vaso e una certa quantità di creta (che costituisce il vaso). Secondo un ontologo riduzionista, invece, non vi possono essere entità co-localizzate spazialmente. Quando consideriamo un vaso di creta abbiamo a che fare con un'unica entità spazio-temporale, sebbene la possiamo considerare da due punti di vista differenti (come vaso e come quantità di creta).

### 2.3. Opzioni teoriche di fondo

Una volta scelto un approccio ontologico di base, per sviluppare un'ontologia fondatale occorre scegliere anche le categorie di base. Consideriamo di seguito le opzioni teoriche di fondo:

- La distinzione tra *universali* e *particolari* può essere caratterizzata dalla relazione primitiva di *istanziamento*. I particolari sono entità caratterizzate dal fatto che non possono avere istanze, mentre gli universali possono avere istanze. In questa prospettiva, ad esempio, un nome comune come "uomo" è considerato un universale in quanto può essere istanziato da individui diversi: ad esempio, Barack Obama, Luciano Pavarotti, Rita Levi Montalcini, ecc. Invece, un nome proprio come "Luciano Pavarotti" si riferisce ad un uomo particolare che non può avere istanze. Va notato che caratterizzare universali e particolari solo in termini di istanziazione non aiuta a determinare, ad esempio, se insieme, predicati o termini astratti siano universali. Perciò, alcuni potrebbero rifiutare che esistano universali così come li abbiamo qui caratterizzati. Per questo motivo, le categorie degli

universali e dei particolari possono non essere presenti in tutte le ontologie, oppure possono dipendere da altre categorie, ad esempio quella degli oggetti fisici.

- Un'altra distinzione categoriale che può essere assunta in un'ontologia è quella tra entità astratte ed entità concrete. Si possono caratterizzare le entità astratte come entità che non sono localizzate spazio-temporalmente (ad esempio, i numeri), mentre le entità concrete come entità che esistono almeno nel tempo (ad esempio, i computer). Alcuni però possono obiettare che le entità astratte, se non esistono nel tempo, siano da considerare una categoria ontologicamente rilevante. Per ovviare al problema si può scegliere di caratterizzare le entità astratte come entità che non hanno alcun potere causale – ovvero di produrre un qualche effetto, al contrario delle entità concrete.
- Una scelta ontologica fondamentale riguarda l'adozione di una visione tridimensionalista oppure quadridimensionalista rispetto alla nozione di cambiamento di un'entità nel tempo. L'opzione tridimensionalista sostiene che gli oggetti sono estesi in uno spazio tridimensionale, interamente presenti in ogni istante della loro vita, e in cambiamento, nel senso che a tempi diversi possono instanziare proprietà diverse, come una persona che cambia peso o altezza nel tempo. L'opzione quadridimensionalista invece ritiene che gli oggetti abbiano un'estensione sia spaziale che temporale, siano solo parzialmente presenti in ogni istante, e siano in cambiamento, nel senso che in fasi diverse possono avere proprietà diverse. La vita di una persona ne è un esempio: essa ha un'estensione spaziale e temporale e in momenti diversi ha proprietà diverse.
- Classicamente, si distinguono i *continuanti* (*enduranti*) dagli *occorrenti* (*perduranti*) a seconda del modo in cui sono presenti nel tempo. I continuanti sono entità che sono interamente presenti in ogni momento della loro esistenza (ad esempio, un'automobile). Gli occorrenti sono entità che accadono nel tempo e non sono interamente presenti in ogni momento della loro esistenza, ovvero, ad ogni momento sono presenti solo alcune loro parti temporali (si pensi ad un evento come il lavaggio dell'auto).
- Abbiamo già accennato al problema delle entità spazio-temporalmente co-localizzate. È abbastanza naturale ammettere l'esistenza di oggetti co-localizzati temporalmente (ad esempio, noi e il computer su cui stiamo scrivendo) e di oggetti co-localizzati spazialmente (ad esempio, tutti quelli che si sono seduti o si sederanno sulla sedia attualmente occupate da noi). Una delle decisioni che un ontologo si trova a prendere riguarda l'includere o meno le entità che sono co-localizzate sia spazialmente sia temporalmente. Nel caso del vaso di creta, dovrebbe ad esempio decidere se ammettere un'unica entità oppure due co-localizzate.

