

Modello di *Conoscenza di Contesto* per la Gestione del Rischio nella Progettazione Architettonica

Silvia Gargaro (*), Antonio Fioravanti (**)

(*) Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, Università degli Studi Sapienza di Roma, Via Eudossiana 18, 00184 Roma – Italia, tel, 06/44585164, e-mail, silvia.gargaro@uniroma1.it
 (***) Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, Università degli Studi Sapienza di Roma, Via Eudossiana 18, 00184 Roma – Italia, tel, 06/44585164, e-mail, silvia.gargaro@uniroma1.it

Riassunto

Il comparto edilizio è caratterizzato da grande complessità che favorisce il sorgere di conflitti e rischi progettuali. Essi dipendono dal numero degli attori coinvolti e dalle caratteristiche peculiari delle commesse, che sono uniche legate come sono al *contesto* in senso lato. Per questo la progettazione edilizia richiede una struttura organizzativa, progettuale e procedurale flessibile. La gestione del rischio nel processo di progettazione è l'identificazione e l'analisi dei rischi, per determinare le azioni, ridurre e mitigare i rischi durante lo sviluppo del progetto, la costruzione e l'uso, aumentando la probabilità di esiti positivi. Il rischio può essere definito come l'esposizione a conseguenze avverse, dipendenti dal contesto (fisico, economico, giuridico e culturale), che influenza significativamente le decisioni nello sviluppo del progetto. Si propone un modello che permetta di valutare a priori i rischi progettuali dipendenti dal contesto in cui si inserisce l'opera. Quindi il modello formalizzato ha l'obiettivo di permettere la valutazione e quantificazione dei rischi dipendenti dal “contesto” che possono influenzare sul processo costruttivo. Il modello integra le *informazioni* che provengono da un Sistema Informativo Geografico (GIS) con una *conoscenza* di contesto strutturata attraverso le ontologie. Mettendo in relazione le informazioni sul 'Contesto' e le regole per la gestione del rischio in edilizia. Inoltre la rappresentazione della *conoscenza* di *contesto* e l'analisi delle reti bayesiane integrate in ambienti GIS permettono ai singoli attori coinvolti nel processo edilizio di modellare e mitigare le dinamiche degli incidenti.

Abstract

The risk management in design process is the identification and analysis of risks, to determine the actions to reduce and mitigate risks during the design development, increasing the probability of positive impacts in the design. The risk can be defined as the exposition to adverse consequences, depending on the context (physical, economic, legal and cultural), which significantly influences the decisions in the development of the project.

The relationship between the occurrence probability and the event impact to determine how to plan and execute the necessary activities to reduce the risks depends on: the identification the risks; the analysis of risk management; the definition of the possible options and actions; the verification of the residual risks; the evaluation of the operations useful for the risk management of the building during all its life cycle.

The formalized model proposed in this research could help to evaluate and quantify all risks that may affect the project also integrating in it the information that come from a Geographic Information System (GIS). The model in fact is able to relate the information and the risk management depended on context, integrating the information coming from Geographic Information System (GIS) with Context Knowledge through structured ontologies. Relating the information about 'Context' and the rules for the building risk management allow to actors involved to model the dynamic risks of design process and mitigate them.

Il Contesto e la Gestione del Rischio nella Progettazione architettonica

Il *Contesto* in architettura ed edilizia può essere definito come l'insieme delle plurime entità che caratterizzano un 'luogo'. Esso contiene le informazioni relative all'ambiente circostante e alle interazioni fisiche, giuridiche, economiche e culturali che hanno un impatto sulla *progettazione* e sul comportamento degli *attori coinvolti* nella progettazione architettonica (Rehman F. e Yan X.T., 2008). J.S. Gero and U. Kannengiesser (2006) considerano che il *Contesto* si modifica e cambia in relazione alle "situazioni" d'uso e all'ambiente circostante.

Il *Contesto* può essere valutato nella fase preliminare del processo progettuale ed essere usato per la gestione dei rischi in modo da offrire nuove opportunità e più sicure modalità di gestione del processo.

