

Interoperabilità semantica e geometrica nelle basi di dati geografiche nella pianificazione urbana

di Robert Laurini^{*}, Beniamino Murgante[†]

1. Introduzione

Nelle scorse decadi gli sforzi nel settore dell'informazione geografica erano concentrati sulla creazione di database territoriali; oggi, che la maggior parte delle amministrazioni ha realizzato queste basi di dati geografiche, si pone il problema di far parlare tra di loro questi database spaziali. Ci si trova, quindi, di fronte a barriere alla cooperazione tra organizzazioni derivanti dalla scarsa interoperabilità tra i sistemi.

Per poter sviluppare progetti che coinvolgono più enti è necessario poter attingere direttamente ai dati geografici delle amministrazioni utilizzando, quindi, fonti diverse. Se si considera, ad esempio, un piano che analizza il rischio di esondazione, è ovvio che il fiume in esame bagnerà molti comuni ed analizzerà una serie di dati prodotti da amministrazioni sovra-ordinate; lo stesso problema si porrà per la gestione delle strade, delle condotte del gas, delle linee elettriche, dei parchi, delle aree protette, ecc..

Gli anglosassoni parlano di *Legacy systems*, riferendosi a tutti i dati e le procedure delle amministrazioni pubbliche e private che rappresentano il loro patrimonio digitale. Uno dei problemi che si presenta sempre più di frequente è quello della riutilizzazione dei dati. Una soluzione adottata molto spesso è quella di ripartire da zero e ricostruire ex novo tutta la banca dati. Ovviamente, riuscire a sfruttare almeno una parte dal patrimonio digitale esistente di un'organizzazione rappresenterebbe un grosso risparmio.

Ci si trova di fronte a due problemi di interoperabilità, quella tecnica,

^{*} Laboratoire d'InfoRmatique en Image et Systèmes d'information, Institut National des Sciences Appliquées, 7 av. Capelle F - 69621 Villeurbanne Cedex.

[†] Dipartimento di Architettura Pianificazione ed Infrastrutture di Trasporto, Università degli Studi della Basilicata, Viale dell'Ateneo Lucano 10, 85100 – Potenza.

connessa ai formati, e quella semantica riguardante i significati.

L'interoperabilità può essere definita come la "Capacità tecnica di software differenti di cooperare senza conflitti di sistema o di contenuto".

Al momento attuale è possibile affermare che l'interoperabilità totale è impossibile da raggiungere e rappresenta, quindi, un sogno per gli utenti ed un incubo per gli informatici. Per cercare di risolvere le barriere generate dall'interoperabilità dei dati, è stato creato un consorzio internazionale, che si chiama Open GIS, completamente dedicato ai problemi dell'interoperabilità. Purtroppo, questo consorzio affronta solo i problemi di interoperabilità sintattica, che rappresenta il livello base. Spesso si definisce l'interoperabilità sintattica come il livello base e quella semantica come il livello alto (figura 1).

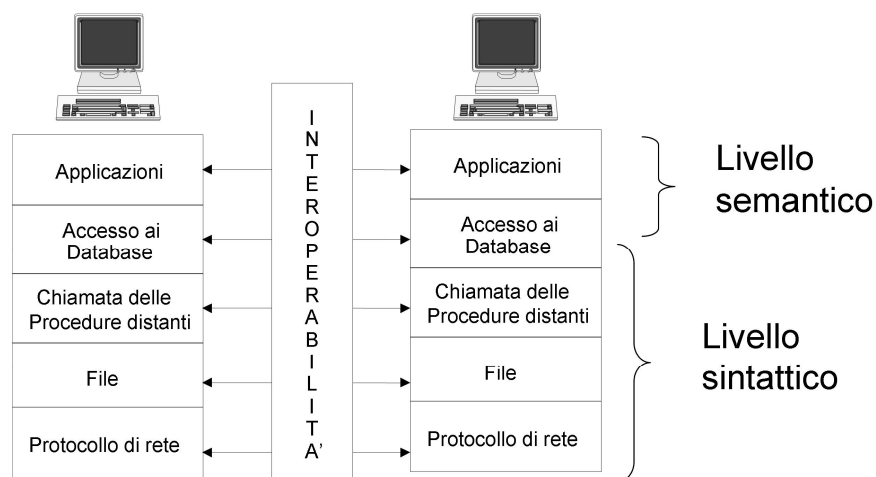


Fig. 1 - Livelli di interoperabilità

L'interoperabilità sintattica avviene al livello di schemi e di istanze di una relazione. Un esempio classico è quello delle targhe dei veicoli: in alcune nazioni sono composte da numeri e lettere, mentre altri paesi utilizzano solo numeri; può accadere, quindi, che recandovi in automobile in nazioni con codifiche diverse, nel caso venga riscontrata un'infrazione insorgerebbero seri problemi per la memorizzazione della multa.