### 3. L'ontologia DOLCE

In questo paragrafo consideriamo la struttura di DOLCE così com'è stata descritta nel *deliverable* finale del progetto WonderWeb [7]. Non considereremo tuttavia l'assiomatizzazione logica di DOLCE, in quanto non sembra necessaria in questo luogo; ci limiteremo piuttosto ad offrire una presentazione informale delle scelte ontologiche di base adottate.

#### 3.1. Scelte di fondo

Per quanto riguarda gli approcci ontologici di fondo menzionati nel paragrafo 2.1, DOLCE può essere innanzitutto categorizzata come un'ontologia descrittiva. Le categorie che DOLCE introduce sono pensate come artefatti cognitivi che dipendono dalla percezione umana, da tracce culturali e da convenzioni sociali. Con le categorie di DOLCE si intendono esplicitare concettualizzazioni già formate, riflettendo la struttura del linguaggio naturale e della cognizione umana. In secondo luogo, nello sviluppo di DOLCE è stato adottato un approccio moltiplicativo. Ad esempio, si assume l'esistenza di entità spazio-temporalmente co-localizzate e si ammette l'introduzione di nuove categorie – anche se sono in principio riducibili ad altre primitive – con lo scopo di studiarne le relazioni formali e l'eventuale loro mutua riducibilità.

Inoltre, si considera la distinzione tra universali e particolari caratterizzata dalla relazione di istanziazione. DOLCE è un'ontologia il cui dominio di discorso è ristretto ai particolari. Gli universali compaiono nell'ontologia solo in quanto vengono usati per organizzare e caratterizzare i particolari, ma non sono essi stessi soggetti a organizzazione o caratterizzazione.

Nei paragrafi seguenti consideriamo le categorie di base che sono assunte per organizzare i particolari (3.2) e le relazioni di base che intercorrono tra i particolari (3.3).

#### 3.2. Categorie di base

I particolari assunti in DOLCE sono organizzati in base ad alcune categorie fondamentali *rigide*. Secondo la terminologia della metodologia OntoClean, una proprietà si dice rigida quando è essenziale a tutte le sue istanze [8]. La tassonomia delle categorie di DOLCE (nella sua versione semplificata) può essere visualizzata nella figura 1 e di seguito ne offriamo una spiegazione.

La prima categorizzazione a cui i particolari sono sottoposti è quella tra continuanti, occorrenti, qualità e astratti.

##### 3.2.1. *Continuanti (enduranti) e occorrenti (perduranti)*

Consideriamo, innanzitutto, le prime due categorie, che corrispondono ad una delle distinzioni di base già introdotte nel paragrafo 2.2. Mentre i continuanti sono entità

che *esistono* nel tempo, (ad esempio, gli oggetti) gli occorrenti sono entità che *accadono* nel tempo (ad esempio, gli eventi). La relazione principale tra continuanti e occorrenti è quella di partecipazione (vedi § 3.3.3): un continuante esiste ad un dato tempo partecipando di qualche occorrente. Ad esempio, una persona, che è un continuante, esiste partecipando alla propria vita, che è a sua volta un occorrente.

### 3.2.2. Qualità

Le qualità sono le entità di base che possiamo percepire o misurare: forme, colori, grandezze, suoni, odori, e così via [9]. Ogni entità ha certe qualità, che esistono fintanto che l'entità stessa esiste, ovvero ogni specifica qualità dipende dall'entità a cui inerisce. Ad esempio, consideriamo una rosa rossa. Mentre il fiore "rosa" potrebbe essere pensato come una proprietà che più oggetti possono avere (e quindi essere un universale), il colore rosso della rosa particolare che stiamo considerando è una qualità dell'entità particolare, ovvero inerisce solo a questa. La particolare sfumatura di rosso, invece, è detta *quale* (plurale *qualia*) e descrive la posizione di una qualità individuale all'interno di un certo spazio concettuale, chiamato *spazio qualitativo*. Quando diciamo che due rose hanno lo stesso colore, non intendiamo che hanno la stessa qualità (nessun individuo può avere qualità di un individuo differente), bensì che le loro qualità di colore hanno la stessa posizione nello spazio qualitativo dei colori, ovvero hanno lo stesso *quale*.