Un numero considerevole di parametri per la gestione del rischio dipendono dal contesto, come i rinvenimenti archeologici; l'organizzazione del cantiere; le condizioni meteorologiche; la presenza di sottoservizi; gli oneri sui trasporti; i vincoli dovuti alla viabilità e gli adeguamenti stradali nelle vicinanze dell'opera (De Grassi et al. 2008).

Il *rischio* può essere definito come l'esposizione a conseguenze avverse, dipendenti dal contesto (fisico, economico, giuridico e culturale, etc.), che influenza le decisioni nello sviluppo del progetto. Il settore edile detiene peculiarità uniche, rispetto ad altri settori dell'ingegneria a causa delle caratteristiche del processo costruttivo (De Grassi et al., 2008). I fattori di complessità dipendono dal numero degli attori coinvolti e dalle caratteristiche peculiari delle commesse, che sono per un dato di fatto fluttuanti "turbolente", quindi richiedono una struttura organizzativa flessibile.

La *gestione del rischio* nella progettazione consiste nell'identificazione e nell'analisi dei rischi, nella determinazione delle azioni di riduzione e mitigazione, nel loro monitoraggio durante la progettazione.

Gli obiettivi, alla base della gestione dei rischi di progetto, consistono nell'incrementare la probabilità e l'impatto di eventi positivi e nel ridurre la probabilità e l'impatto di eventi negativi per il progetto.

Per progetti edilizi nelle zone urbane, in particolare, i clienti sono interessati ad ottenere una stima dei rischi dell'intervento. C'è quindi bisogno di molte informazioni sul *Contesto* esistente.

La quantità crescente di strumenti software disponibili, la crescente adozione del digitale contro lo scambio cartaceo delle informazioni, l'internazionalizzazione del processo progettuale e la crescente domanda per la copertura dell'informazione su tutto il ciclo di vita di un edificio richiedono l'uso di strumenti in grado di supportare le entità di *Contesto* utili per la gestione del rischio nella progettazione architettonica.

Gli strumenti attuali per la gestione del Rischio nella Progettazione architettonica studiano solo parti del problema, anche in modo particolarmente dettagliato (Donath et al., 2008), ma mancano di una visione globale ed esaustiva del problema *Contesto-Gestione del Rischio nella Progettazione Architettonica*.

Gli modelli attuali per rappresentare le informazioni e le conoscenze di Contesto per la progettazione architettonica

Pel lo sviluppo del modello proposto in questo articolo, le entità di *Contesto* sono state implementate attraverso le ontologie. Queste forniscono un'implementazione semantica del modello poiché permettono una rappresentazione precisa e dettagliata del *Contesto* sul quale fare inferenze per la gestione del rischio nella progettazione. Si è deciso inoltre di ricorrere alle reti bayesiane poiché sono tra i metodi più usati per la valutazione del rischio (SEI Cost Estimation Research Group, 2012) e per fornire una rigorosa quantificazione del rischio, inoltre il supporto decisionale che fornisce permette di migliorare le prestazioni del progetto, ossia di cercare in modo efficiente la soluzione al problema.

Le entità di Contesto implementate attraverso l'uso del GIS e le reti bayesiane formalizzate per la gestione del rischio permettono di fare *reasoning* e ottimizzare le prestazioni del progetto, offrendo un sistema di supporto alle decisioni utile nella progettazione.

I dati territoriali possono essere utilizzati per rappresentare processi come ad esempio inquinamento, uso del suolo e previsioni statistiche delle interazioni nelle comunità, ed hanno un grande potenziale di sviluppo, ma attualmente hanno dei limiti nell'essere utilizzati per rappresentare i processi di impatto del sito sulla progettazione architettonica. Nonostante il notevole miglioramento negli ultimi anni dell'interoperabilità tra software GIS e strumenti BIM, questo processo rimane particolarmente limitato e comunque dimostra i suoi limiti non riuscendo a gestire le informazioni ottenute per avere un plus valore nella progettazione architettonica (Gargaro et al.2014), poiché non permettono di avere una completa comprensione dei vincoli e dei rischi con cui il committente deve confrontarsi.

