

Interoperabilità semantica e geometrica nelle base di conoscenze geografiche per la pianificazione urbana e regionale

Robert Laurini¹[0000-0003-0426-4030]

¹ Knowledge Systems Institute (USA) ed Università di Lione (Francia)
e-mail: Roberto.Laurini@gmail.com

Abstract. Nelle imprese, è diventato una pratica comune rivolgersi alla gestione della conoscenza per renderla più efficace. Allo stesso modo, alcuni enti locali si pongono delle domande riguardo l'opportunità di utilizzare tale strumento, ma numerosi ostacoli impediscono questo tipo di automazione, in particolare a causa delle difficoltà di integrare gli aspetti geometrici nei sistemi basati sulla conoscenza incentrati soprattutto sulla logica. Analogamente all'interoperabilità dei sistemi informativi territoriali (SIT), occorre analizzare da vicino i problemi che si pongono per ottenere sistemi interoperabili verticali (ad esempio città-regione) o orizzontali (regioni adiacenti). Attualmente, i SIT basati sulla conoscenza raggruppano componenti come gli oggetti geografici, le loro relazioni, le ontologie, i gazetteer (per i toponimi), le regole, le conoscenze esterne, ecc., e l'interoperabilità dovrà basarsi su tali componenti. In questo testo saranno esposti i problemi semantici legati alle ontologie diverse e quelli legati alla collimazione geometrica. In seguito, verranno proposte delle soluzioni, in modo che l'utente lavori su più basi di conoscenza come se fosse un'unica.

Parole chiave: Informazione geografica, conoscenza geografica, knowledge management, interoperabilità.

1 Introduzione

Un numero sempre maggiore di aziende sta improntando le proprie decisioni su sistemi di supporto basati sull'intelligenza artificiale e, in particolare, sull'ingegneria della conoscenza. Tuttavia, pochi enti locali utilizzano questo tipo di strumenti perché non sono adatti alla loro missione per diverse ragioni:

- ∞ devono gestire territori, e i sistemi attuali non lo consentono,
- ∞ sono intrecciate in strutture ed istituzioni territoriali (comune, provincia, regione) le cui competenze talvolta si sovrappongono.
- ∞ devono sempre più tener conto dei cittadini.

Una delle caratteristiche è che le decisioni che vengono prese superano spesso i limiti della loro giurisdizione. Similarmente, le azioni prese altrove possono avere influenze sui territori di altri enti locali.

Inoltre, per molti progetti, un ente locale deve cooperare con altri enti locali. Prendiamo i casi della gestione dei fiumi, delle conseguenze economiche di un nuovo progetto di autostrada, oppure della creazione di un nuovo parco naturale. In questi casi, come in altri, sarà necessario lavorare con diverse basi di conoscenze, ognuna concepita per un obiettivo particolare con caratteristiche diverse.

Lo scopo dell'interoperabilità è proprio quello di far sì che si possa lavorare su basi di conoscenze con strutture e contenuti eterogenei. In ambito informatico, l'interoperabilità è la capacità di un sistema o di un prodotto informatico di cooperare e di scambiare informazioni o servizi con altri sistemi o prodotti in maniera più o meno completa e priva di errori, con affidabilità e con ottimizzazione delle risorse [1, 2].

Uno dei problemi a risolvere è legato alle misure delle coordinate. È bene conosciuto che due geometri esperti fanno due misure differenti: quindi tra i confini teorici e quelli digitalmente archiviati ci sono discrepanze. La conseguenza maggiore è che le relazioni topologiche non sono chiare come illustrato nella Figura 1. Questo aspetto viene perturbare l'interoperabilità.

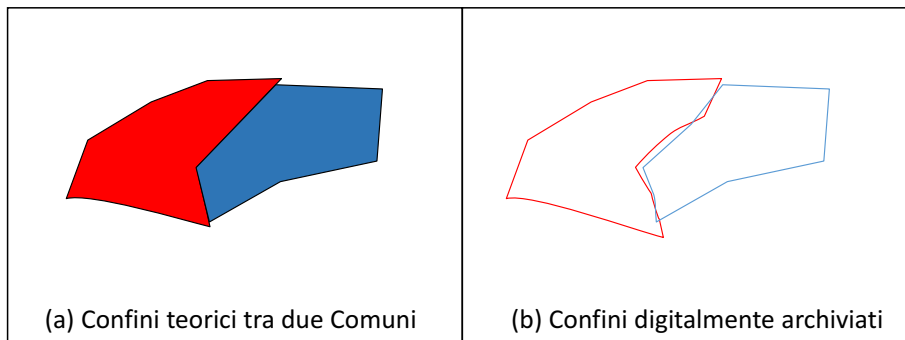


Fig. 1. Discrepanze tra confini teorici e confini digitalmente archiviati tra due Comuni.

