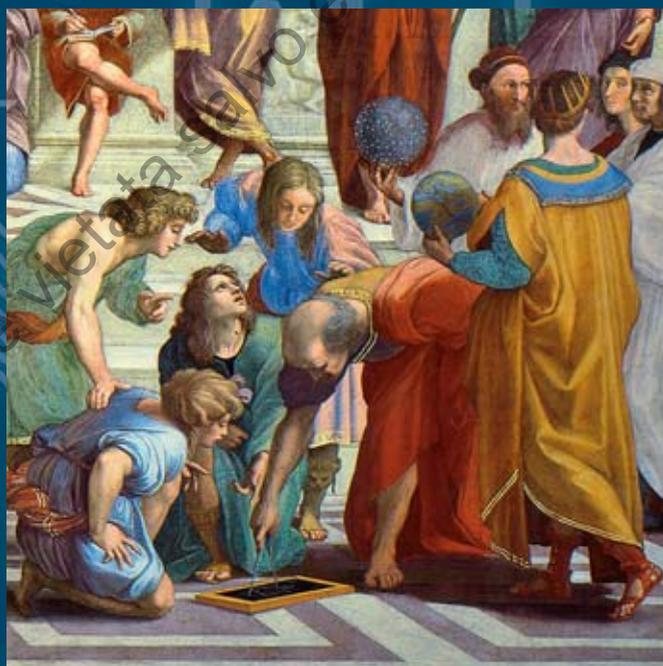


GIANFRANCO CARRARA

ANTONIO FIORAVANTI GIANLUIGI LOFFREDA ARMANDO TRENTO

CONOSCERE COLLABORARE PROGETTARE

*teoria tecniche e applicazioni
per la collaborazione in architettura*



GANGEMI  EDITORE

Architettura e Tecnologia

Collana diretta da

GIANFRANCO CARRARA

Nella stessa collana:

Volumi già pubblicati

LAURA ANGELETTI

“Innovazione tecnologica e architettura”

ANTONIO TRAMONTINI

“Deus ex machina. L’architettura delle grandi strutture”

Volumi di prossima pubblicazione

DAVIDE SIMEONE

“Simulare il comportamento umano negli edifici: un modello previsionale”

FEDERICA MEOLI

“L’Ospedale del XXI secolo. Innovazione organizzativa e tipologica”

©

Proprietà letteraria riservata

Gangemi Editore spa

Piazza San Pantaleo 4, Roma

www.gangemieditore.it

Nessuna parte di questa pubblicazione può essere memorizzata, fotocopiata o comunque riprodotta senza le dovute autorizzazioni.

Le nostre edizioni sono disponibili in Italia e all'estero anche in versione ebook.

Our publications, both as books and ebooks, are available in Italy and abroad.

ISBN 978-88-492-7955-9

Il volume è stato realizzato anche grazie al contributo della



Editing

Stefano Corsi

In copertina: Raffaello Sanzio, “La Scuola di Atene” (particolare), 1509-1511 ca., Città del Vaticano, Musei Vaticani.