I sistemi per la rappresentazione della Conoscenza che permettono di acquisire informazioni su un dominio di competenza sono stati utilizzati per descrivere i concetti di urbanistica (Beetz J. et al., 2006). Infatti i sistemi dell'Intelligenza Artificiale, quali le ontologie, permettono la rappresentazione degli oggetti in modo esplicito, definendo il dominio d'interesse.

Il limite delle ontologie per la gestione delle entità di Contesto per la gestione dei rischi nella progettazione architettonica è la loro incapacità di gestire l'incertezza che è invece un suo aspetto tipico. Per questo motivo si è pensato di ricorrere alle Reti Bayesiane (BN, *Bayesian Networks*), poiché offrono una rappresentazione coerente e intuitiva della conoscenza in un dominio incerto. Una BN è costituita da una struttura a grafo che codifica le variabili aleatorie provenienti dal dominio di applicazione, insieme alle relazioni che influenzano le tabelle di probabilità condizionata. Costruire una BN prevede tre compiti fondamentali. Il primo è di individuare le variabili che sono importanti nel dominio, insieme ai loro valori possibili. Il secondo è di individuare le relazioni tra queste variabili e di esprimerle in una struttura a grafo. L'ultimo compito è di ottenere le probabilità che sono necessarie per la determinazione quantitativa della rete. Queste attività vengono in genere eseguite con l'aiuto di esperti del settore (Druzdzel M.J. and Van der Gaag L.C.).

La modellazione causale, basata sulla teoria delle decisioni Bayesiana, è una tecnica che può essere usata per costruire modelli per la quantificazione del rischio. Per costruire modelli causali per la valutazione di rischi sono stati identificati i fattori di rischio e correlati con tali fattori. Questo implica una comprensione delle cause del rischio. I principali vantaggi derivanti dall'uso dei modelli causali sono:

- Introducono trasparenza nelle relazioni causa-effetto;
- Permettono l'uso dei modelli sia da parte dei tecnici, ma anche da parte dei manager;
- Eliminano l'astrazione da situazioni complesse visualizzando le relazioni graficamente e spiegando quelle probabilistiche.

Il Modello di Conoscenza di Contesto formalizzato attraverso le ontologie per la gestione del rischio

I metodi OWL (Ontology Web Language), di recente sviluppo, sono stati ritenuti i più adatti alla formalizzazione della Conoscenza di Contesto, poiché le ontologie permettono un'esplicita definizione di un concetto (Gruber, 1995).

In questa ricerca si è pensato di mettere a sistema le informazioni basate sul GIS e le ontologie di contesto formalizzate usando un *ontology editor Protégé 4.3*. [1], chiamato *Context Knowledge Model (CxtKM)* (Gargaro S. e Fioravanti A., 2013).

Il processo per la definizione del Dominio di Conoscenza di Contesto è un processo top-down in cui partendo dalla definizione dei concetti si arriva alla risoluzione dei singoli casi di studio. Per rendere questo dominio utilizzabile in diversi scenari d'intervento, le entità sono state definite utilizzando le classi della Direttiva europea INSPIRE. In tal modo, in vista di una definizione globale dei concetti che verranno recepiti anche per la definizione delle classi per GIS delle

pubbliche amministrazioni, il modello di Conoscenza di Contesto può essere ‘popolato’ per diversi contesti progettuali con informazioni provenienti dal GIS. Questo modello, consentendo il controllo e l’inferenza di conoscenza implicita, permette di fare *reasoning*. L’inferenza può essere eseguita utilizzando un sistema di programmazione basato su regole che sono state formalizzate utilizzando motori di ragionamento che supportano le conversioni automatiche tra OWL e regole definite nel Linguaggio delle Regole del Web Semantico (SWRL) e rappresentazione interna di sistemi esperti. L'ontologia di Contesto per la progettazione architettonica costituisce la conoscenza strutturata del dominio, che permette di derivare la struttura del grafo della BN. A causa della complessità e dell'importanza delle scelte legate alla strutturazione della BN per la gestione del rischio *context dependent* nella progettazione architettonica, attualmente la derivazione del grafo deve essere effettuata manualmente. L'ontologia di contesto e la metodologia utilizzata in questo modo fornisce indicazioni e supporto nel prendere le decisioni nella gestione del rischio nella progettazione architettonica.