La distinzione tra qualità e *qualia* emerge da una riflessione su alcuni usi del linguaggio naturale. Consideriamo il seguente enunciato: "La rosa da rossa è divenuta marrone in una settimana". In questo enunciato non si sta parlando di una certa sfumatura di rosso, ovvero di un certo *quale*, ma di una qualità che mantiene la sua identità mentre il suo valore varia nel tempo. Quando invece si dice "Il rosso è opposto al verde" si sta parlando di regioni all'interno dello spazio qualitativo dei colori.

Ogni tipo di qualità è associato ad uno spazio qualitativo con una determinata struttura. Ad esempio, le lunghezze sono associate ad uno spazio metrico lineare, mentre i colori ad uno spazio tri-dimensionale topologico. La struttura degli spazi qualitativi riflette la nostra esperienza cognitiva e percettiva.

Tra le qualità individuali trovano posto anche le locazioni spaziali e temporali, a cui sono associate regioni spaziali e temporali che costituiscono *qualia*. Ad esempio, un oggetto fisico avrà una locazione spaziale che costituisce una regione nello spazio geometrico; un evento avrà una locazione temporale che costituisce una regione nello spazio temporale.

Nessuna relazione di parte viene definita per le qualità, ovvero viene esclusa la possibilità che una qualche qualità possa essere parte di un'altra qualità. Ad esempio, non si dice che la proprietà di avere un cuore è parte della proprietà dell'essere un uomo. Le qualità si differenziano dunque dai continuanti e occorrenti, per i quali, invece, una relazione di parte viene definita (vedi anche § 3.3.1). Il cuore di un certo uomo (conti-

nuante) è infatti parte di quell'uomo (continuante), così come il riempire d'acqua una caffettiera (perdurante) è parte di un altro perdurante, che è il preparare il caffè.

### 3.2.3. Entità astratte

Le entità astratte sono caratterizzate dal fatto che non sono qualità esse stesse, né godono di qualità spaziali o temporali. Nella versione iniziale di DOLCE sviluppata per WonderWeb viene formalizzata un'unica classe di entità astratte: quella delle *regioni qualitative*, di cui gli spazi qualitativi costituiscono un tipo particolare. Gli spazi qualitativi possono essere infatti definiti come somme mereologiche di tutte le regioni associate ad un certo tipo di qualità. Altre categorie astratte elencate nell'ontologia sono i fatti e gli insiemi in senso matematico.

## 3.3. Relazioni di base

In DOLCE vengono assunte alcune relazioni primitive di base tra entità che possono essere applicate a più domini, sufficientemente intuitive (e ben studiate nella letteratura filosofica), immediate (intercorrono tra i *relata* senza la mediazione di entità aggiuntive), tali da non appoggiarsi su assunzioni ontologiche discutibili relativamente alla natura ontologica dei *relata*. Consideriamole brevemente.

### 3.3.1. Relazione di parte e di parte temporale

Alla distinzione tra continuanti e occorrenti viene associata la distinzione tra la relazione di parte temporale e quella di parte non temporale: per i continuanti, infatti, sembra sia necessario dover conoscere quando entrano in una specifica relazione di parte. Ad esempio, la coda di un certo gatto è parte dell'entità "gatto" ad un certo tempo  $t$ , ma dopo un qualche incidente che causa la perdita della coda, ovvero ad un tempo  $t_n$ , essa non è più parte del gatto. Occorrenti ed entità astratte, invece, non cambiano nel tempo, dunque ad essi è associata una relazione di parte atemporale. Detto altrimenti, i continuanti hanno la caratteristica che tutte le loro parti proprie sono presenti ogni volta che essi sono presenti; inoltre, i continuanti esistono nel tempo e possono genuinamente cambiare nel tempo, perciò la relazione di parte sugli occorrenti include un argomento temporale. Gli occorrenti, invece, hanno la caratteristica di avere solo alcune delle loro parti proprie presenti ogni volta che essi sono presenti. Essi *accadono* nel tempo e non cambiano nel tempo, perciò la relazione di parte sugli occorrenti non è associata ad un indice temporale.