GIANFRANCO CARRARA
ANTONIO FIORAVANTI GIANLUIGI LOFFREDA ARMANDO TRENTO

CONOSCERE COLLABORARE PROGETTARE

*Teoria tecniche e applicazioni
per la collaborazione in architettura*

GANGEMI  EDITORE

Diffusione vietata salvo esclusivo uso concorsuale

Indice

Prefazione	7
Introduzione	9
<i>Parte prima</i>	
PROGETTAZIONE COLLABORAZIONE E CONOSCENZA	
1.1 Il paradosso attuale dell'edilizia	21
1.2 Trasformazioni e disfunzioni nel settore delle costruzioni	22
1.3 Ruolo e responsabilità del progetto	26
1.4 Qualità del progetto e collaborazione	29
1.5 Complessità del progetto e collaborazione	32
1.6 Problemi della collaborazione nella progettazione	37
1.7 Il ruolo della conoscenza nella collaborazione progettuale	43
1.8 BIM - Collaborazione - Conoscenza	46
1.9 Teoria, tecniche e applicazioni della collaborazione progettuale	48
<i>Parte seconda</i>	
LA CONOSCENZA NELLA PROGETTAZIONE EDILIZIA	
2.1 Conoscenza e Progettazione	53
2.2 La Conoscenza nella Progettazione - I Macro-dominî	58
2.3 La Conoscenza e le sue caratteristiche	64
2.4 La Conoscenza dell'edificio - un nuovo modello	73
2.5 Difficoltà connaturate alla condivisione delle conoscenze nel processo di progettazione	79
2.6 Difficoltà inerenti alle tecniche di supporto alla progettazione architettonica	83
<i>Parte terza</i>	
MODELLO TEORETICO DELLA CONOSCENZA PROGETTUALE	
3.1 Gli strumenti ICT per la progettazione collaborativa integrata: stato dell'arte e limiti	91
3.2 La rappresentazione della conoscenza. Il modello teorico BKM: <i>Building Knowledge Management</i>	100
3.3 La gestione della conoscenza nel processo progettuale	133

Parte quarta

UNA PIATTAFORMA PER LA COLLABORAZIONE PROGETTUALE

4.1 La Piattaforma ABCD: <i>Architecture and Building Collaborative Design platform</i>	155
4.2 La formalizzazione della conoscenza in ABCDp	163
4.3 La gestione ABCDp del processo di progettazione	182

Parte quinta

IMPLEMENTAZIONE PROTOTIPALE DELLA PIATTAFORMA ABCD

5.1 Simulazione del work flow d'uso della piattaforma ABCD	205
5.2 La composizione del team	207
5.3 La fase di inizializzazione	223
5.4 Le fasi di progettazione	230

Conclusioni

POTENZIALITÀ E SVILUPPI

Potenzialità e sviluppi degli esiti della ricerca	255
---	-----

BIBLIOGRAFIA	267
--------------------	-----

APPENDICE	273
-----------------	-----

La rappresentazione delle entità grafiche	
---	--

Diffusione vietata salvo esclusivo uso concorsuale

Prefazione

Questo libro tratta di progettazione.

Si parlerà indifferentemente di progettazione architettonica o di progettazione edilizia, distinguendo comunque sempre tra progettazione, intesa come azione tesa all'obiettivo della prefigurazione di un prodotto, e progetto, inteso come risultato (compiuto o meno) di tale azione.

Non si esamineranno qui tuttavia progetti di architettura né si discuterà di architetti.

E ciononostante la trattazione che segue prende le mosse dallo stato di generale insoddisfazione sulla produzione architettonica corrente nelle nostre città per esaminare il cuore del problema di questo insuccesso: se vi siano, e quali, discrasie nel processo di progettazione architettonica alla base di ciò e se sia possibile individuare una strada per superare questi ostacoli.

Mostreremo come una delle ragioni della babele culturale all'origine del decremento qualitativo della recente produzione edilizia e architettonica in generale, sia da attribuirsi al moltiplicarsi delle specializzazioni senza una comune base culturale che consenta adeguate comunicazioni inter disciplinari.

Parleremo di collaborazione come la sola via per superare la barriera profonda tra le molteplici specialità che connotano il vasto mondo che concorre nell'elaborazione del progetto di architettura, nella sua attuazione in un processo di costruzione e nella gestione dell'opera di architettura nella sua vita utile.

Vedremo come la collaborazione sia difficile per motivi culturali, sociali e tecnici e che innanzitutto essa è possibile solo se ricercata e accettata con umiltà da tutti i partecipanti al processo progettuale.

Vedremo come i metodi della collaborazione si siano profondamente modificati nel recente passato per le trasformazioni avvenute nei sistemi di comunicazione che caratterizzano la nostra cultura e che ostacolano il rapporto diretto interpersonale. Vedremo quindi come vada affrontato oggi il problema della collaborazione nella progettazione in un mondo che vede progettisti "delocalizzati", parlanti lingue diverse, vivendo in Paesi diversi con fusi orari diversi, comunicare sostanzialmente solo per via internet.

Mostreremo come il cuore della collaborazione risieda nella trasmissione e nella comprensione di "conoscenza", spiegheremo in che cosa essa consista, in quali forme si sviluppi,

che caratteri assuma nello sviluppo del progetto in rapporto alla cultura dei progettisti e alle loro interazioni.