Lo sviluppo e l'implementazione di un Modello per la gestione del rischio basato sull'Informazione e Conoscenza è molto diverso da quelli esistenti perché si concentra sulla progettazione di “regole” di contesto e per la gestione del rischio per dare linee guida di indirizzo nel processo progettuale. Questo modello può essere utile ai progettisti e urbanisti per gestire e dare linee guida di indirizzo per la gestione del rischio durante il processo progettuale basato sulla conoscenza di contesto e un modello di informazioni.

Lo schema (Fig.1) spiega come la rappresentazione GIS dei rischi e le esplicite specifiche formali definite attraverso la definizione di ontologie di contesto che possono essere utilizzate per le operazioni di *decision making* della progettazione per la salvaguardia dai rischi.

Le componenti fondamentali del modello sono le seguenti.

Strumenti BIM (Building Information Model): per disegnare gli edifici e definire le entità che li compongono attraverso schede per definire le funzioni dell'edificio dal punto di vista economico, strutturale, ambientale ed energetico (Dore C. and Murphy M., 2012).

Strumenti GIS (Geographic Information System): per prendere e per gestire i dati informativi utilizzati per ridurre lo spazio delle possibilità attraverso procedure di analisi del 'contesto' e ottenere informazioni sui rischi della porzione di territorio oggetto di studio.

Le informazioni sui rischi progettuali: il riconoscimento e l'estrapolazione degli elementi di rischio che caratterizzano il processo di progettazione. Le informazioni sul rischio progettuale sono utilizzate per determinare invarianti per la gestione dei rischi nella progettazione edilizia. Le linee guida per la gestione del rischio degli edifici sono raccolti in tabelle riempiabili per la definizione delle regole. Le regole sono state definite come caratteristiche per ottimizzare la progettazione degli edifici assunti dalle cartografie GIS e li usa per fare le regole, con cui è ottimizzare la soluzione progettuale.

Context Knowledge Model (CtxKM) è un modello basato su entità 'contesto' formalizzate utilizzando ontologie e regole di ragionamento che permette l'interoperabilità e lo scambio di dati con strumenti GIS. La qualità di un edificio dipende dal sito, sui suoi componenti e sul piacere dei suoi utenti (Gargaro et al., 2014).