Per tutti questi motivi è importante analizzare in che modo i sistemi di basi di conoscenze geografiche possono cooperare in un contesto di interoperabilità.

È importante precisare le differenze tra fusione di due sistemi informatici e la loro fusione; mentre la fusione comporta l'esistenza di nuovi meccanismi e i due sistemi precedenti vengono dimenticati, l'interoperabilità implica che i sistemi rimangano autonomi. Ciò sarà tuttavia reso possibile dalla creazione di un sistema-ombrello il cui obiettivo sarà di garantire l'interoperabilità cioè di bilanciare le differenze.

L'obiettivo di questo articolo sarà quello di analizzare questo problema e di proporre soluzioni. In primo luogo, si ritornerà sull'esame delle conoscenze geografiche, delle loro peculiarità e della loro strutturazione. In secondo luogo, affronteremo la questione dell'interoperabilità, che ci consentirà di individuare possibili soluzioni.

2 Conoscenze geografiche

La conoscenza geografica ha sempre dimostrato il suo valore di strumento di ragionamento per definire soluzioni efficaci per la gestione dei territori.

Per un territorio, le conoscenze corrispondono a informazioni potenzialmente utili per:

- spiegare e rendere comprensibili le sue dinamiche interne così come le sue interazioni con altre regioni limitrofe nello stesso paese o in paesi vicini.
- gestire un territorio da parte di enti locali, ad es. tramite un sistema di supporto decisionale, nello spirito dell'intelligenza territoriale;
- monitorare il suo sviluppo quotidiano attraverso feedback e adattamento;
- simulare il futuro e progettare nuovi progetti;
- orientare azioni per il futuro.

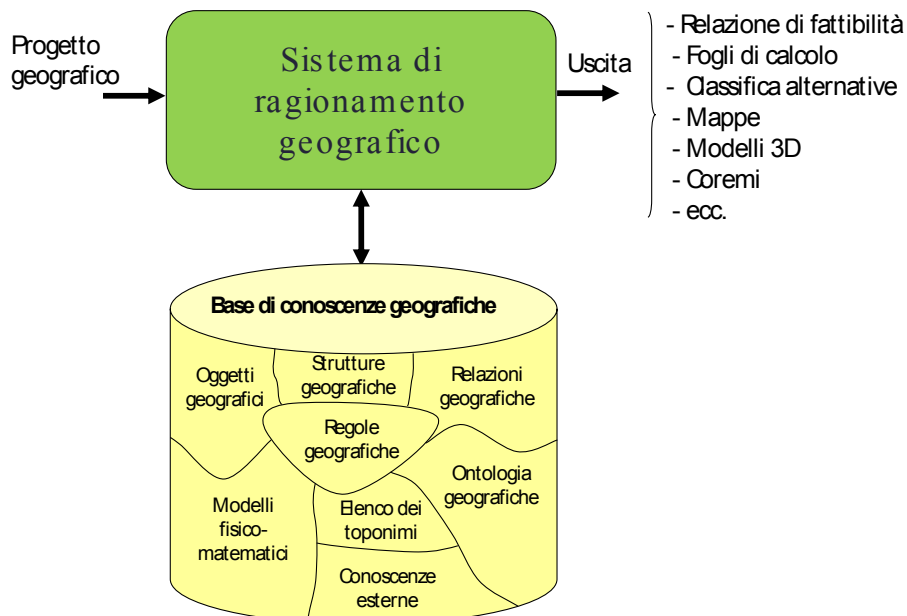


Fig. 2. Struttura di una base di conoscenze geografiche.

La figura 2 presenta in breve l'articolazione della base di conoscenze geografiche, il sistema di ragionamento, un nuovo progetto da disegnare e sviluppare, e le possibili forme dei risultati.

Quindi, in molti settori, come la pianificazione urbana e ambientale, è essenziale avviare processi di analisi e ragionamento basati sulla conoscenza geografica, e quindi sulla geolocalizzazione, nel suo senso più ampio. In questo contesto, oltre ai fatti e alle relazioni spaziali, i portafogli di conoscenza includono regole geolocalizzate. Dichiarazioni come "In Inghilterra, si guida a sinistra", "è vietato modificare gli edifici

alle vicinanze dei monumenti storici", indicano che le regole contengono un riferimento esplicito allo spazio, che diventa un parametro fondamentale.