### 3.3.2. Dipendenza e dipendenza spaziale

La nozione di dipendenza ontologica tra entità si specifica in due varianti, così definite:

- a) Un particolare  $x$  (o una proprietà  $\varphi$ ) è specificatamente in una relazione di dipendenza costante con un altro particolare  $y$  (proprietà  $\psi$ ) se e solo se, ad ogni tempo  $t$ ,  $x$  non può essere presente a  $t$  senza che anche  $y$  ( $\psi$ ) sia presente a  $t$ . Ad esempio, una persona può essere considerata specificatamente dipendere costantemente dalla sua mente.
- b) Una proprietà  $\varphi$  (in questo caso non un particolare) è genericamente in una relazione di dipendenza costante con una proprietà  $\psi$  se e solo se, per ogni istanza  $x$  di  $\varphi$  e ad ogni tempo  $t$ ,  $x$  non può essere presente a  $t$  a meno che una certa istanza di  $\psi$  non sia anche presente a  $t$ . Ad esempio, “essere persona” è una proprietà che dipende dalla proprietà “avere un cuore”.

Nella variante (a), la dipendenza è tra entità specifiche (ad esempio, una persona specifica dipende dal suo cervello), nella variante (b), invece, tutte le istanze di una proprietà hanno una dipendenza del tipo descritto: non diremo che una certa persona dipende dal suo cuore, ma che l’“essere persona” dipende dall’“avere un cuore”.

### 3.3.3. Costituzione

In DOLCE si assume che oggetti (o eventi) diversi possano essere co-localizzati spazio-temporalmente. Due oggetti (eventi) co-localizzati non sono identici, bensì si dice che uno di essi costituisce l’altro. Il classico esempio è quello della statua e del blocco di marmo di cui è fatta. Un artista si procura un pezzo di marmo. Poi, inizia a lavorarlo e con esso ne fa una statua. Quando la statua viene completata, la statua e il blocco di marmo sono co-localizzati spazio-temporalmente: diciamo allora che la statua è un oggetto fisico costituito da una certa quantità di materia (il blocco di marmo). La statua e il blocco di marmo non sono identici: essi risultano differenti in quanto:

- 1) prima che venisse scolpita la statua, essa non esisteva materialmente (esisteva solo il blocco di marmo),
- 2) qualora alla statua venisse sostituito un pezzo, saremmo disposti a dire che abbiamo ancora la stessa statua, ma che il pezzo di marmo abbia subito un mutamento,
- 3) è metafisicamente possibile per il pezzo di marmo, ma non per la statua, esistere senza l’intenzione di un artista.

### 3.3.4. Partecipazione

La relazione di partecipazione intercorre tra continuanti e occorrenti: un oggetto partecipa ad un evento, senza per questo essere parte dell’evento stesso. Secondo la nozione di relazione di parte, infatti, solo occorrenti possono essere parti di occorrenti. Inoltre, la relazione di partecipazione include anche un fattore temporale: infatti, un continuante può partecipare temporaneamente o costantemente ad un occorrente.

### 3.3.5. *Inerenza qualitativa e valore qualitativo*

Alle relazioni di parte, dipendenza, costituzione e partecipazione si aggiungono tre altre relazioni primitive che riguardano le qualità: la relazione di inerenza che intercorre tra una qualità e l'oggetto a cui essa inerisce, e due tipi di relazioni – una atemporale e l'altra temporale – che intercorrono tra una qualità e il suo quale.