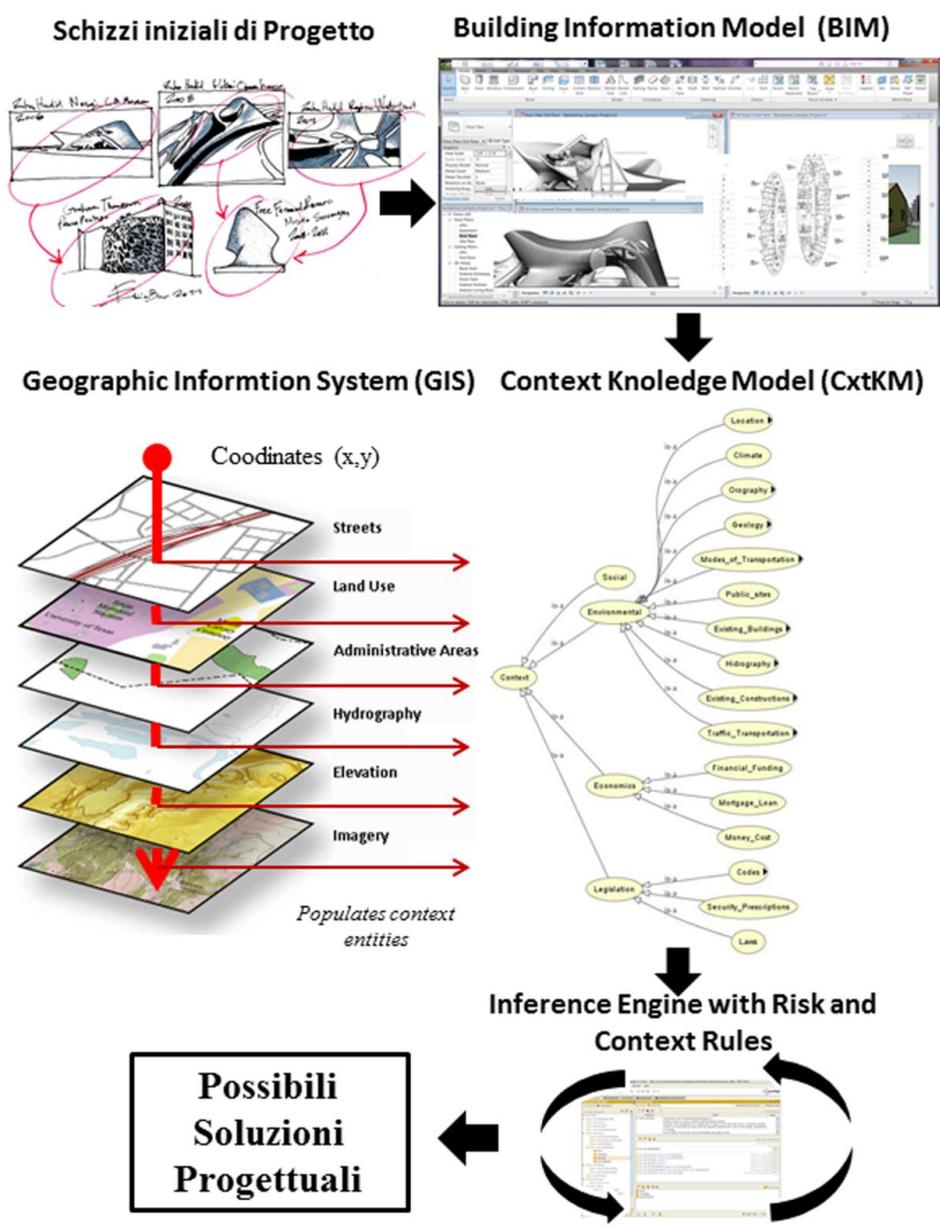


Figura 1 □ Schema del Modello di Conoscenza di Contesto per la gestione dei Rischi nella Progettazione Architettonica.

Implementazione del Modello di Conoscenza di Contesto per la gestione del rischio nella progettazione architettonica
 Il modello di Conoscenza di Contesto permette un approccio dinamico per la formalizzazione della conoscenza, può essere utilizzato per rappresentare entità semplici come pure entità altamente complesse fatte ricorsivamente o meno.

Il modello è stato sviluppato in quattro fasi:

- Sviluppo della struttura di Conoscenza di Contesto attraverso classi e/o istanze, ognuna delle quali è improntata su attributi, proprietà e regole che saranno più specifiche per ogni ambito specialistico e più “generiche” nell’ambito comune;
- Sviluppo della struttura qualitativa delle reti bayesiane elementari, che ha funzionalità apposite per assistere l’utente durante l’elicitazione della conoscenza soggettiva di esperti;
- Quantificazione delle relazioni probabilistiche tra le variabili utilizzando le informazioni raccolte dagli esperti;
- Integrazione della conoscenza di Contesto e delle relazioni probabilistiche del punto precedente con i dati, provenienti dal GIS, quando disponibili;
- Integrazione dei modelli elementari in un modello complessivo, in grado di inglobare le tipologie di rischio analizzate e modellate.

La parte iniziale del lavoro è stata la costruzione delle entità di contesto per la formalizzazione del Modello di Conoscenza di Contesto.

Il Modello di Conoscenza di Contesto (CxtKM) è stato realizzato seguendo queste attività: formulazione della entità, analisi, sintesi, valutazione, selezione e riformulazione delle entità ipotizzate.

CxtKM è stato formalizzato anche se le ontologie sviluppate in Protégé 4.3. [1]. Poi il modello CxtKM viene ‘popolato’ con le entità GIS esportate in formato XML e aventi lo stesso ID delle entità di contesto di CxtKM. Poi sono state definite le diverse cose da fare (e non fare) e le strategie e confrontate considerando le regole e vincoli definite nell’analisi dei rischi di contesto. Le informazioni di contesto sono state arricchite con le regole relative ai rischi utilizzando come motore di inferenza JessRules [2], basato sulla Logica del Primo Ordine, che permette di controllare le regole dichiarate e definite nelle ontologie, mantenendo la gerarchia delle classi invariata e avere consigli per la progettazione e ridurre i possibili rischi che ne derivano (Gargaro, 2013).