L'interoperabilità sintattica tenta quindi di superare queste barriere tecnologiche, derivanti da differenti strutture di database. L'interoperabilità semantica analizza essenzialmente gli aspetti riguardanti la definizione del dato e degli attributi, la geometria e la topologia. Se consideriamo due strati informativi di due regioni differenti confinanti tra di loro, provando ad integrare questi due database geografici vanno affrontati problemi di collima-

zione geometrica ed ostacoli di tipo semantico. Consideriamo un viaggio dall’Olanda verso il Regno Unito, nel considerare le distanze ci si troverà di fronte a problemi di interoperabilità sintattica derivante dalle differenti unità di misura (km o miglia), risolvibili in maniera abbastanza semplice, mentre bisognerà analizzare questioni riguardanti l’interoperabilità semantica insormontabili nell’immediato, ad esempio le motorway non coincidono con le nostre autostrade. Se si analizzano le strade, l’agenzia per la raccolta dei rifiuti, le poste ed il gestore della rete del gas avranno grafi delle strade diversi. Infatti, per il postino e per il netturbino il concetto di strada è differente, il netturbino pulisce solo le strade pubbliche, mentre il postino consegna la posta anche nelle strade private (figura 2).

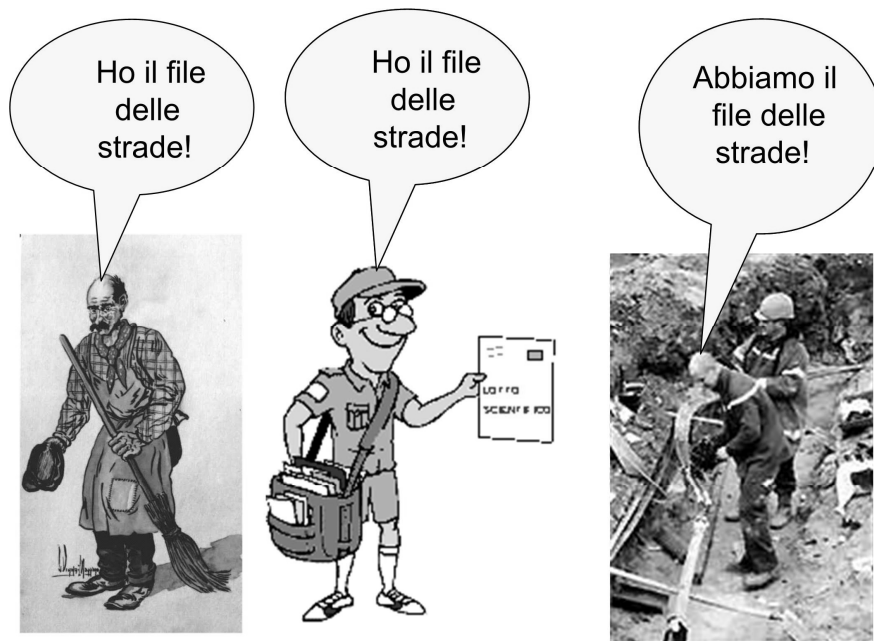


Fig. 2 - Differenze nel concetto di strada

Tab. 1 – Variazione del numero di strade nella stessa porzione di territorio in base all’utenza

| | Agenzia per la raccolta dei rifiuti | Poste | Gestore della rete del gas |
|------------------|--|-------|----------------------------|
| Strade private | No | Si | ?? |
| Strade comunali | Si | Si | Generalmente si |
| Strade con gas | ? | ? | Si |
| Strade senza gas | ? | ? | No |
| Totale | 234 | 251 | 241 |

In una stessa porzione di territorio si potrà avere un numero differente di strade in base alle differenti esigenze dell'utenza (tabella 1). Questo vuol dire che ogni attore ha la sua definizione delle cose e quando vogliamo costruire un sistema interoperabile dobbiamo verificare che le definizioni coincidano.

2. Interoperabilità semantica

Un requisito essenziale per la risoluzione delle difficoltà di tipo semantico è la perfetta conoscenza dei sistemi e dei dati in esso contenuti. Il primo strumento da utilizzare è costituito dai metadati, cioè il dato sui dati o, in altre parole, la genesi del dato e la sua qualità. Ovviamente, ad una modifica del dato deve corrispondere un aggiornamento del corrispondente metadato. Attualmente, esistono tre meccanismi per garantire l'interoperabilità semantica: le view, gli agenti software e le ontologie. Questo contributo analizzerà prevalentemente l'approccio ontologico. Volendo analizzare il significato del termine ontologia, bisogna risalire alle origini greche del termine, utilizzato in mitologia ed in filosofia, ὄντος = l'essere, Λόγος = discorso. Partendo allora da una definizione di Aristotele, "lo studio dell'essere in quanto essere", si può far riferimento a varie definizioni, tutte di derivazione informatica. L'utilizzo del termine ontologia in altri domini di applicazione, al di fuori delle discipline strettamente filosofiche, segna il passaggio dal termine Ontologia con la O maiuscola a quello ontologia con l'iniziale minuscola. Una definizione, condivisa da filosofi ed informatici, considera un'ontologia come "la teoria degli oggetti e delle loro relazioni" (Ferraris, 2005). È importante precisare che non tutti gli oggetti vengono presi in considerazione, ma solo quelli che esistono nella nostra mente. Questa precisazione porta alla seconda definizione con radici informatiche: "la teoria delle entità che esistono nel linguaggio". Si fa riferimento quindi agli oggetti che hanno un nome: per noi umani quando un oggetto non ha un nome vuol dire che non ha importanza. Altre due definizioni importanti sono quelle di Thomas Gruber (1993): "una specificazione di una concettualizzazione"; e quella di Nicola Guarino (1998) riferita al dominio dell'intelligenza artificiale: "un'ontologia rappresenta un artefatto d'ingegneria basato su un vocabolario utilizzato per descrivere una certa realtà, accompagnato da un insieme di ipotesi esplicite concernenti il significato delle parole del vocabolario". Un dizionario per certi versi rappresenta la base di un'ontologia, ma volendo considerare un approccio matematico ed informatico la definizione giusta sarebbe quella di "Grafo semantico", che contiene gli oggetti, le loro definizioni e le relazioni intercorrenti tra essi.