Vedremo inoltre che nella collaborazione via web la conoscenza richiede di essere “formalizzata”.

Illustreremo una modalità innovativa che in forma unica e compatta consente di rappresentare i principali ambiti di conoscenza che intervengono nel processo di progettazione di un'opera di architettura, ai vari livelli di complessità del progetto, nell'articolazione distribuita per specializzazioni tra i vari progettisti.

Spiegheremo come si possa infine gestire questo complesso “sistema di conoscenza” nello sviluppo di un progetto di architettura in modo da individuare gli errori di ciascun progettista nell'elaborazione della propria soluzione progettuale specialistica e le incongruenze tra le diverse soluzioni specialistiche, favorendo la collaborazione tra i vari progettisti.

Cercheremo in conclusione di chiarire che condizione necessaria per un buon progetto, per “ogni” buon progetto, è il talento e la bravura, la capacità di ogni progettista di essere all'altezza della sfida che sempre pone un progetto: come dicono gli informatici “garbage in, garbage out”.

E tuttavia questo non basta: senza una profonda, fattiva e voluta collaborazione tra tutti gli attori il progetto corre il rischio di disperdersi in rivoli individuali, talvolta singolarmente dotati anche di genialità, ma tra di essi incongruenti e inconsistenti.

Con buona pace della qualità.

G.C.

Introduzione

Nel volume sono riportati i risultati di una attività di ricerca che ha impegnato gli autori per un lungo periodo, in modi diversificati e con obiettivi variati nel tempo e, specialmente all'inizio, non sempre chiari.

Le origini sono lontane, risalgono intorno alla metà degli anni '70 - circa quarant'anni fa - quando mi occupavo delle problematiche della industrializzazione edilizia a "ciclo aperto".

Mi proponevo di mettere in relazione le prestazioni di componenti prefabbricati industrialmente "*a catalogo*" con quelle degli organismi edilizi progettati da terzi in altro tempo e luogo. Si trattava di definire una metodologia per progettare le prestazioni dei componenti in modo che questi potessero soddisfare le prestazioni globali del maggior numero di edifici residenziali progettati secondo le regole del "*sistema aperto*".

Il problema si incentrava essenzialmente sullo studio delle prestazioni energetiche e statiche, in quanto per queste non vi è una diretta corrispondenza tra i requisiti dei componenti (es. trasmittanza, inerzia, trasparenza etc.) e quelli dell'edificio (temperatura interna).

Per lo scopo prendemmo in esame l'alloggio definito dalla normativa GESCAL

Lo studio richiedeva la elaborazione di tutti i potenziali schemi planimetrici dei tipi di alloggi considerati, corrispondenti ai vincoli funzionali assegnati, disposti su reticoli dimensionali modulari ortogonali.

Trovai aiuto in un giovane, Alberto Paoluzzi, che si era appena laureato con me e che si dimostrò poi dotato di grandi capacità speculative, oggi ordinario di informatica grafica all'università Roma Tre.

La prima fase di ricerca fu rivolta allo studio della generazione automatica di schemi tipologici di alloggi e comportò approfondite ricerche sulla teoria dei grafi che approdarono a risultati di un certo interesse (Carrara et Al., 1980). A seguire era necessario determinare gli schemi planimetrici corrispondenti ad ogni grafo funzionale.

La scelta quasi obbligata fu quella di ricorrere ad uno strumento per quei tempi assolutamente nuovo per chi si occupava di architettura o edilizia, quello che allora era tecnicamente chiamato *elaboratore elettronico*.

L'uso del computer ci portò dapprima, in totale solitudine, ad esplorare il campo della grafica per studiare metodi e tecniche per la generazione automatica di schemi planimetrici su griglie modulari ortogonali, soddisfacenti a vincoli funzionali assegnati.

La strada, oggi ben nota, ma allora pionieristica, era quella di iniziare dalla creazione del *grafo funzionale* di ogni alloggio, nei quali i nodi erano rappresentativi degli ambienti (o per meglio dire, delle *unità ambientali*) e gli archi rappresentativi delle relazioni di *adiacenza*.

Per ciascuno di questi si doveva costruire il corrispondente *grafo duale*, nel quale ai nodi del grafo primario corrispondono campi rappresentativi di ambienti e gli archi che li delimitano rappresentano pareti interne e/o esterne.