La costruzione della rete comprende essenzialmente le stesse attività descritte in (Druzzel M.J. e Van der Gaag L.C., 2000) e vengono sfruttati il potere espressivo e le capacità di inferenza delle ontologie per generare le BN che possano essere di supporto ai processi decisionali per la gestione nella progettazione. Il modello ontologico della conoscenza di contesto viene esteso con concetti relativi alle BN e per creare una BN che permette di definire opportune istanze della classe.

L’ontologia di Contesto contiene le linee guida e i dati che permettono la generazione delle *tabelle di probabilità condizionata* delle corrispondenti BN. L’approccio è orientato a generare BN per la gestione del rischio nella progettazione architettonica.

Le funzioni per il calcolo delle tabelle di probabilità condizionata non sono fornite dall’ontologia e devono essere modellate esternamente; l’intervento umano è inoltre necessario se l’ontologia disponibile descrive un modello che non si adatta perfettamente al dominio d’interesse.

PR-OWL is an open research work aimed to extend the OWL ontology Web language so it can represent probabilistic ontologies (Costa P.C.G. et al., 2012). In other words, it is a probabilistic extension to OWL that provides a framework for authoring probabilistic ontologies and is based on the Bayesian first-order logic called Multi-Entity Bayesian Networks (MEBN) [3].

L’approccio proposto per la stima del rischio nei processi edili usa i modelli causali bayesiani, legando le fluttuazioni delle performance alle loro cause. Questo metodo permette di comprendere le cause di rischio, essenziali se si vuole intervenire, gestire e controllare lo stesso in modo opportuno.

Le inferenze logiche sulla struttura di conoscenza di Contesto si basano sulle reti bayesiane del rischio individuate.

Le principali classi di rischio per la progettazione edilizia sono: sospensione dei lavori; variante in corso d’opera; rinvenimento archeologico; sequestro del cantiere; condizioni di maltempo eccezionali; mancanza di fondi; insorgenza di problematiche tecniche imprevedute; presenza di sottoservizi; onere aggiuntivo sui trasporti; blocco della viabilità; necessità di adeguamenti stradali nelle vicinanze dell’opera (De Grassi et al., 2008).

Tra queste, sono state sviluppate solamente di alcune classi, strettamente correlate al contesto fisico in cui si inserisce l'edificio: rinvenimento archeologico; presenza di sottoservizi; adeguamenti stradali.

Il modello Bayesiano utilizzato per la modellazione dei rischi è strutturato in reti elementari, ognuna delle quali permetterà la modellazione dei rischi sopra elencati.

Ogni *rete elementare* modella una tipologia diversa del rischio, facendo perciò una stima delle conseguenze in termini di durata e di aumento dei costi che potrebbe essere determinata dagli stessi. L'output di ognuna di queste reti elementari concorrerà a determinare gli output del modello complessivo, in cui viene calcolato il rischio di aumento di durata complessivamente generato dalle sorgenti di rischio prese in considerazione.

Work in Progress e Conclusioni

La parte iniziale del lavoro è stata la costruzione delle entità di contesto per la formalizzazione del Modello di Conoscenza di Contesto.

L'affidabilità del modello è stata verificata lavorando sulla struttura di Conoscenza di Contesto:

- Affidando dei pesi ad ogni entità;
- Creando delle relazioni lineari o non lineari tra le entità;
- Facendo reasoning sulla Conoscenza strutturata attraverso reti bayesiane.

Per ricavare i pesi si è focalizzato su una tipologia specifica di edifici i musei e sono state effettuate analisi di esempi molto diversi attraverso la compilazione di tabelle. E in parallelo si stanno studiando relazioni non lineari che permetteranno a ciascun sub-entità di creare una funzione ad hoc per l'ottimizzazione delle performance tenendo conto dei costi progettuali.

Per permettere di formalizzare la conoscenza incerta si è deciso di utilizzare il formalismo delle reti bayesiane per ragionare sulla struttura di Conoscenza di Contesto attraverso sistemi di ragionamento probabilistici che permettono la combinazione di diversi eventi e valutano l'influenza nella progettazione. In questo modo è possibile, dato un insieme di n attributi, definire un insieme di preferenze relative ai singoli attributi.