Un'ontologia è un grafo attraverso il quale sono rappresentate tutte le parole che sono utilizzate nei database. La strutturazione del vocabolario in un grafo è un'operazione molto delicata da realizzare. Consideriamo un esempio di ontologia per le catastrofi naturali (figura 3): è possibile definire due tipi di relazioni tra gli oggetti "è uno" e "causa". Il terremoto è una catastrofe naturale e può generare una valanga, una frana o uno tsunami.

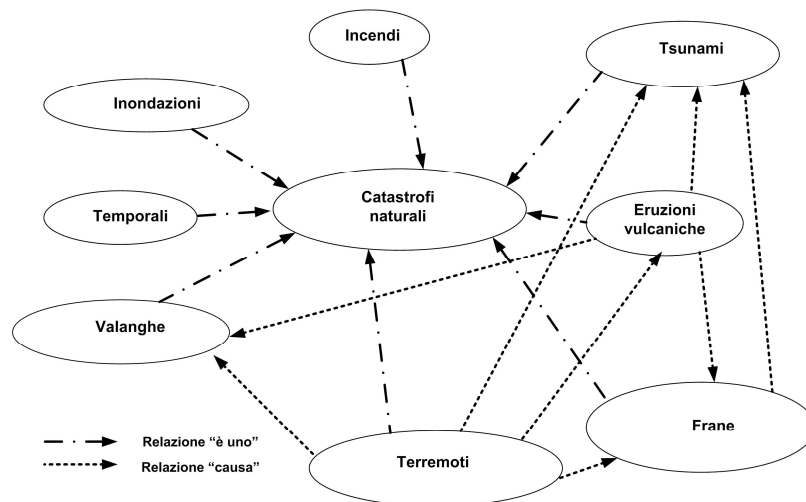


Fig. 3 - Esempio di ontologia per le catastrofi naturali

Si tratta quindi di analizzare un dominio e di creare un grafo come quello di figura 3, esaminando gli oggetti e ricavando le rispettive relazioni.

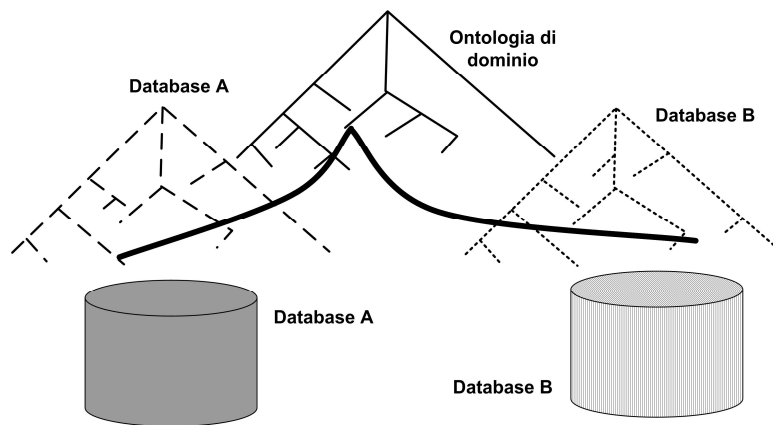


Fig. 4 - Interoperabilità di due basi di dati mediante un'ontologia di dominio

Per ogni banca dati, strutturata mediante un proprio modello concettuale, si crea un'ontologia locale, che descrive il contenuto del database considerato. Si considera, inoltre, un'ontologia di dominio, che includa tutto il vocabolario del dominio e rappresenta una sorta di ponte tra le due ontologie locali, come illustrato in figura 4. Partendo, quindi, da un oggetto del database A, si considera l'ontologia locale, si va a cercare nell'ontologia di dominio il concetto corrispondente e, di conseguenza, si cerca nel database B l'oggetto equivalente al concetto dell'ontologia di dominio. Viene così definito un cammino che genera automaticamente un mediatore con due compiti fondamentali: tradurre l'interrogazione effettuata sul database A, in modo da renderla comprensibile alla banca dati B e trasformare i risultati, consentendo al database A di interpretarli (figura 5).

