

Il progetto HAZARDOUS: il design della componente GIS per la gestione in tempo reale delle emergenze idrologiche in ambiente urbano

Roberto Gueli (*)
Vicenzo Cantone (**)

(*) Proteo S.p.A., via S. Sofia 65 Catania, +390957144373, +390957144374, gueli@proteo.it
(**) Proteo S.p.A., via S. Sofia 65 Catania, +390957144373, +390957144374, cantone@proteo.it

RIASSUNTO

In questa memoria si presentano i risultati preliminari di una ricerca condotta nell'ambito di Hazardous, programma ancora in corso di svolgimento, e finanziato nell'ambito del POR Sicilia 2000-2006 Mis. 3.14. Obiettivo del programma Hazardous è la realizzazione di un sistema di allertamento precoce di piene in ambiente urbano. In questa memoria si presentano le problematiche affrontate per l'integrazione della componente GIS con il sistema eterogeneo di rilevamento in tempo reale e con il sistema di modelli. Il problema è stato affrontato realizzando una base di conoscenza, basata sull'integrazione di ontologie, da poter condividere tra tutti gli applicativi del sistema (SCADA/GIS/DSS).

ABSTRACT

*In this paper it is shown the preliminary results of a research, part of Hazardous research program, actually in progress and supported by the **POR Sicilia 2000-2006 Mis. 3.14**. The main aim of Hazardous is the design of a flash flood early warning system. In particular in this memory it is shown the approach used to integrate the GIS component with the heterogeneous remote sensing system and with the several models used. This target has been achieved providing a sharable knowledge base based on ontologies development and integration to satisfy the need to master and integrate all the software component of the system (SCADA/GIS/DSS).*

KEYWORDS: *System integration, Ontologies, GIS, SCADA, Early warning Systems*

INTRODUZIONE

Il prodotto finale di Hazardous sarà un sistema di allertamento precoce degli effetti di piogge particolarmente intense in piccoli bacini urbani ed extraurbani. Partner del consorzio Hazardous sono la Proteo di Catania, il CRES di Palermo, l'Università di Palermo, gli Uffici di Protezione Civile dei Comuni di Catania e Palermo, il Servizio Idrografico della Regione Sicilia, e la Direzione Regionale dei VVF della Campania. Il programma di ricerca è finanziato dal POR Sicilia 2000-2006, Mis. 3.14.

Realizzare tali sistemi di allertamento automatico, per bacini di piccole dimensioni o in ambito urbano, è particolarmente complesso a causa del brevissimo lasso di tempo in cui si manifestano ed evolvono i fenomeni di questo tipo. La celerità della disseminazione dello stato di preallarme è infatti la prima criticità nella realizzazione di un sistema di allertamento precoce in cui i tempi

associati alla previsione di un possibile evento critico sono giocoforza abbastanza contenuti. La seconda è invece la capacità del sistema di anticipare quanto possibile la previsione di un evento potenzialmente critico. Il programma di ricerca proposto si differenzia da altri progetti analoghi ed è motivo di novità rispetto allo stato dell'arte proprio perchè è uno studio specificamente pensato per realizzare un sistema automatico di early warning per i piccoli bacini urbani ed extraurbani.

Il sistema deve essere in grado di rappresentare l'evoluzione temporale di una piena. A tal fine è giocoforza dover elaborare informazioni spazialmente e temporalmente riferite. Gli strumenti per rappresentare e trattare entità spazialmente riferite sono realizzate in un Geographical Information System (GIS). Ma in questi sistemi non vi sono in genere strumenti adeguati per trattare processi che evolvono temporalmente. La rappresentazione di processi dinamici è in genere assolta da modelli di simulazione la cui base dati è strutturata per rappresentare meglio una successione temporale di stati.

Obiettivo della ricerca è estendere le funzionalità del sistema che verrà utilizzato nel progetto, al fine di realizzare una base dati che consenta la simulazione dell'evoluzione di un processo utilizzando un modello ad agenti che opera su di una rappresentazione dell'ambiente con un grado di dettaglio sufficiente a cogliere la complessità del mondo reale. In particolare si investigheranno le possibili rappresentazioni di dati e processi georiferiti, e come le relazioni tra queste entità possano essere strutturate per semplificare la costruzione di modelli e software di simulazione.