Diversi anni fa, era stata proposta una struttura di base di conoscenze geografiche [3, 4], basata sulle seguenti componenti (Figura 2).

- 1 - gli **oggetti territoriali**, naturali o antropogenici, con la loro descrizione, la loro geometria (ubicazione e forma), la loro dinamica e la loro identificazione; si possono aggiungere i campi continui per modellare le inondazioni, la temperatura, il vento, l'inquinamento;
- 2 - elenchi di **relazioni tra oggetti**, ad esempio, topologici;
- 3 - un'**ontologia** che raggruppa i tipi di oggetti (strade, fiumi, foreste, particelle, ecc.) e la loro strutturazione;
- 4 - un **elenco dei toponimi** (gazetteer) che raggruppa i nomi dei luoghi (Milano, Torre di Pisa, Bar di Giulio, ecc.) e le loro varianti;
- 5 - un insieme di **modelli fisico-matematici**, in particolare per modellare le inondazioni, la diffusione degli inquinamenti;
- 6 - le **strutture geografiche complesse** (aeroporti, università, caserme, siti industriali, parchi naturali, ecc.);
- 7 - le **conoscenze esterne** all'organo giurisdizionale;
- 8 - un insieme di **regole geografiche** che connettano tutti gli altri componenti.

Spieghiamo brevemente alcune componenti, come regole e conoscenze esterne.

2.1 Regole geografiche

Alcuni anni fa, era stato presentato [5] un quadro preliminare per le regole geografiche (Figura 3).

Di fatto, la natura di queste regole è molto ampia e si possono classificare attraverso diverse categorie: *(i)* le regole della geografia fisica (ad esempio, climatologia, inondazioni, eruzioni vulcaniche, meccanismi di diffusione, idrologia), *(ii)* le regole antropiche ed economiche (demografia, sociologia, economia, trasporti) e *(iii)* le norme giuridiche (costituzioni, leggi sulla pianificazione urbana e ambientale).

Tali regole possono provenire da esperti, da algoritmi di data mining spaziali, da documenti, da crowdsourcing. Tuttavia, a causa della loro eterogeneità, modellarle attraverso i linguaggi naturali è un compito complesso. Infatti, le forme tradizionali IF-THEN-FACT e IF-THEN-ACTION, basate sulla logica, non sono del tutto adatte per modellare e gestire la geometria e la topologia dello spazio [6].

Nelle basi di conoscenze classiche, le regole sono divise in due parti, antecedenti e conseguenti. Ma per le regole geografiche, era mostrato che devono essere scritte in tre parti, il contesto, le condizioni booleane e le azioni [7, 8].

Di conseguenza, oltre a queste regole, devono essere considerati diversi altri tipi:

- Regola di creazione di una zona: "IF-THEN-Zone";
- Regole di co-localizzazione: "SE si verifica qualcosa qui, ALLORA si verifica un'altra cosa nelle vicinanze";
- Metaregola: "SE alcune condizioni sono valide, POI applicare *RuleA*";
- Regole di localizzazione: "SE in un posto *B*, QUINDI applicare *RuleB*";

- Regola di bi-localizzazione: "SE qualcosa rimane al posto P , POI qualcos'altro al posto Q ".

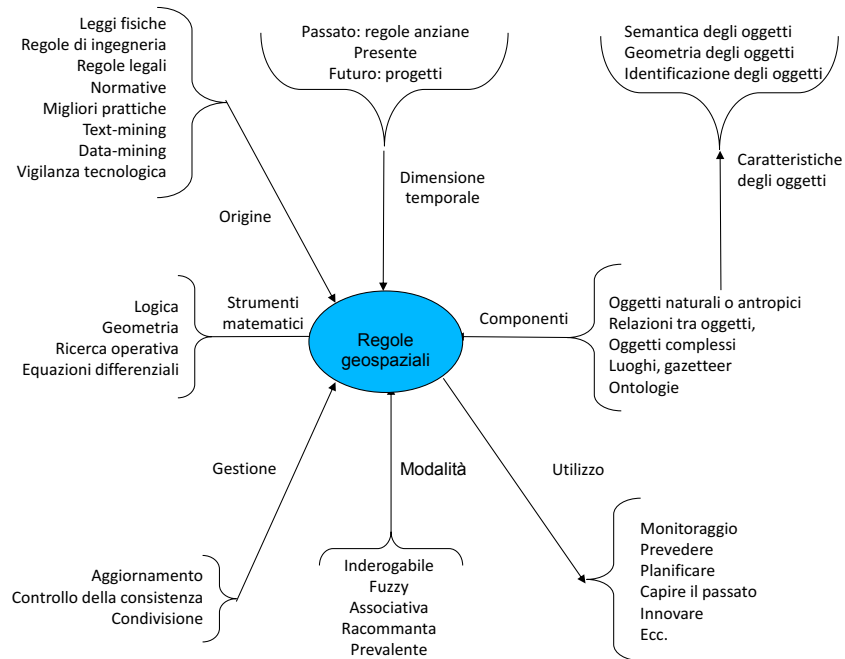


Fig. 3. Le regole geografiche e il loro background.