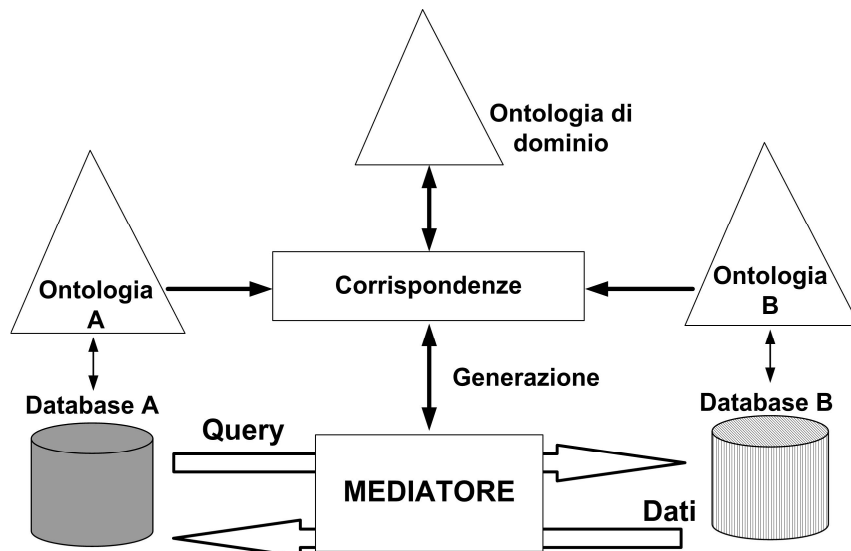


Fig. 5 - Uso dei mediatori per assicurare l'interoperabilità

Ci si trova di fronte al problema della corrispondenza dei nomi e delle unità di misura dei valori. Se consideriamo, ad esempio, la distanza tra due località, una in Italia e l'altra nel Regno Unito, avremo che nel database A la distanza è chiamata "distanza", mentre nel database B "distance" ed, a sua volta, nella prima banca dati la misura sarà formulata in chilometri mentre nella seconda i valori saranno espressi in miglia. Il compito dei mediatori sarà quello di tradurre l'interrogazione "distanza" in "distance" per poi convertire il risultato da miglia in chilometri.

Considerando un altro esempio, riguardante dati demografici si può ave-

re che il database A contiene informazioni sui residenti, mentre nel database B sono presenti due entità separate, uomini e donne: come è possibile calcolare nel database B il numero di residenti e nel database A gli uomini e le donne? Il primo calcolo è semplice; basta effettuare la somma di uomini e donne: è il caso di generazione di mediatori esatti. La seconda operazione non è altrettanto semplice, poiché non è possibile determinare con esattezza quanti dei residenti sono uomini e quanti donne, è possibile generare solo mediatori approssimativi, utilizzando le stime a scala nazionale che attribuiscono su 100 persone una percentuale inferiore agli uomini rispetto alle donne (48% uomini, 52% donne).

3. Interoperabilità geometrica

Capita spesso, in corrispondenza dei confini, di avere basi di dati geografiche che, nonostante abbiano la stessa scala e lo stesso sistema di proiezione, non hanno un'esatta corrispondenza. In questi casi è possibile riscontrare parti sovrapposte o non coperte, strade e fiumi con mancanza di continuità, edifici frammentati (figura 6). Vanno quindi ricostruiti tutti gli oggetti tagliati artificialmente.

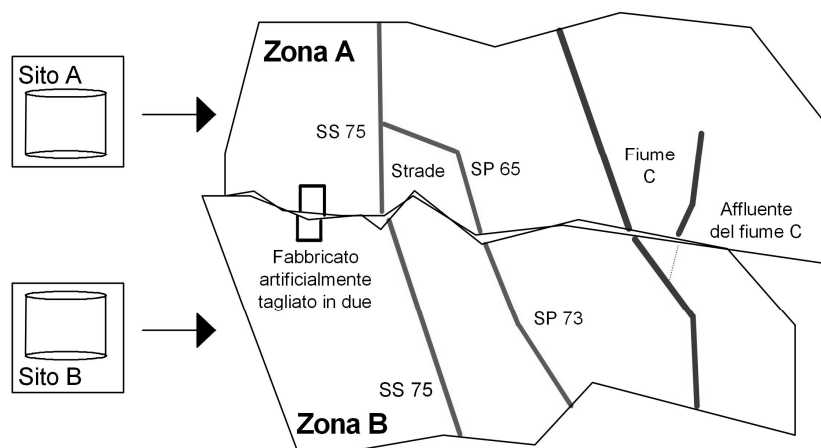


Fig. 6 - Esempio di problemi nei database territoriali in corrispondenza dei confini

Può anche verificarsi che due database spaziali, appartenenti a due organizzazioni diverse, nonostante siano riferiti alla stessa porzione di territorio, non corrispondano, a causa di errori nelle misure, di rilievi effettuati in periodi diversi o con attrezzature con grado di precisione differente. Ad esempio, se consideriamo il database dell'azienda che gestisce la distribu-

zione del gas, quello dell'azienda che gestisce l'acquedotto e quello delle strade, è facile riscontrare una mancanza di collimazione (figura 7). Quindi, è necessario trovare un sistema automatico per correggere questi errori. Una soluzione può essere quella di prendere una media degli scostamenti, ma nel caso di grosse differenze temporali nel rilievo conviene considerare migliore il database più recente.