Finalmente si poteva trasferire ciascuno di questi schemi grafici su reticoli dimensionali modulari preassegnati, rispettando i vincoli metrici assegnati agli ambienti dell'alloggio, realizzando insieme di schemi planimetrici di numerosità tanto più elevata quanto minori erano le dimensioni dei reticoli modulari assegnati.

A ciascuno degli schemi modulari degli alloggi era quindi possibile associare, per dimensioni e forma, componenti edilizi prefabbricabili industrialmente secondo le metodologie dell'industrializzazione edilizia "aperta".

Il problema della definizione progettuale del comportamento dei componenti industrializzati "a ciclo aperto" non era tuttavia ancora risolto: bisognava definire un modello che esprimesse la correlazione tra le prestazioni statiche ed energetiche dei componenti, assegnate dall'industria, e quelle dei potenziali organismi edilizi progettati in base agli schemi tipologici come sopra ricavati.

Ci rendemmo conto che il tradizionale modo con cui in genere i progettisti individuano gli oggetti della progettazione - spazi o componenti - attraverso la loro *rappresentazione grafica* cui riferire significati e proprietà (metriche, fisiche, di comportamento) non era sufficiente a considerare tutte le possibili varianti e caratteristiche che gli oggetti in questione erano suscettibili di assumere.

L'interesse dei progettisti si doveva quindi spostare dal *disegno* dell'oggetto, al *concetto* dell'oggetto in quanto *entità*, cui associare le sue molteplici proprietà, tra le quali la geometria dell'oggetto e le relative rappresentazioni grafiche.

Il trasferire l'attenzione dalla originaria codifica geometrica ai concetti-enti in senso lato, indirizzò i nostri studi verso le *scienze cognitive* e ad un particolare campo dell'*Intelligenza artificiale* denominato *Knowledge Engineering* (Ingegneria della Conoscenza) rivolto alla rappresentazione generale della conoscenza.

Strumenti fondamentali ne erano le *reti semantiche* (sviluppate da Quillian nel 1967) e il formalismo delle *Frames*, pubblicato da Marvin Minski nel 1981, che introduceva la nozione di *classi di individui* e di *relazioni tra classi*.

Lo studio venne condotto all'interno del Dottorato di Ricerca in Ingegneria Edile, appena introdotto nell'ordinamento universitario.

Con un giovane dottorando del primo ciclo del dottorato, Gabriele Novembri, elaborammo dal 1985 al 1989 il nucleo della rappresentazione di sistemi complessi di oggetti edilizi sulla base del *Frame formalism*, che ben si applicava al nostro obiettivo di rappresentare la complessità "olistica" di una *entità* (Novembri, 1987).

In questo formalismo ogni *classe* è implementata come una *frame*, il cui nome corrisponde ad una semantica, ed è associata ad un insieme di *frame* più generali. Ogni *frame* possiede un insieme di *slot* che specificano le relazioni con altre classi, in modo analogo agli archi delle reti semantiche, e che ne definiscono proprietà, variabili, caratteristiche. Il tutto consentiva di definire una struttura rappresentativa di sistemi complessi di entità, ove l'elemento peculiare era il *concetto* associato all'entità stessa.

Nel 1990, poco tempo dopo la conclusione del dottorato di Novembri, vennero pubblicati i bandi per le ricerche del nuovo *Progetto Finalizzato Edilizia* del CNR (1990-1995). Fu l'occasione per promuovere la costituzione di una partnership tra università, centri di ricerca e imprese per lo sviluppo del progetto di ricerca che nel tempo avevamo prefigurato: la definizione di un sistema di supporto alla progettazione edilizia basato sulla *Knowledge Engineering*.

L'università, rappresentata dal Dipartimento di Tecniche dell'Edilizia e del Controllo Ambientale de "La Sapienza" e i privati, costituiti dalle società CRESME e ISVEUR, si erano costituiti in un consorzio cui proposi come nome l'acronimo evocativo di CARTESIANA - *Computer Aided Research Team for Expert Systems Implementation And Network Applications*.