## 3.4. Ulteriori distinzioni

Date le categorie di base e le relazioni primitive, possiamo distinguere ulteriori categorie all'interno di quelle di base, che prendiamo in considerazione di seguito.

### 3.4.1. *Tipi di continuanti*

Una prima distinzione tra i continuanti è quella tra continuanti fisici e non fisici: i primi, a differenza dei secondi, hanno qualità spaziali.

Tra i continuanti fisici si possono distinguere tre ulteriori categorie: quantità di materia, oggetti e parti salienti.

Le quantità di materia sono ciò a cui si riferiscono i sostantivi di massa come “oro”, “legno”, “ferro”, “zucchero”, ecc. Nessuno di essi è un intero, ovvero non sono regolati da un principio di unità, che ha la funzione di determinare cosa è cosa non è parte di un intero [10]. Al contrario, gli oggetti hanno la caratteristica di essere degli interi, regolati da un principio di unità. Gli oggetti possono cambiare le loro parti senza perdere la propria identità (al contrario delle quantità di materia). Infine, con parti salienti ci si riferisce ad entità che costantemente e genericamente dipendono da oggetti fisici. Esempi di parti salienti sono buchi, limiti, superfici, macchie. Essi sono interi regolati da un principio di unità.

Tra gli oggetti fisici, vi sono alcuni che hanno intenzioni, credenze e desideri: questi oggetti sono detti agenti, tutti gli altri non agenti. Gli agenti sono costituiti da oggetti non agenti; ad esempio, una persona (agente) è costituita da un organismo (non agente).

Tra i continuanti non fisici, distinguiamo gli oggetti sociali da quelli mentali in base alla loro dipendenza da una comunità di continuanti agenti. Un oggetto mentale è, ad esempio, un'esperienza privata, mentre esempi di oggetti sociali sono il presidente della Repubblica Italiana (in tal caso si parla di oggetto sociale agente, in quanto è costituito da un oggetto fisico agente), il CNR, la Fiat (questi ultimi sono oggetti sociali non agenti in quanto non sono costituiti da oggetti fisici agenti, sebbene dipendano da essi, bensì costituiscono società), e così via.

### 3.4.2. *Tipi di occorrenti*

Come già accennato, gli occorrenti comprendono eventi, processi, fenomeni, attività, stati e possono avere parti temporali o spaziali. Consideriamo ad esempio un evento

quale l'esecuzione di una sinfonia. Il primo movimento dell'esecuzione è una parte temporale dell'evento, mentre ciò che viene eseguito dall'ala destra dell'orchestra è una parte spaziale dello stesso evento.

Distinguiamo gli occorrenti sulla base di due nozioni discusse nella letteratura filosofica e linguistica: l'*omeomericità* e la *cumulatività*. Consideriamo l'enunciato "John è seduto su quella sedia". Ogni parte temporale dell'evento descritto nell'enunciato è descritto dal medesimo enunciato "John è seduto su quella sedia". L'evento viene detto occorrente omeomerico. Consideriamo invece l'evento descritto dalla seguente espressione "camminare da Prato della Valle a piazza Capitaniato a Padova". Non ci sono parti temporali di questo evento che possano essere rappresentate dalla medesima espressione. Ad esempio, una parte dell'evento è percorrere via Roma; chiaramente questo evento, che indichiamo con l'espressione "percorrere via Roma", non può essere descritto con "camminare da Prato della Valle a piazza Capitaniato a Padova", poiché per raggiungere a piedi piazza Capitaniato da Prato della Valle ha anche altre parti, come percorrere via Umberto I, attraversare Piazza della Frutta, e così via. Per questo motivo, l'evento descritto dall'espressione "camminare da Prato della Valle a piazza Capitaniato a Padova" viene detto cumulativo.

### 3.4.3. Tipi di qualità

Le qualità si distinguono in base ai tipi di entità a cui ineriscono. Le qualità che ineriscono gli occorrenti sono qualità *temporali*, quelle che ineriscono ai continuanti fisici sono *fisiche*, quelle che ineriscono ai continuanti non fisici sono *astratte*.