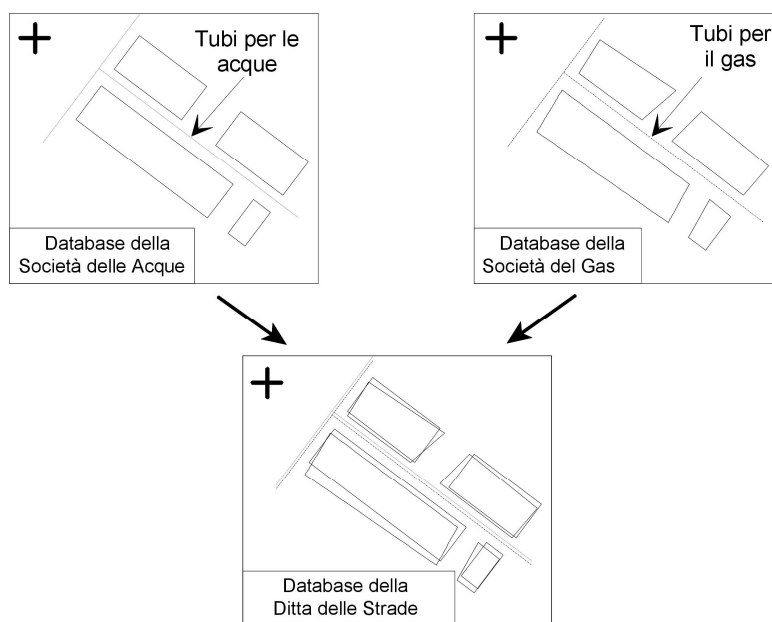


Fig. 7 - Esempio di discrepanze geometriche in database territoriali riferiti alla stessa porzione di territorio

Esistono diverse soluzioni:

- effettuare nuovamente tutti i rilievi, riproducendo integralmente i database con costi elevatissimi;
- definire una sorta di fascia elastica lungo il confine, dove poter effettuare la correzione mediante la trasformazione di "rubber sheeting", facendo collimare le mappe (figura 8).

Altre due soluzioni sono state proposte da Laurini (1998):

- la prima è sempre basata sul rubber sheeting, che viene effettuato una sola volta durante l'implementazione iniziale del sistema, escludendo così ulteriori possibilità di aggiornamento lungo la fascia;
- la seconda utilizza sempre il rubber sheeting, stabilendo solo i

parametri di questa operazione nella fase iniziale, mentre il rubber sheeting viene eseguito ogni volta durante l'interrogazione, con il vantaggio di poter utilizzare sempre database aggiornati e di non modificare le due banche dati originali.

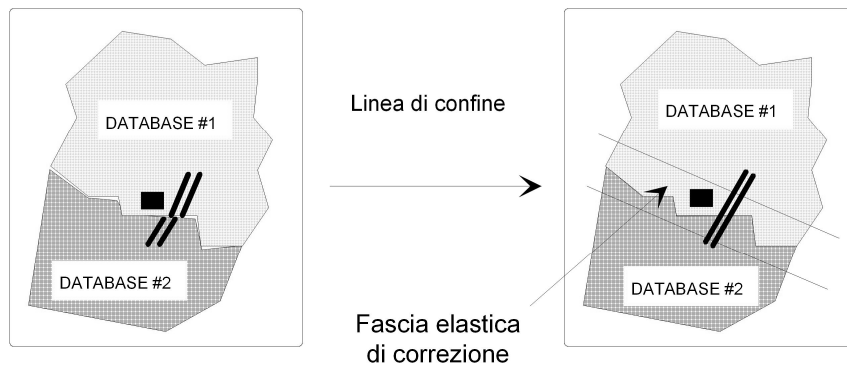


Fig. 8 - Definizione della fascia di correzione lungo il confine in cui sarà applicata una trasformazione elastica di tipo rubber sheeting

L'operazione di rubber-sheeting può essere di tipo lineare (1) e bilineare (2):

$$\begin{aligned} X &= A \times x + B \times y + C \\ Y &= D \times x + E \times y + F \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} X &= A \times xy + B \times x + C \times y + D \\ Y &= E \times xy + F \times x + G \times y + H \end{aligned} \quad (2)$$

dove x e y sono le coordinate nel vecchio sistema e X e Y nel nuovo sistema. In assenza di vincoli, la formula bilineare è la migliore soluzione per effettuare il rubber sheeting. Al fine di definire correttamente questa trasformazione è opportuno non dimenticare che, non essendo essa lineare, produce distorsioni degli oggetti in prossimità dei confini. Un edificio rettangolare può perdere la proprietà del parallelismo dei lati e subire delle distorsioni angolari, se non vengono imposti dei vincoli durante la trasformazione.

Nella collimazione esistono tre livelli geometrici da garantire: cartografico, semantico, topologico. Il livello cartografico si occupa della correzione delle discrepanze tra le mappe, forzando i confini con operazioni di rubber sheeting, senza modificare il contenuto dei database, garantendo che le

mappe appaiano senza buchi e cuciture e siano, quindi, accettabili da un punto di vista cartografico.