Fu l'occasione per disporre per la prima volta di un budget sufficiente a costituire un bel gruppo di giovani appassionati alla ricerca, diretto scientificamente da me, per la parte universitaria, e da Novembri per il consorzio. Il progetto durò cinque anni, dal 1991 al 1996 ed ebbe tra i suoi collaboratori il Dottore di ricerca Antonio Fioravanti, che aveva lavorato anche precedentemente con Novembri, co-autore del presente lavoro.

Il lavoro prevedeva due grandi settori di ricerca: da un lato un complesso di attività incentrate sulla rappresentazione di quella che chiamammo poi *conoscenza progettuale* mediante i formalismi della Knowledge Engineering; dall'altro lo sviluppo di un *modellatore geometrico* sufficientemente potente, coerente con l'impostazione generale della conoscenza di progetto – scalabile, ricorsiva, additiva – e di una idonea *interfaccia utente (user interface)*.

Per il primo settore di ricerca eravamo autosufficienti, con un buon curriculum alle spalle. Per il modellatore geometrico, invece, avevamo bisogno di una collaborazione esterna, considerato che in quegli anni la linea imposta dalla direzione dell'Istituto richiedeva che per la ricerca si utilizzassero solo prodotti accademici in luogo di programmi commerciali.

Si noti peraltro che all'inizio degli anni '90 la grafica computerizzata era ben lontana dal livello dei software attuali, gli *standard internazionali* non erano nel concreto adottati, e le limitazioni dei software industriali dell'epoca non ci consentivano di fare quanto cercavamo anche perché erano vincolati in ambienti proprietari, operabili tramite gli appositi SDK – Software Development Kit.

Con la collaborazione allo sviluppo del modellatore geometrico cominciò il lungo sodalizio e l'amicizia con Yehuda Kalay, un giovane professore della State University di New York a Buffalo, conosciuto qualche anno prima a Roma nel corso del IV congresso dell'associazione eCAADe¹, con il quale dividevo molti punti di interesse scientifico.

Tornando allo sviluppo della *rappresentazione della conoscenza progettuale*, questa trovò sistematica esplicitazione attraverso il formalismo delle *Frame*: dagli elementi costitutivi del progetto di architettura sino agli elementi più minuti della costruzione riuscendo a gestire anche il dualismo tra spazi e componenti.

Il formalismo da noi definito prevedeva un insieme di *relazioni gerarchiche* tra le entità considerate, del tipo “*parte-di*”, che stava ad indicare l'appartenenza di un'entità ad un'altra di ordine superiore, e un insieme di *relazioni di ereditarietà*, del tipo “*è-un*”, che rappresentava il rapporto tra un “*prototipo*” - una classe - e un suo elemento detto “*instance*” che ne eredita tutte le proprietà.

Su questa base vennero definite delle “*librerie*” dei principali elementi costitutivi di un ristretto ambito progettuale, quello di un reparto di degenza per malattie infettive (era il tempo della mobilitazione internazionale contro il diffondersi dell'AIDS), che fu assunto per la fattibilità del progetto e la verifica di dei risultati.

Si implementarono così i principali componenti costruttivi, con le relative proprietà, organizzati gerarchicamente per subsistemi, e le unità ambientali relative alla unità edilizia ‘degenza’. Per ciascuna entità vennero definiti i prototipi e le “*instance*” corrispondenti alla soluzione progettuale considerata.

Il tutto era definito in un'unica *Conoscenza Strutturata* accessibile da molteplici utenti secondo una complesso interfaccia utente.

Al sistema così concepito demmo il nome di KAAD (*Knowledge Assistant for Architectural design*) intendendo così indicare che si trattava di un CAAD (*Computer Aided Architectural Design*) dotato di una *Base di Conoscenza* (vedi nota p. 51).

In KAAD era inserita una non piccola dose di “*intelligenza*”, nel senso che erano state associate alcune *regole di ragionamento* sulle “*instance*” costituenti una soluzione progettuale: era possibile, per esempio, far verificare in automatico il rispetto della normativa sulla sicurezza al fuoco per quanto attinente alla lunghezza delle vie di fuga da ogni punto di ogni unità di degenza progettata.