In questo articolo è stato presentato un sistema di supporto alle decisioni basato sulle relazioni tra CxtKM e gli strumenti GIS che raccoglie, integra ed elabora dati territoriali di molteplice provenienza in una struttura di conoscenza di Contesto basata sulle ontologie nel quale sono state implementate regole per la gestione del rischio utile per l'esplorazione degli scenari progettuali. Sono stati messi a sistema molteplici aspetti del territorio, verificati attraverso gli indicatori. Queste informazioni sono state connesse ed elaborate nella struttura di conoscenza di contesto formalizzando regole per la gestione del rischio al fine di prevedere scenari progettuali futuri da fornire alle amministrazioni come strumento avanzato di supporto alla pianificazione strategica o ai progettisti per delineare le caratteristiche del progetto.

Riferimenti bibliografici

Beetz J., Van Leeuwen J. and De Vries B. (2006) Towards a topological reasoning service for IFC-based building information models in a Semantic Web context, *in Joint International Conference on Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering*, Montreal – Canada

Costa P.C.G., Laskey K.B., Laskey K.J. (2012), PR-OWL: A Bayesian Ontology Language for the Semantic Web, *in Uncertainty Reasoning for the Semantic Web I*, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 88 – 107.

Costa P.C.G., Ladeira M., Carvalho R.N., Laskey K.B., Santos L.L., Matsumoto S. (2008), A First-Order Bayesian Tool for Probabilistic Ontologies, *in Proceedings of the Twenty-First International FLAIRS Conference 2008*.

De Grassi M., Naticchia B., Giretti A. and Carbonari A. (2008), Applicazioni delle Reti Bayesiane all'edilizia, FrancoAngeli Edizioni, Milano, 305-335.

Donath D., Braunes J., Fehlhaber D., Tauscher H. (2008), Sketch-Based Building Information Capture for Cost and Risk Assessment in the Early Stages of Planning in Existing Built Contexts, *in*

- Compute, 26th eCAADe Conference Proceedings*, Antwerpen (Belgium) 17-20 September 2008, 101-108
- Druzdzal M.J. and Van der Gaag L.C. (2000), Building probabilistic networks: where do the numbers come from? guest editors' introduction. *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.*, 12(4):481-486.
- Fenton N. E. e Neil M. (2007), Managing Risk in the Modern World: Bayesian Networks and the Applications, London Mathematical Society, *Knowledge Transfer Report. 1*, http://www.lms.ac.uk/activities/comp_sci_com/KTR/apps_bayesian_networks.pdf
- Gero J.S. and Kannengiesser U. (2006), A Framework for Situated Design Optimization, Van Gruber T. (1995) Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing?, *In International Journal of Human-Computer Studies*, 43 (5-6): 907-928
- Penttilä H. (2006), Managing the Changes within the Architectural Practice - The Effects of Information and Communication Technology (ICT), in *Bordakis V (ed.) Communicating Space(s), 24th eCAADe Conference Proceedings*, Volos, 6-9/09/2006, Xourafaspg Volos, 252-260.
- Rehman F. et Yan X., (2008) A case study to support conceptual design decision making using context knowledge, in *Advanced Design and Manufacture to Gain a Competitive Edge*, Springer, 13-22.
- SEI Cost Estimation Research Group: Ferguson R., Goldenson D., McCurley J., Stoddard R. and Nessel, A. (2013), The Place for Information Models in Landscape Architecture, or a Place for Landscape Architects in Information Models, In: Buhmann, E., Ervin, S. M. & Pietsch, M. (Eds.), Peer Reviewed *Proceedings of Digital Landscape Architecture 2013* at Anhalt University of Applied Science. Wichmann, Berlin/Offenbach, 65-72
- Zubrow D.(2012), An Innovative Approach to Quantifying Uncertainty in Early Lifecycle Cost Estimation, in *Journal of Software Technology*, Vol.15, 1: 34-31.
- [1] protege.stanford.edu
- [2] <http://www.jessrules.com>
- [3] <http://www.pr-owl.org>