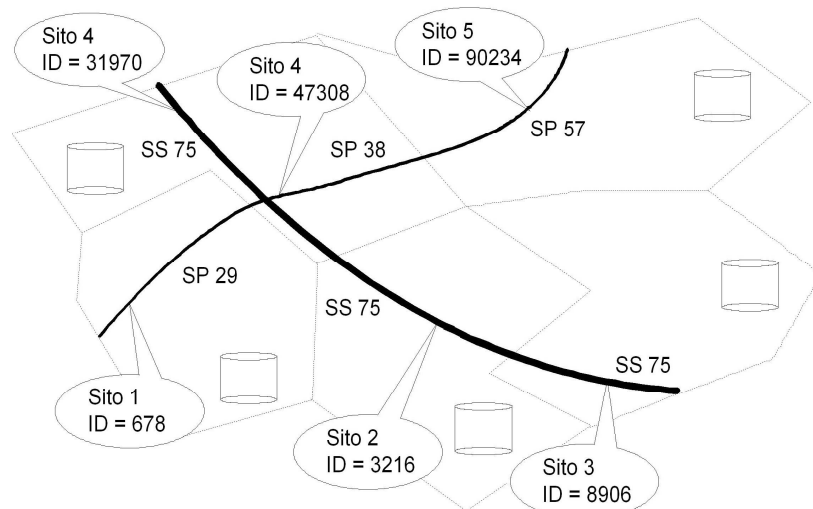


Fig. 9 - Continuità topologica, identificatori locali e globali

Collimazione semantica vuol dire ricostruire gli oggetti che erano stati artificialmente tagliati e frammentati (strade, fiumi, edifici, ecc.), in modo tale da poter effettuare interrogazioni riguardanti questi oggetti.

Il livello topologico concerne la ricostruzione della continuità dei grafi (canali, viabilità, ecc.) separati in precedenza. Questo tipo di collimazione può rendersi necessario, ad esempio, nel caso di un autotreno che deve andare dal Portogallo alla Russia. Questo camion è obbligato ad attraversare diverse nazioni. Per avere informazioni in tempo reale riguardo al percorso del mezzo di trasporto, è necessario avere un grafo unico con nodi appartenenti a diversi database (figura 9).

4. Il Progetto Towntology

Il progetto Towntology nasce dall'idea di fare un'ontologia di dominio per tutte le applicazioni urbane. La prima esperienza è stata svolta a Lione negli anni 2002 e 2003, applicata solo al dominio della progettazione e gestione delle strade e solo in lingua francese. In questa prima ontologia sono stati integrati più di 800 concetti, facendo saltare l'ottimistica previsione che considerava sufficienti 1000 concetti per coprire tutto il settore della pianificazione urbana. Con molta probabilità, si supereranno i 3000 concetti

per completare tutta l'ontologia della città (Keita *et al.*, 2004; Roussey *et al.*, 2004). Nel periodo 2003-2004 l'ontologia è stata estesa alla pianificazione dei trasporti, alla mobilità delle persone e delle merci e si è iniziato ad estendere il dominio anche in altre lingue. Per questo fine, è stata realizzata una rete COST (European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research, si tratta di una rete di laboratori che, lavorando insieme, sviluppano delle ricerche grazie a dei finanziamenti dell'Unione Europea). Due attività venivano svolte parallelamente, da un lato gli urbanisti lavoravano all'identificazione dei concetti, dei termini e delle corrispondenti definizioni, dall'altro gli informatici implementavano il sistema per navigare nel grafo ontologico. I laboratori impegnati nell'azione COST potranno così sviluppare, dal 2005 al 2009, una grande ontologia multi-lingue e multimediale dell'urbanistica. Il software sviluppato prende il nome dall'omonimo progetto ed ha le seguenti caratteristiche:

- presentazione visiva del grafo ontologico;
- rete semantica;
- struttura ipertestuale e multimediale delle definizioni;
- definizioni multiple per lo stesso concetto;
- origine e tracciabilità delle definizioni;
- possibilità di aggiornare il grafo ontologico sia nei contenuti che nelle relazioni;
- possibilità di arricchire la descrizione dei concetti mediante foto e disegni.

Per l'ontologia delle strade erano state predisposte nove relazioni:

1. è fatto di;
2. è composto di;
3. è localizzato a;
4. è utilizzato per;
5. è localizzato su;
6. è un;
7. è un sotto-insieme di;
8. dipende da;
9. è uno strumento per.

Tuttavia, l'elenco si è allungato man mano che venivano costruite nuove ontologie. Ad esempio, per l'ontologia del Rischio sviluppata all'interno del Laboratorio di Ingegneria dei Sistemi Urbani e Territoriali dell'Università della Basilicata (Las Casas e Scardaccione, 2005) sono state utilizzate sempre nove relazioni, ma completamente differenti dalle precedenti (figura 10):

1. è un;
2. fa riferimento a;

3. ad;
4. è migliorata da;
5. comunica;
6. coordina;
7. interagisce;
8. è parte di;
9. gestisce.

In figura 10 è possibile osservare anche come per ogni concetto siano state inserite tutte le possibili definizioni, citando le fonti, aggiungendo la data di inclusione nell'ontologia e il nome della persona che ha effettuato l'inserimento.

The image shows a software interface for an ontology. The top part displays a semantic graph with nodes like 'Elementi strategici', 'VUL Diretta', 'VUL Fisica', and 'VUL Differita' connected by arrows representing relationships. The bottom part shows a detailed view for the concept 'VUL Diretta', including its definition, characteristics, and a list of references with their authors and dates.