Per modelli di processi spaziali si deve intendere "il complesso di teorie che consentono di predire la natura di scambi, nel tempo, di energia e massa all'interno di un sistema", come nel caso della trasformazione di afflussi meteorici in deflussi superficiali; per modelli di dati georiferiti si deve invece intendere il complesso di teorie che consentono di descrivere la struttura del mondo reale in termini di entità e dei loro attributi organizzati in insiemi tra loro correlati.

Uno dei problemi principali, ad oggi non completamente risolti, nell'integrazione di modelli di ecosistemi e GIS è che i primi sono specifici per la simulazione dell'evoluzione di processi mentre i secondi sono particolarmente adatti per rappresentare modelli di dati spaziali (Raper and Livingstone, 1995). Sempre in questo lavoro si pone l'accento sull'opportunità rappresentata dai progressi nella rappresentazione di dati con metodologie object oriented per consentire una più semplice integrazione con modelli di processi purché anch'essi vengano rappresentati utilizzando il medesimo approccio object oriented.

Sia lo spazio che il tempo possono essere riferiti sia in termini assoluti che relativi. Mentre il tempo e lo spazio assoluti offrono una rigida struttura geometrica nella quale riferire dati e processi, una vista relativa fa ampio uso di relazioni, sia topologiche che temporali, tra le diverse entità rappresentate (Brown, 2004). L'approccio metodologico che verrà seguito per risolvere il problema sarà l'integrazione tra modelli di dati georiferiti basati su di una rappresentazione GIS e modelli di processo basati su agenti. In particolare si investigherà l'integrazione mediata da un "middleware" in cui saranno codificate le relazioni tra agenti ed entità spaziali come ad esempio:

- *Relazioni di indentità*, tra un agente ed entità spaziali;
- *Relazioni di causalità*, gli agenti hanno la capacità di eseguire azioni che hanno effetti su entità spaziali o sui loro attributi, anche se non vi è alcuna associazione di identità tra l'agente e l'entità spaziale;

- *Relazioni temporali*, due tipi distinti di azioni, in un sistema integrato di modelli di dati e di processo, sono fondamentalmente dipendenti dal tempo, gestite usando approcci sia sincroni che asincroni;
- *Relazioni topologiche*, i movimenti delle entità spaziali, possono richiedere informazioni di base sul mondo fisico e sulle relazioni spaziali tra le entità stesse (Brown, 2004).

In questa ricerca l'attività di metamodellazione del processo di formazione di piene in ambiente urbano e del suo impatto sulla popolazione così come delle procedure di allertamento precoce è in corso di realizzazione, facendo uso della definizione di ontologie e della loro integrazione.

LE PROBLEMATICHE DI INTEGRAZIONE

Partendo dalle premesse effettuate si è cercato di ottenere un'unica soluzione per svariati problemi. L'intenzione era quella di:

- 1) Creare una sorta di ontologia generale per tutti i tipi di dati presenti nelle diverse forme (SCADA, GIS, DSS), cercando di mettere in relazione le diverse entità;
- 2) Tener conto dei diversi modelli e degli elementi in essi contenuti, oltre al fatto che uno elemento possa essere rappresentato in maniera differente su due modelli distinti;
- 3) Riuscire a gestire i dati sia nella dimensione temporale, modificando il loro stato nel tempo, sia nella dimensione spaziale, tenendo conto dei dati georeferiti.