2.2 Conoscenze esterne

La prima regola della geografia [9]) stabilisce che “*tutto è legato a tutto il resto, ma le cose vicine sono più correlate delle cose lontane*”. In altre parole, per ragionare meglio su un territorio, è necessario conoscere ciò che accade vicino, cioè comprendere le conoscenze esterne [10]. A titolo di esempio, la chiusura di una grande impresa situata in un Comune comporta conseguenze nei Comuni vicini. Allo stesso modo, una rinomata località sciistica in cui i prezzi degli hotel sono alti spingerà i paesi vicini a offrire alloggi più economici. Ma prima di definire le conoscenze esterne, è necessario definire il concetto di “corona”: una corona è uno spazio che circonda un territorio (Figura 4). In termini matematici, si parla di un *out-buffer*, ad esempio di 1km di larghezza se è regolare, ma può essere variabile tenendo conto delle caratteristiche locali.

Due sono i tipi di conoscenze esterne (Figura 4). Il primo è legato alla distanza chilometrica, cioè sono le conoscenze sugli oggetti che sono all'interno della corona con le loro relazioni con gli oggetti interni ed anche esterni e l'elenco dei toponimi.

Il secondo è legato a un'altra accettazione della nozione di distanza. In fatto, se consideriamo due città A e B che hanno caratteristiche vicine, le esperienze fruttuose realizzate in A possono dare idee alle persone di B . E questo è vero non solo dal punto

di vista tecnologico (ad es. un nuovo sistema di noleggio biciclette) ma anche dal punto di vista sociologico (ad es. esperienze innovatrici di potenziamento dei cittadini).

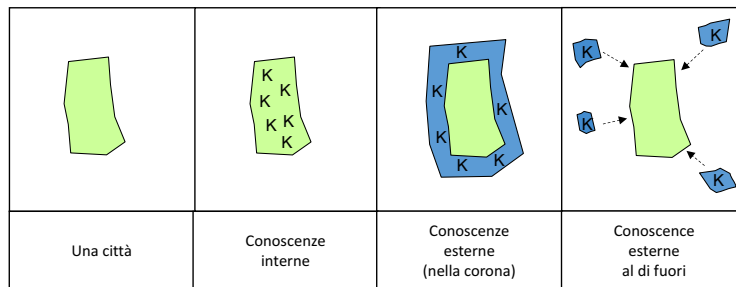


Fig. 4. Conoscenze esterne.

Dal punto di vista informatico, questi tipi di problemi sono trattati dal *Case-based reasoning*. Il ragionamento basato sui casi (CBR) è un sottoinsieme di gestione della conoscenza che cerca di risolvere nuovi problemi recuperando casi archiviati che descrivono episodi di risoluzione di problemi precedenti simili e adattando le loro soluzioni o risultati per soddisfare nuove esigenze [11, 12]. Questo approccio può essere interessante anche per vigilare su aspetti tecnologici e sociologici.

3 Individuazione dei problemi da risolvere

Ci sono due classi di problemi, quelli legati alla semantica e quelli legati alla geometria. Quelli legati ai toponimi sono facili da risolvere. Gli altri problemi possono essere visti come problemi già conosciuti nelle basi di conoscenze.

3.1 Interoperabilità semantica

Per garantire l'interoperabilità semantica, occorre fare in modo che i tipi di oggetti siano equivalenti; in altre parole, occorrerà esaminare le ontologie. Questa operazione è chiamata fusione di ontologie o allineamento. La prima cosa da fare è confrontare la definizione di concetti simili. E quando sono dichiarati simili, un meccanismo di fusione può essere eseguito.

Sono state definite diverse metodologie, ognuna basata su approcci diversi. Ad esempio, un metodo basato sui reticoli di Galois è spiegato in [13]). Altri metodi più sofisticati sono stati presentati in [14] in cui vengono utilizzate varie misure per definire somiglianze tra concetti.

Per la fusione dei gazetteer, la soluzione è semplice. Il solo problema da risolvere è di tipo linguistico ovvero l'esistenza di toponimi in dialetto, o in altri linguaggi, come nell'Alto Adige e nella Valle d'Aosta. La stessa cosa potrebbe accadere da progetti transfrontalieri nelle Alpi, del tipo del Treno Alta Velocità (TAV).