| Caratteristiche de l'ontologie | |
|--|--|
| ontology: | VUL Diretta |
| ontology language: | Italiano |
| ontology creator: | Usls Lisut ontology |
| lastmodif: | 2006/06/13 |
| info links: | |
| VUL Fisica (Generalità) è un VUL Diretta (Generalità) | (Definibon 1: info entered 2005/1/02 by Scardaccione) |
| VUL Diretta (Generalità) fa riferimento a Abitazioni (Generalità) | ([Cremonini (1998)] - Glosario - Las Casas, Scardaccione) |
| VUL Diretta (Generalità) fa riferimento a Elementi strategici (Generalità) | (Definibon 2: info entered 2005/1/02 by Scardaccione) |
| VUL Diretta (Generalità) fa riferimento a opere d'arte (Gestione) | ([Mercuri (2000)] - Glosario - Las Casas, Scardaccione) |
| | (Definibon 3: info entered 2005/1/02 by Scardaccione) |
| | ([Ferra (1991)] - Glosario - Las Casas, Scardaccione) |
| | (Definibon 4: info entered 2005/1/02 by Scardaccione) |
| | ([Caldaroli ed al. (1996)] - Glosario - Las Casas, Scardaccione) |

Fig. 10 - Nove relazioni utilizzate nell'ontologia del rischio ed elenco delle possibili definizioni

Il software è composto da un browser, che consente la navigazione nel grafo semantico, da un editor, che permette l'aggiornamento, l'inserimento e la cancellazione dei concetti e da un editor di foto, che consente l'associazione tra i concetti e le corrispondenti definizioni con immagini. La figura 11 mostra come l'ontologia è consultabile a partire dal grafo semantico navigabile, dal semplice elenco dei concetti (barra laterale) o dalle foto.

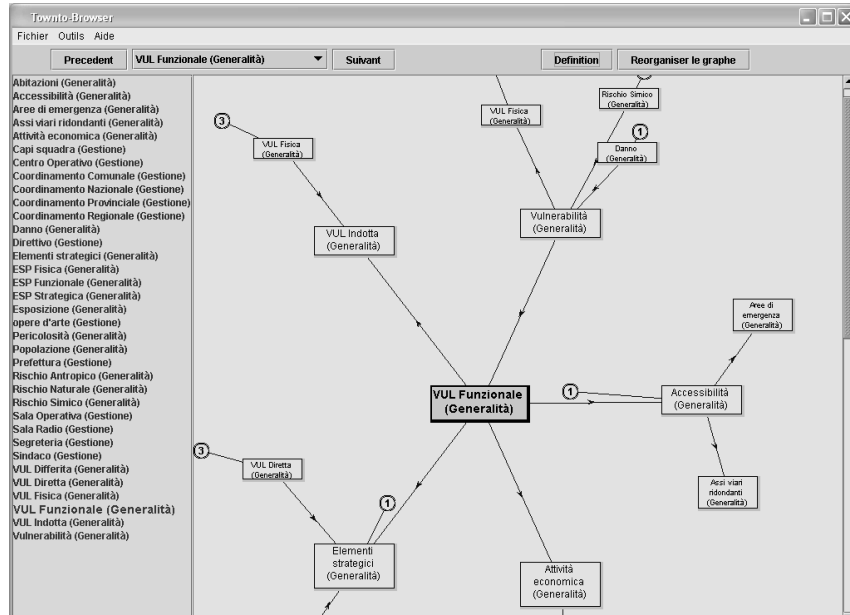


Fig. 11 - Esempio di browser che consente la navigazione nel grafo dell'ontologia

Fig. 12 - Esempio di utilizzo di foto per arricchire e rendere più immediata la definizione di un concetto

L'utilizzo delle foto (figura 12) è molto importante perché consente all'utente di interagire con qualcosa di molto più familiare, specialmente in ambito urbano, dove talvolta i concetti possono essere un po' vaghi, mentre le immagini di scene urbane riescono a comunicare in maniera molto più rapida con l'utente.

5. Ontologie prima e dopo il consenso

Nella ricerca dell'interoperabilità semantica è necessario raggiungere un accordo tra tutti i protagonisti, scegliendo una definizione che è una sorta di compromesso tra tutti gli attori. Questo è il caso di ontologie *dopo il consenso* (figura 13) utilizzate nella maggior parte dei casi.