## 4. Applicazioni

Negli ultimi otto anni le ontologie fondazionali sono state usate in molti progetti di varia natura. Rispetto all'ontologia qui descritta, DOLCE, possiamo distinguere due utilizzi principali: essa viene utilizzata come punto di partenza per sviluppare nuove ontologie oppure viene integrata ad altre ontologie già esistenti per migliorarle. Consideriamo di seguito alcuni esempi di questi due tipi di applicazione [11].

Per quanto riguarda il primo tipo di applicazioni, DOLCE è usata come il punto di partenza per sviluppare ontologie per un certo dominio scelto; ciò significa che vengono assunte le categorie di DOLCE e ad esse vengono aggiunti i concetti necessari a modellare il particolare dominio scelto. Nell'ambito del *design* ingegneristico, ad esempio, si sono utilizzate le categorie di DOLCE per offrire una caratterizzazione della nozione di "funzione" in ingegneria (si vedano Borgo, Carrara, Garbacz e Vermaas (2009) e (2010)). Un altro importante uso di DOLCE riguarda la modellizzazione concettuale nell'ambito dei servizi pubblici e dell'*E-Government*, come si può vedere in Ferrario e

Guarino (2008). In ambito sanitario DOLCE è stata usata per categorizzare i dati di *test* di laboratorio (cfr. Pozza *et al.* (2009)) e le immagini mediche (cfr. Temal *et al.* (2008)). DOLCE è stata anche utilizzata per affrontare alcune questioni di carattere filosofico, come ad esempio la teoria degli artefatti (cfr. Borgo e Vieu (2008)).

Per quanto riguarda il secondo tipo, DOLCE viene usata per integrare o migliorare ontologie già esistenti. Si può trovare un esempio di questo tipo di utilizzo di DOLCE nell'ambito delle ontologie legali. Una delle ontologie sviluppate in quest'ambito è LRI-Core, che è in grado di rappresentare i principali concetti legali che intercorrono in differenti domini, come, ad esempio, "norma", "ruolo", "responsabilità", "contratto", ecc. Despres. e Szulman (2004) hanno cercato di allineare le categorie di LRI-Core a quelle di DOLCE. Uno dei risultati che essi presentano è la fusione dell'ontologia ottenuta dall'allineamento di LRI-Core e DOLCE con micro-ontologie che rappresentano concetti e proprietà di un dominio ristretto, relativo a certe direttive Europee. In linguistica, invece, all'interno del progetto OntoWordNet si è cercato di allineare i concetti *top-level* del *database* lessicale WordNet a quelli di DOLCE (Cfr. Gangemi *et al.* (2003)). L'obiettivo è stato quello di dare una specificazione formale ai concetti e alle relazioni tra questi così come emergono in WordNet. Assiomatizzare questa risorsa lessicale permetterebbe alla stessa di ampliare le proprie possibilità applicative. Infine, nel *paper* di Ghidini *et al.* (2008) si sono studiati i meccanismi per estendere le relazioni semantiche quando si vogliono allineare due o più ontologie. Gli autori intendono affrontare il problema che ontologie diverse modellano lo stesso concetto in modo diverso. Ad esempio, i concetti di "locazione spaziale", di "causa" e di "appartenenza" sono modellati talvolta come classi e altre volte come relazioni, a seconda dell'ontologia presa in considerazione.

Infine, varie ricerche in corso riguardano l'estensione di DOLCE con categorie della cosiddetta "realtà sociale", come gruppi di individui o organizzazioni. Si veda in proposito il lavoro di Bottazzi *et al.* (2006).

Il breve *excursus* sulle applicazioni di DOLCE qui compiuto è tutt'altro che esaustivo. Tuttavia, speriamo possa risultare chiaro che DOLCE presenta una certa versatilità per essere utilizzata in diversi domini: le sue categorie generali si dimostrano pienamente utilizzabili per rappresentare e ordinare i concetti di domini più specifici. Questo è l'obiettivo delle ontologie fondazionali, e DOLCE ha ricevuto un'attenzione particolare tra queste proprio per la sua capacità di catturare le categorie più generali che sottostanno al linguaggio naturale e al senso comune, categorie che sono indipendenti da contesti specifici e perciò riutilizzabili in tutti i contesti [12].