Per la fusione delle relazioni, un problema potrebbe venire dal modo di codificarle, ad esempio con l'uso delle relazioni topologiche di Engenhofer [15] o ancora quelle dite RCC [16].

3.2 Interoperabilità geometrica

L'interoperabilità geometrica è la più specifica in quanto dovranno essere risolti alcuni problemi particolari, in particolare:

- ∞ Quelli legati all'abbinamento dei confini
- ∞ Quelli connessi ai collegamenti di reti
- ∞ Quelli legati all'esistenza delle corone.

Infatti, in geomatica, tutte le coordinate dei punti sono inserite con errori ($x \pm \Delta x$, $y \pm \Delta y$, $z \pm \Delta z$) e, inoltre, ogni forma, secondo i geometri che la misurano, potrà avere 231 o 453 lati (Figura 5). Per abbinare i confini, se questo non è fatto corretto prima, un pretrattamento deve essere avviato; se gli errori sono inferiori al decimetro, non risulta alcun problema particolare; ma quando gli errori superano il metro, sarà necessario ripetere misurazioni più precise. In quest'ottica, questo pretrattamento dovrà essere basato su un'interfaccia visuale.

Inoltre, alcuni oggetti territoriali come i fiumi e le strade possono essere tagliati ai confini: si tratterà quindi di ricostituirli affinché nell'interoperabilità, appaiono come un unico oggetto, anche se alcune parti sono situate in due basi di conoscenza.

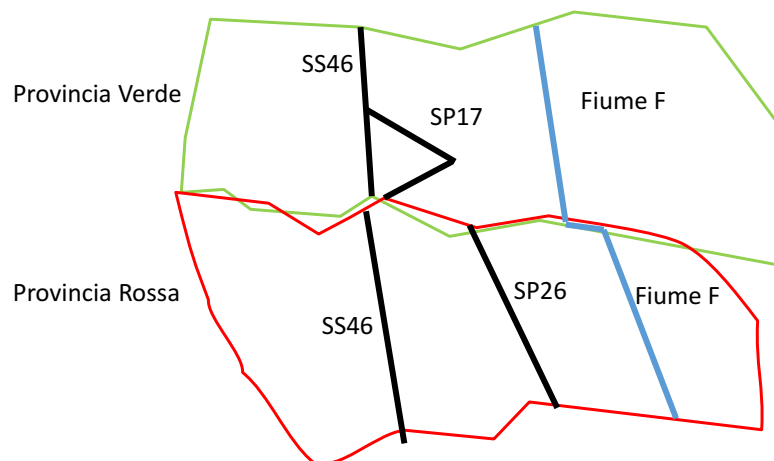


Fig. 5: Esempio di errori ai confini.

Ma un problema più delicato si ha quando un fiume costituisce il confine tra due entità territoriali: la maggior parte delle volte è l'asse del fiume che fa confine. In queste condizioni, una sponda è immagazzinata in una base, e l'altra nell'altra. Nella Tabella 1, i singoli casi sono presentati per ricostituire il fiume.

Così, con l'applicazione delle azioni contenute in questa tabella, si potranno ricostruire i fiumi tagliati da confini e, infine, migliorare la qualità geometrica di questi ultimi. Si può osservare che per le strade che fanno confini il metodo è simile. Il secondo problema da risolvere è quello della ricostruzione delle relazioni, e in particolare quello dei grafi. Come mostrato nella Figura 6 per le strade, si tratterà di collegare le reti stradali di ciascuna base. E ciò sarà possibile con l'aggiunta di nodi ai limiti; nota che questo collegherà due archi di grafi di cui uno è in una base e l'altro nell'altra. Occorrerà assicurarsi che gli algoritmi di ricerca dei percorsi tengano conto di questo aspetto.