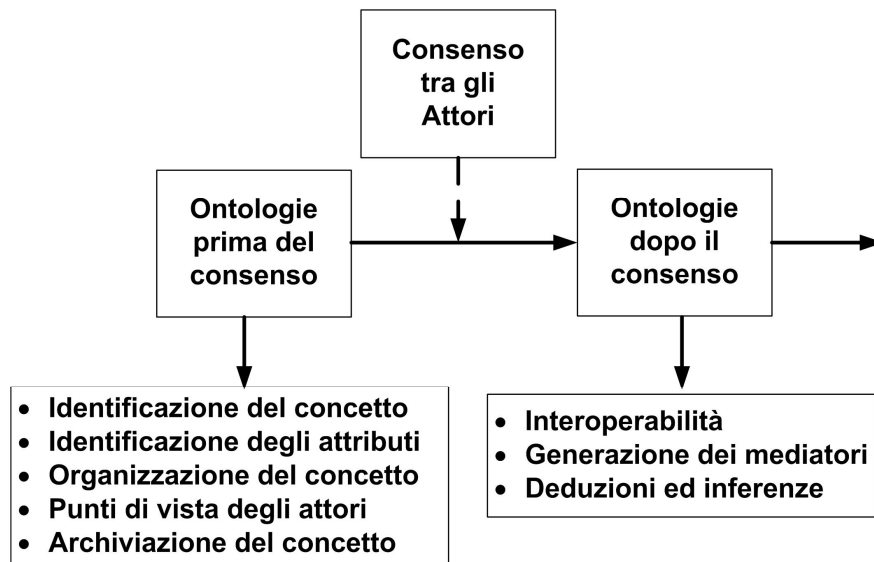


Fig. 13 - Principali differenze tra ontologie prima e dopo il consenso

Una volta raggiunto l'accordo, la definizione può essere tradotta in OWL (Ontology Web Language). Il problema è come arrivare a questo consenso. Nel caso di domini non molto ricchi e ben standardizzati, come nel campo delle materie scientifiche, il raggiungimento di un accordo risulta abbastanza semplice (Gómez-Pérez *et al.*, 2004). Nel caso ci si trovi di fronte ad un contesto che presenti una grande ricchezza di definizioni, con un vocabolario molto articolato, raggiungere il consenso non è un compito molto semplice. Il dominio della pianificazione urbana ricade nel secondo

caso, specialmente se si analizza il contesto in nazioni differenti. In questo dominio, quindi, il raggiungimento del consenso prima della costruzione dell'ontologia non è una cosa per niente banale. Per questo motivo si è preferito operare con ontologie *prima del consenso*, raccogliendo prima tutte le definizioni esistenti, per poi cercare un consenso tra tutti gli attori (Laurini, 2007).

6. Conclusioni

In conclusione, è possibile affermare che la costruzione di un'ontologia riguardante la pianificazione urbana è un compito di non facile soluzione, che deve tener conto dei molteplici approcci disciplinari alle definizioni degli oggetti urbani e, all'interno delle stesse discipline, di punti di vista molto variegati. Bisogna considerare, inoltre, la complessità dei fenomeni urbani e l'intrinseca diversità dei vari contesti territoriali. A questi ostacoli vanno aggiunte le barriere costituite dalle lingue e da termini locali derivanti dai dialetti. Considerando, ad esempio, il concetto di alluminio in chimica si avrà un'unica definizione in tutte le lingue ed in tutti i luoghi. In questo caso costruire un'ontologia è un compito molto facile, perché non ci sono dibattiti sulle definizioni.

Nel campo della protezione civile il concetto di ponte può essere visto prima di tutto come un elemento di connessione all'interno di un grafo che favorisce l'evacuazione, ma è sicuramente un elemento vulnerabile in caso di sisma e, se situato in prossimità di un lago, può essere un ostacolo per l'approvvigionamento dei Canadair in caso di incendio.

Se consideriamo il termine città, esisteranno almeno cinquanta definizioni, ma quasi nessuna tiene conto della sua complessità. Considerando solo la lingua Inglese ci si trova subito di fronte al dubbio su quale termine corrisponda di più tra city e town. Se poi passiamo ad analizzare il termine urbanistica avremo lo stesso problema: quale termine inglese è più adatto tra town planning e urban planning?

Uno dei possibili utilizzi concreti delle ontologie nel settore della pianificazione urbana e territoriale può riguardare un approccio interscalare alla pianificazione, secondo i principi di sussidiarietà e co-pianificazione, dove diversi livelli istituzionali vengono coinvolti contemporaneamente nelle verifiche di compatibilità e coerenza dei rispettivi strumenti di piano. In questo caso è fondamentale che ci sia la massima interoperabilità delle basi di dati geografiche in modo da favorire la massima trasparenza ed oggettività nei tavoli di concertazione istituzionale.

Bibliografia

- Ferraris M. (2005), *Dove sei ? Ontologia del telefonino*, Bompiani editore, Milano
- Gómez-Pérez A., Fernández-López M., Corcho O. (2004), *Ontological Engineering*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg
- Gruber T.R. (1993), "A Translation Approach To Portable Ontology Specifications", in *Knowledge Acquisition*, Volume 5, Issue 2
- Guarino N. (1998), "Formal ontologies and information systems", Proceedings of the International Conference on Formal Ontology in Information Systems (FOIS'98), 6-8 June, Trento, Italy, IOS Press, Amsterdam
- Keita A., Laurini R., Roussey C., Zimmerman M. (2004), "Towards an Ontology for Urban Planning: The Towntology Project", Proceedings of the 24 Urban Data Management Symposium, 27-29 October, Chioggia, Italy
- Las Casas G., Scardaccione G. (2005), "Contributi per una Geografia del Rischio sismico: analisi della vulnerabilità e danno differito", in *Modelli e metodi per l'analisi delle reti di trasporto in condizioni di emergenza: contributi metodologici ed applicativi*, a cura di Di Gangi M., Editrice Ermes, Potenza
- Laurini R. (1998), "Spatial Multidabase Topological Continuity and Indexing: a Step towards Seamless GIS Data Interoperability", *International Journal of Geographical Information Sciences*, Volume 12, Issue 4
- Laurini R. (2007), "Pre-consensus Ontologies and Urban Databases", in *Ontologies for Urban Development*, in Teller J., Lee J. R., Roussey C. (eds), Springer-Verlag, Berlin Heidelberg
- Ontology Web Language (2004), <http://www.w3.org/TR/owl-features/> (ultimo accesso 05/09/2007)
- Roussey C., Laurini R., Beaulieu C., Tardy Y., Zimmermann M. (2004), "Le projet Towntology : Un retour d'expérience pour la construction d'une ontologie urbaine". *Revue Internationale de Géomatique* Volume 14, Issue 2