Fino ad ora, nel caso dell'integrazione di dati spaziali e processi temporali, si sono studiate varie alternative, dalla creazione di GIS temporali (Yuan, 1996), alla realizzazione di sistemi ad agenti con connotazioni geografiche, i GAS (Torres, 2004), al compromesso tra le due filosofie, cercando di realizzare un middleware, un sistema che riuscisse a coordinare le due tipologie di sistemi (GIS e agenti). Sostanzialmente si è analizzato che, nel primo caso, era un problema gestire i processi temporali all'interno di un GIS. Per quanto riguarda il secondo caso, anche lì non era affatto semplice dover gestire l'enorme mole dei dati georeferenziati all'interno di sistemi ad agenti. Bisognava in qualche modo riuscire ad ottenere un sistema separato dai vincoli presentati, che riuscisse a filtrare i dati georeferenziati secondo i propri criteri, riuscendo poi a metterli in relazione con i processi temporali e con le caratteristiche di un sistema ad agenti. L'approccio seguito è andato proprio verso tale compromesso, studiando in che maniera tali elementi possano essere messi in relazione all'interno di un meta-database, utilizzato da tale middleware.

IL META-DB

Si è pensato alla progettazione di un meta-database, nel quale sono messi in relazione tutti gli elementi precedentemente discussi, in modo da poter essere gestiti attraverso un sistema che sia poi in collegamento con le diverse sorgenti dati, siano esse SCADA, GIS, modelli di vario tipo.

Per meglio comprendere le varie entità del meta-db si presenterà un'evoluzione graduale della struttura dati pensata.

Lo scheletro iniziale

Inizialmente si definiscono le quattro entità presenti nella struttura:

- **Models**: l'insieme dei modelli del sistema. Per modello è intesa una rappresentazione della realtà considerata, con gli elementi in esso contenuti e le relazioni che li legano.
- **Elements**: contiene tutti gli elementi contenuti nelle varie sorgenti dati, ed archiviate dal sistema nel meta-db. Si noti che esiste una relazione tra modelli ed elementi, in quanto ogni elemento appartiene ad un modello.

- **Vars:** è l'insieme delle variabili (software) presenti nel sistema, le quali forniscono un valore, una misura periodicamente acquisita (SCADA). Si noti che una variabile è associata sempre ad un elemento, mentre possono esistere elementi senza variabili ad essi associate.
- **Events:** deve contenere ogni possibile evento presente nel sistema; rappresenta la componente temporale della struttura dati. Si noti che la relazione che intercorre tra elementi ed eventi è biunivoca: un evento agisce su un elemento, e un elemento (agente) può scatenare un evento.

Espansione variabili

Innanzitutto si definiscono le relazioni tra gli elementi e le variabili associate, tenendo conto del modello, poiché un elemento, rappresentato in un certo modello rispetto ad un altro, potrebbe possedere un diverso insieme di variabili associate, creando quindi una sorta di relazione a 3.

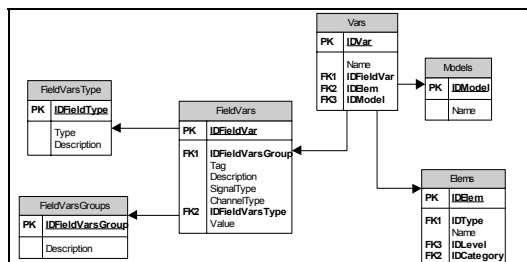


Figura 1: relazione Modelli, Elementi, Variabili

Dalla figura si nota che la tabella **Vars** gestisce l'associazione tra il modello, l'elemento e la variabile (SCADA) ad essa associata, denominata *fieldVar*. Tale entità viene poi estesa con le tabelle **FieldVarsGroups** e **FieldVarsType**, in quanto ogni variabile è di un certo tipo e appartiene ad un gruppo. La tabella **Elements** sarà esposta in seguito. Ogni volta si inserisce una nuova variabile nell'archivio, si specifica a quale elemento, relativo ad un modello, appartiene tale variabile, oltre al gruppo e al tipo di variabili di campo a cui essa appartiene.

Espansione elementi

E' importante specificare la relazione che intercorre tra elementi e modelli, ricordandosi che un oggetto può essere rappresentato, all'interno di modelli differenti, da elementi totalmente distinti, i quali però possono anche avere attributi in comune. Sarà quindi importante riuscire a memorizzare sia le associazioni tra questi elementi, sia le eventuali corrispondenze tra gli attributi.