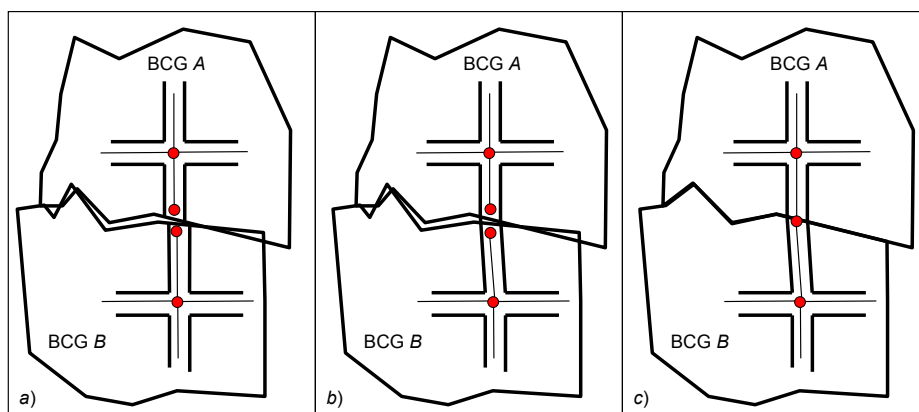


Fig. 6. Fusione di nodi stradali ai confini per fondere le reti stradali. (a) situazione iniziale. (b) le strade sono abbinare. (c) un solo nodo di raggruppamento delle reti stradali

Il terzo problema consiste nel regolare il caso delle informazioni esterne corrispondenti alle corone. Infatti, gli oggetti situati nelle parti delle corone ricoperte dagli altri territori saranno stati trattati nelle fasi precedenti, di ricostruzione degli oggetti e di connessione delle reti. Una volta fatto ciò, si dovrà determinare la nuova corona come illustrato in Figura 7. Più in generale, questa sarà data dalla seguente formula geometrica:

$$Crown(A \cup B) = (Crown(A) \cup Crown(B)) - (A \cap Crown(B)) - (B \cap Crown(A))$$

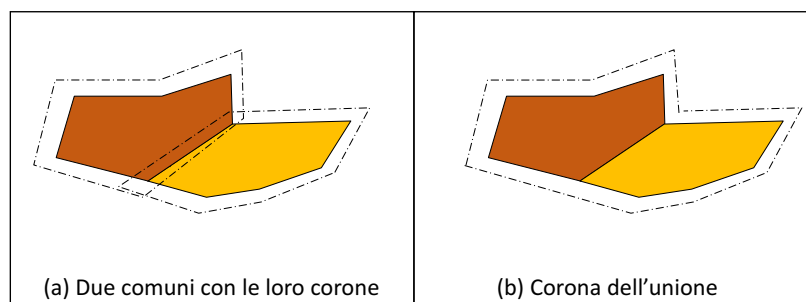












Fig. 7. Corone esterne, prima e dopo l'unione

Tabella 1. Diversi casi di ricostruzione dei fiumi di cui ogni sponda è memorizzata in una base de conoscenze geografiche *A* e *B*.

Casi	BCG A	BCG B	Azioni
a)		Niente	Tenere la sponda A, e ricostituire la sponda B
b)			Tenere le due sponde, ma vedere se la larghezza del fiume è accettabile
c)			Tenere le due sponde, ma verificare se i punti della sponda occidentale sono omologhi
d)		Niente	Prendere le sponde di A
e)			Prendere le misure le più recenti
f)			In questo caso, la larghezza diventa negativa.! Rimisurare tutto

3.3 Progettazione

A questo livello, durante la fase di progettazione di un nuovo progetto, abbiamo bisogno di un altro repository per la conoscenza, che agisce come una sorta di deposito temporaneo le cui caratteristiche sono le seguenti.

a) È temporaneo finché il progetto non viene implementato. Se non venisse implementato, il progetto potrebbe essere scartato a meno che alcuni aspetti potrebbero essere conservati per il riutilizzo.

b) La sua struttura è simile a quella basata sulla conoscenza locale, ma questo è un tipo di realtà proiettata con cui dobbiamo avere a che fare. Quindi raggruppa oggetti geografici proiettati, le loro relazioni reciproche tra loro e tra gli oggetti esistenti; forse si possono salvare diverse regole aggiuntive; forse potrebbero essere considerati nuovi

toponimi, mentre ontologie e conoscenze esterne potrebbero non essere direttamente interessate.

c) Quando la decisione viene presa e la costruzione inizia, gradualmente alcuni oggetti di nuova costruzione possono passare dal deposito progettato alla base di conoscenza locale.

d) Poiché è comune durante la costruzione stessa, ad esempio, preservare il traffico stradale, alcune strutture transitorie potrebbero essere fatte e rimosse quando finite. Dove viene memorizzato questo tipo di struttura, nel repository temporaneo o nella base locale poiché esisteranno per un tempo limitato?

e) Concepire progetti significa anche gestire varianti. In altre parole, sotto un progetto, bisognerà definire delle varianti che potranno apparire forse come dei sotto-progetti, con i loro propri oggetti, le loro relazioni, ecc.

3.4 Direzioni di interoperabilità

Tre sono le possibilità perché non solo si tratta di collimare le mappe, ma anche di collimare le base di conoscenze.