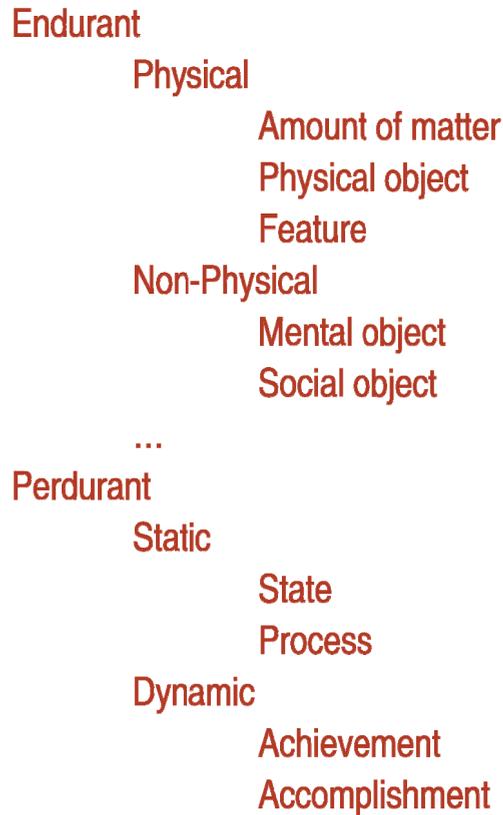


Figura 1. Tassonomia di DOLCE (semplificata)

## Note

- [1] Cfr. Hofweber, T. (2004).
- [2] Si veda ad esempio Thomasson, A. (2004).
- [3] Un esempio intuitivo di cosa significa “negoziare significati” si trova nell’articolo di Oltramari *et al.* (2003).
- [4] Si veda OntologWiki: Upper Ontology Summit <[ontolog.cim3.net/cgi-bin/wiki.pl?UpperOntologySummit](http://ontolog.cim3.net/cgi-bin/wiki.pl?UpperOntologySummit)>.
- [5] Si può trovare il risultato del Summit al seguente link: <[ontolog.cim3.net/cgi-bin/wiki.pl?UpperOntologySummit/JointCommuniqueDraft](http://ontolog.cim3.net/cgi-bin/wiki.pl?UpperOntologySummit/JointCommuniqueDraft)>.
- [6] Si veda la pagina web <[wonderweb.semanticweb.org/](http://wonderweb.semanticweb.org/)>.
- [7] Il documento si trova alla seguente pagina web: <[wonderweb.semanticweb.org/deliverables/documents/D18.pdf](http://wonderweb.semanticweb.org/deliverables/documents/D18.pdf)>.

- [8] Cfr. Guarino e Welty (2000) e (2004).
- [9] Le qualità non sono *universali* come le proprietà, bensì sono *particolari* e ineriscono alle entità.
- [10] Cfr. Guarino, N., Welty, C. (2000).
- [11] Segnaliamo in seguito alcuni tra i contributi più recenti, la maggior parte dei quali sviluppati dai (o in collaborazione con i) ricercatori del Laboratorio di Ontologia Applicata (LOA), ISTC/CNR.
- [12] Per le informazioni sullo stato dell'arte delle applicazioni delle ontologie fondazionali si ringraziano in particolare Sonia Sánchez-Cuadrado e Jorge Morato.