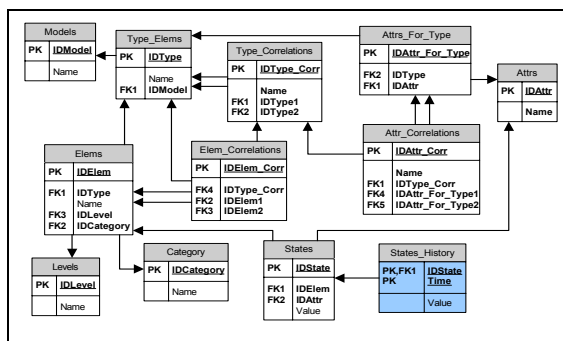


Figura 2: classificazione Elementi e Modelli

Inizialmente si mostra la classificazione degli elementi di un modello per tipo (*Type_Elems*). Ogni elemento di un certo tipo possiede un insieme di attributi, presenti nella tabella *Attrs*, attraverso le associazioni presenti nella tabella *Attrs_For_Type*. Inoltre ogni elemento avrà, attraverso la tabella *States*, un valore per ogni attributo che possiede, a cui si aggiunge uno storico contenente i valori in base agli istanti registrati. Per spiegare le tabelle di correlazione si consideri un oggetto rappresentato in due modi diversi su due modelli diversi. Si avranno in *Elems* due istanze *A* e *B*, di tipi diversi, *tA* e *tB*, relativi ai due modelli diversi. Vi sarà allora nella tabella *Type_Correlations* un record contenente la coppia (*IDtA*, *IDtB*), e il suo identificativo, *ID_TC* sarà presente nel record di *Elem_Correlations* insieme alla coppia (*IDA*, *IDB*), identificato da *ID_EC*. Inoltre per ogni corrispondenza $x \rightarrow y$ tra un attributo *x* dell'elemento *A* e un attributo *y* di *B* si ha nella tabella *Attr_Correlations* un record contenente la coppia (*x*, *y*) insieme all'identificativo *ID_TC* per il tipo di correlazione. Infine si estendono altre caratteristiche dell'elemento, il quale appartiene ad un **livello** (idrologico, geologico, urbano, ...), ad una **categoria** (reparto, impianto, regione, ...).

Espansione eventi

Resta a questo punto da definire il modo in cui interagiscono gli elementi e gli eventi, così da introdurre la dimensione temporale nel sistema studiato.

Si è già specificato che la relazione che intercorre tra le due entità è biunivoca:

1. **Event** \rightarrow **Elem**: un evento agisce su un elemento (o più), provocando un cambiamento nel suo stato, modificando quindi il valore di uno o più attributi;
2. **Elem** \rightarrow **Event**: un elemento "attivo", ossia un *agente*, può causare un evento (o più eventi), sotto specifiche condizioni.

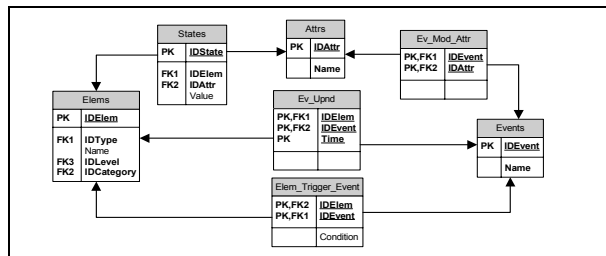


Figura 3: Eventi ed Elementi

Dalla figura si nota come elementi ed eventi entrano in relazione attraverso la presenza di varie tabelle per gestire le varie associazioni. La relazione **event** \rightarrow **elem** è rappresentata dalla tabella *Ev_Mod_Attr* (Event modifies attribute) in cui è presente un'associazione evento \rightarrow attributo in quanto un evento che agisce su un elemento causa la modifica dello stato di uno o più attributi. Con la doppia chiave primaria un attributo può essere modificato anche da eventi diversi. Nello schema è presente anche la tabella *Ev_Upnd* (Events Happened) in cui vengono archiviati tutti i momenti in cui un qualsiasi evento agisce su un elemento.