In un settore vicino delle banche dati, la prima considerazione è seguire la raccomandazione di Chris Date [17] sull'autonomia di ciascuna delle basi, vale a dire che, sebbene ciascuna sia collegata ad altre basi di conoscenze, si deve poter lavorare senza problemi. In Laurini (1989 [18]), è stato dimostrato che questo obiettivo è difficile da raggiungere a causa degli errori di misura che si devono risolvere ai confini.

La seconda considerazione è di optare per l'integrazione, ossia un'unica base di conoscenze geografiche. In questo caso, occorre considerare tutti i componenti, in particolare quelli chiamati conoscenze esterne. Bisogna evitare i doppioni degli oggetti, delle relazioni, delle regole, senza dimenticare di aggiungere relazioni topologiche tra gli oggetti situati su ciascun lato del confine, ecc. Bisogna anche verificare l'organizzazione dei tipi nelle ontologie (fusione delle ontologie), controllare gli elenchi dei toponimi, ecc.

La terza è la più complicata, ossia permettere l'interoperabilità. Di fronte a questo obiettivo, bisognerà evitare di modificare i contenuti di ciascuna delle basi di conoscenze e di concepire un sovrasisistema di coordinazione (struttura ombrello) che consente a ragionare sulle due basi come se fossero un'unica base di conoscenze.

Si devono tuttavia considerare due casi diversi. Il primo è quello di progetti che richiedono una lunga cooperazione; in questo caso, è necessario prevedere il tempo necessario per implementare tutti i meccanismi di interoperabilità una volta per tutte. L'altro caso è quello dell'interoperabilità occasionali, per la quale sarebbe interessante mettere a punto meccanismi che sarebbero avviati unicamente durante le richieste.

Una soluzione media è illustrata nella Figura 8 in cui sono presentate due base di conoscenze, la struttura permanente di conoscenze per assicurare l'interoperabilità tra le due basi, e il deposito di conoscenze sui due progetti *P1* e *P2*. Infatti, durante le fasi di ragionamento su questi progetti, possono scaturire nuove conoscenze che potrebbero rivelarsi interessanti da conservare per il futuro; anche i fallimenti possono generare conoscenze utili.

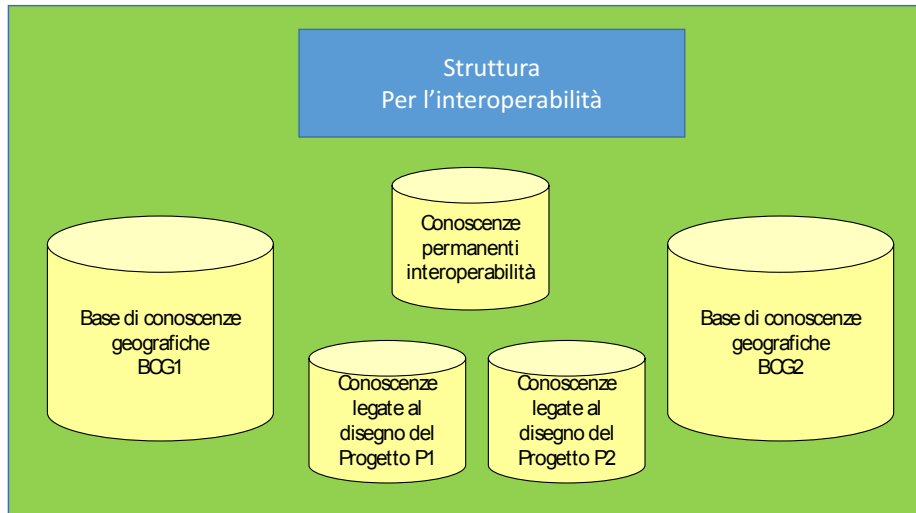


Fig. 8. Struttura di interoperabilità per progetti.

4 Conclusione

L'obiettivo di questo articolo era quello di individuare i principali problemi legati alla impostazione delle basi di conoscenze geografiche e alla loro interoperabilità. In effetti, in occasione di grandi progetti di sviluppo, vengono utilizzate diverse basi, ognuna delle quali coprono una parte del territorio. Pertanto, due aspetti dovranno essere considerati, gli aspetti semantici e gli aspetti geometrici in modo da poter lavorare come se i pianificatori avessero davanti a loro un'unica base di conoscenze.

Mentre alcuni aspetti semantici sono vicini ai problemi di interoperabilità delle basi di conoscenze in generale, quelli legati alla geometria, e in particolare agli errori di misura, sono molto peculiari in geomatica e richiedono lavori particolari soprattutto per assicurare l'interoperabilità delle regole geografiche e le loro connessioni con gli altri componenti (oggetti, relazioni, ecc.) delle basi. Tutti i problemi legati all'interoperabilità delle regole sembrano i più difficili a risolvere.