## Bibliografia

- Borgo S., Carrara M., Garbacz P., Vermaas P.E., *A Formal Ontological Perspective on the Behaviors and Functions of Technical Artifacts*. "Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing" (AIEDAM), 23(2009), p. 3-21.
- Borgo S., Carrara M., Garbacz P., Vermaas P.E., *Formalizations of Functions within the DOLCE Ontology*, in I. Horváth, F. Mandorli, and Z. Ruzák, (eds.) *Proceedings of the Eighth International Symposium on Tools and Methods of Competitive Engineering TMCE 2010*, Vol. 1, *Tools and Methods of Competitive Engineering* (Delft University of Technology), 2010, p. 113-126.
- Borgo S., Masolo C., *Foundational choices in DOLCE*. In S. Staab, R. Studer, (eds.), *Handbook on Ontologies* (Second Edition), Springer Verlag, 2009, p. 361-382.
- Borgo S., Vieu L., *Artifacts in formal ontology*, in Meijers, A. (ed.), *Handbook of the Philosophy of the Technological Sciences*, volume 9: *Artifact ontology and artifact epistemology*. Elsevier, 2008.
- Bottazzi E., Catenacci C., Gangemi A., Lehmann J., *From collective intentionality to intentional collectives. An ontological perspective*. "Cognitive Systems Research", 7 (2006), p. 192-208.
- Despres S., Szulman S., *Construction of a Legal Ontology from a European Community Legislative Text*, in *Legal Knowledge and Information Systems. Jurix 2004: The Seventeenth Annual Conference*. Amsterdam: IOS Press, 2004, p. 79-88.
- Ferrario R., Guarino N., *A New Ontological Perspective for Social Services*, in Corradini F., Polzonetti A., (eds.), *MeTTeG08, Proceedings of the 2nd International Conference on Methodologies, Technologies and Tools Enabling e-Government*, Halley, 2008, p. 41-51.
- Gangemi A., Navigli R., Velardi P., *The OntoWordNet Project: extension and axiomatisation of conceptual relations in WordNet*, in *International Conference on Ontologies, Databases and Applications of Semantics* (ODBASE 2003), 2003.
- Ghidini C., Serafini L., Tessaris S., *Complexity of Reasoning with Expressive Ontology Mappings*, in C. Eschenbach, e M. Grüninger, (eds.) *Formal Ontology in Information Systems* (FOIS 08), 2008, p. 151-163.
- Guarino N., Welty C., *Identity, Unity, and Individuality: Towards a Formal Toolkit for Ontological Analysis*, in W. Horn (ed.), *Proceedings of ECAI-2000*, Amsterdam: IOS Press, 2000.

- Guarino N., Welty C., *An Overview of OntoClean* (revisited version), in S. Staab, R. Studer, (ed.), *Handbook on Ontologies* (Second Edition), Springer Verlag, 2004, p. 1-17.
- Hofweber T., *Logic and Ontology*, in Zalta E.N. (ed.), *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, 2004 <plato.stanford.edu/archives/spr2009/entries/logic-ontology/>.
- Masolo C., Borgo S., *Qualities in formal ontology*, in Hitzler P., Lutz C., Stumme G. (eds.), *Foundational Aspects of Ontologies (FOnt 2005) - Workshop at KI 2005*, p. 2-16, Koblenz, 2005.
- Masolo C., Borgo S., Gangemi A., Guarino N., Oltramari A., *Wonderweb deliverable d18. Technical report*. CNR, 2003.
- Masolo C., et al., *La prospettiva dell'ontologia applicata*. "Rivista di Estetica", 22 (2003), p. 170-183.
- Oltramari A., et al., *Negoziati di significato*. "Sistemi Intelligenti", 15 (2003), n. 3, p. 419-428.
- Pozza G., Borgo S., Ravarotto L., *From data to knowledge objects, ontological considerations with inputs from the public health domain*, in *10th European Conference on Knowledge Management. Academic Conferences International (ACI)*, 2009.
- Temal L., Dojat M., Kassel G., Gibaud B., *Towards an ontology for sharing medical images and regions of interest in neuroimaging*. "Journal of Biomedical Informatics", 41 (2008), n. 5, p.766-778.
- Thomasson A., *Methods of Categorization*. In Varzi A.C., Vieu L., (eds.) *Formal Ontology in Information Systems (FOIS 04)*. Amsterdam: IOS Press, 2004.