La relazione inversa, **elem** \rightarrow **event** si ottiene con la tabella *Elem_Trigger_Event* in cui si inserisce un record ogni volta che un elemento causa un evento sotto una certa condizione.

Ecco infine l'intera struttura dello schema precedentemente mostrato a piccole dosi:

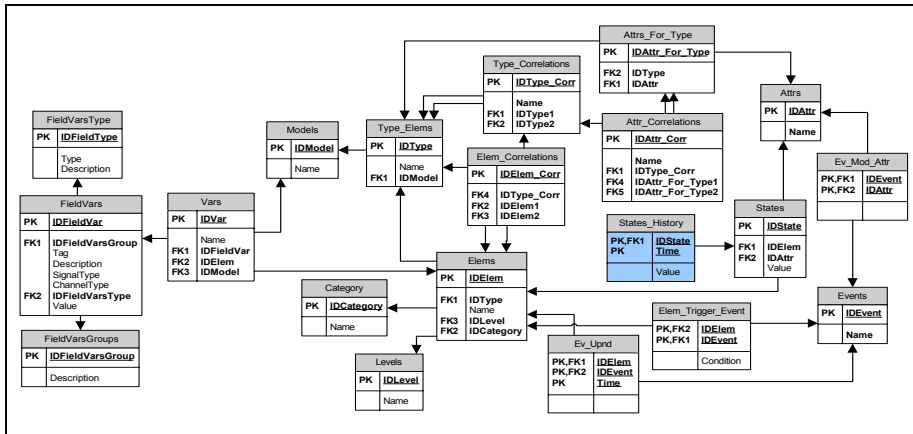


Figura 4: l'intero schema del meta-database

Questa non è chiaramente la rigida struttura di un db già implementato, ma è un'analisi il più possibile specifica del modo in cui i vari dati potrebbero essere trattati, a cui si aggiunge, ovviamente, il modo in cui inserire tali informazioni e in che maniera archivarli, così come le eventuali procedure da seguire per le query su tale sistema, il quale potrà anche essere più complesso di un semplice database.

CONCLUSIONI

La struttura pensata cerca quindi di far coesistere insieme le dimensioni spaziali e temporali di un complesso sistema ad agenti che tratti dati georeferenziati. Sarà inoltre facilmente compatibile per un middleware che voglia eseguire un'integrazione tra le varie ontologie. In generale quest'ultime forniscono un "saper comune" di uno specifico dominio di conoscenza, attraverso un'esplicita concettualizzazione che descrive la semantica dei dati (Gruber, 2003). Esse devono essere definite attraverso una specifica formale, spesso basata su di una logica del primo ordine (Franconi, 2004), che dovrà essere automaticamente comprensibile da un applicativo software (Studer, 1998).

BIBLIOGRAFIA

- Brown D.G., Riolo R., Robinson D.T., North M. and Rand W., 2004. Spatial Process and Data Models: Toward Integration of Agent-Based Model and GIS, *Journal of Geographical Systems, University of Michigan*.
- Gruber, R.M. 1993. A translation approach to portable ontologies specifications. *Knowledge Acquisition*, 5(2), 199–220.
- Franconi, E, et al. 2004. Temporal Representation and Reasoning. *Special issue of the Journal of Logic and Computation (JLC)*, 14 (1), Oxford University Press.
- Raper J. and Livingstone D., 1995. Development of a Geomorphological Spatial Model Using Object-Oriented Design, *International Journal of Geographical Information Systems* 9(4): 359-383.
- Studer, R.M., V. R. Benjamins, and D. Fensel 1998. Knowledge engineering: principles and methods. *Data and Knowledge Engineering*, 25(1-2), 161–197.
- Torrens P.M. and Benenson I., 2004. Geographic Automata Systems, *International Journal of Geographical Systems, University of Tel Aviv*.
- Yuan M., 1996. Temporal Gis and Spatio-Temporal Modeling, *University of Oklahoma*.