Qui si è trattato solo di un primo studio, ma altri dovranno seguire non solo per individuare i problemi, ma soprattutto offrire soluzioni efficaci nell'ambito di un programma di ricerca più ampio [19].

Riferimenti bibliografici

1. Beránková M., Kvasnička K. and Houška M. (2010) "Towards the definition of knowledge interoperability," 2010, 2nd International Conference on Software Technology and Engineering, 2010, pp. V1-232-V1-236, doi: 10.1109/ICSTE.2010.5608843.
2. Laurini R., Murgante B. (2008) Interoperabilità semantica e geometrica nelle basi di dati geografiche nella pianificazione urbana. In: "L'informazione geografica a supporto della

- pianificazione territoriale", Beniamino Murgante editor, Franco Angeli/Urbanistica, ISBN 978-88-568-0363, pp. 229-244.
3. Laurini R. (2017) *Geographic Knowledge Infrastructure: Applications for Territorial Intelligence and Smart Cities*. Elsevier and ISTE, 312 pages.
 4. Laurini R. (2020) A primer of knowledge management for smart city governance. *Land Use Policy*, 2020, 104832, ISSN 0264-8377, <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104832>.
 5. Laurini R. (2015) "Primi passi per la modellazione delle regole geospaziali". Conferenza ASITA, 2015, Lecco, Italy. pp. 501-508.
 6. Ross R. G. (2011) "More on the If-Then Format for Expressing Business Rules: Questions and Answers", *Business Rules Journal*, Vol. 12, No. 4 (Apr. 2011), URL: <http://www.BRCommun2002ity.com/a2011/b588.html>.
 7. Laurini R. (2019a) Linguaggio matematico per le regole di urbanistica. Conferenza Nazionale di Geomatica e Informazione Territoriale, ASITA 2019, 12-14 novembre, 2019, Trieste, ISBN 978-88-941232-5-8, pp. 637-644.
 8. Laurini R. (2019b) "A Mathematical Language for the Modeling of Geospatial Static Rules". *Journal of Visual Language and Computing*, Volume 2019 (1). pp. 1-13.
 9. Tobler W. (1970) "A computer movie simulating urban growth in the Detroit region". *Economic Geography*, 46 (Supplement): 234–240.
 10. Laurini R, Favetta F (2017) About External Geographic Information and Knowledge in Smart Cities. 2nd International Conference on Smart Data and Smart Cities, 4-6 October. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLII-4/W3, 20.
 11. Kolodner, J. (1993). *Case-based Reasoning*, Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, 1993.
 12. Anthony, B.J. (2020). A case-based reasoning recommender system for sustainable smart city development. *AI & SOCIETY*, <https://doi.org/10.1007/s00146-020-00984-2>.
 13. Jeansoulin R. (2016) "Review of Forty Years of Technological Changes in Geomatics toward the Big Data Paradigm", *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2016, Vol 5, p1-16, doi: 10.3390.
 14. Nefzi H., Farah M. & Farah I.R. (2016) "A Similarity-based Framework for the Alignment of an Ontology for Remote Sensing" *Computers & Geosciences*, Volume 96 Issue C, November 2016, pp. 202-207.
 15. Egenhofer M. (1994) "Deriving the Combination of Binary Topological Relations", *Journal of Visual Languages and Computing (JVLC)*, vol. 5, no 2, June, 1994, pp. 133-149.
 16. Randell, D. A., Cui, Z. & Cohn, A. G. (1992). "A Spatial Logic Based on Regions and Connection", *Proc. 3rd Int. Conf. on Knowledge Representation and Reasoning*, Morgan Kaufmann, San Mateo, pp. 165-176, 1992.
 17. Date CJ (1987) Twelve Rules for a Distributed Database. *InfoDB*, Vol 2 Nos. 2 and 3, Summer/Fall.
 18. Laurini R. (1998), "Spatial Multidatabase Topological Continuity and Indexing: a Step towards Seamless GIS Data Interoperability", *International Journal of Geographical Information Sciences*, Volume 12, Issue 4.
 19. Laurini R., Nijkamp P., Bordogna G., Kourtiti K., Duchateau F., Rinaldi A., Bouzouina L., Mehaffy ME., Anthony B. Jr (2022) *Towards a Research Agenda for Regional Knowledge Management: Knowledge for Sustainable Goals for Regional Policymaking*. Springer-Verlag, in press.