In sostanza KAAD aveva raggiunto lo scopo primario della ricerca CNR: costituiva una complessa e ben strutturata *Base di Conoscenza* di un ambito definito e circoscritto di progettazione architettonica, che si prestava a rappresentare in modo completo e interattivo le proprietà di una soluzione progettuale, consentendo interrogazioni e verifiche.

Nel 1994, nell'ambito del Progetto Finalizzato Edilizia, insieme con Yehuda Kalay promovemmo un simposio internazionale tenutosi al C.N.R. a Roma sul tema dei supporti alla progettazione architettonica basati sulla conoscenza, cui furono invitati gli esponenti di punta della ricerca internazionale tra i quali, solo per citarne alcuni, C. M. Eastman, J. S. Gero, T. W. Maver, W. J. Mitchell, R. Oxman, I. K. Petrovic, J. Pohl and S. Watanabe.

Il successo fu notevole e le rultanze furono pubblicate in un volume edito da Elsevier (Carrara e Kalay, 1994) che fece il punto sullo stato dell'arte in quel momento.

Negli anni seguenti il lavoro proseguì nel rendere KAAD, sviluppato su un mini-mainframe, “portabile” su personal computer con sistema operativo Windows, che nel frattempo era divenuto lo strumento più diffuso e praticamente uno standard, e interfacciarlo con altri programmi essendo cadute nel frattempo le limitazioni all'uso di software commerciali.

Ci rendemmo conto tuttavia che KAAD aveva grandi limitazioni nei confronti dell'obiettivo di fondo di tutte le nostre ricerche, che era - ed è - la progettazione. Era il prototipo di un eccellente sistema di rappresentazione di oggetti edilizi complessi, sia esistenti che nuove soluzioni progettuali, da interrogare per molteplici tipi di verifiche.

Il sistema infatti era basato su un'unica Base di Conoscenza nella quale, come si è detto, erano definite le entità considerate con la loro semantica, le loro proprietà, le loro relazioni e le loro regole: l'oggetto edilizio complesso, ma unitario (organismo edilizio o parte di esso) così rappresentato era quindi necessariamente una soluzione *integrata*.

Risultato sicuramente utile per la *verifica* di un progetto, ma non direttamente applicabile alla *progettazione* intesa come processo.

La progettazione infatti è un processo di progressiva *sintesi di incoerenze* nel corso del quale si confrontano e si integrano soluzioni progettuali parziali i cui conflitti si dipanano (o così dovrebbero) nel corso del processo per arrivare, al termine di questo, ad un insieme coerente.

In sintesi, i limiti di un'unica conoscenza strutturata consistevano, sul piano concettuale, nell'impedire (o quanto meno rendere estremamente difficoltosa) la dialettica tra soluzioni conflittuali, mentre sul piano tecnico erano dati dalla sua eccessiva dimensione informatica, che ne rendeva praticamente impossibile la gestione per soluzioni progettuali complesse.

Gli anni dal 1997 al 2000 furono contrassegnati da uno studio caparbio svolto con Antonio Fioravanti in totale isolamento scientifico su quei temi di interesse che all'epoca erano dei veri e propri "vicoli ciechi" - *deadlock* in inglese - nei quali si era incagliata la ricerca dei sistemi di assistenza alla progettazione basati sulla ingegneria della conoscenza. Il settore era stato infatti ormai abbandonato dalla maggioranza dei centri di ricerca viste le difficoltà che scoraggiavano una loro rapida risoluzione.

Nell'estate del 1997 individuammo così nuovi filoni promettenti di ricerca e furono gettate le basi che permisero di affrontare ad uno ad uno quei *deadlock*.

Pubblicammo solo pochi lavori, ma tra quelli ve ne fu uno fondativo per i futuri sviluppi della ricerca (Carrara, Fioravanti e Novembri, 1997) - uno dei primi presente solo su Web - che individuava alcuni nodi da affrontare e gli strumenti per risolverli.

Nell'articolo vennero introdotti molti concetti chiave, come "oggetti" e "vincoli progettuali di rete" (*net-object* e *net-constraint*), *basi di conoscenza* distribuite e specifiche di progetto, *filtri* tra le basi di conoscenza, *collaborazione progettuale*.

Progressivamente si individuarono i problemi di *inconsistenza* e *ridondanza* della conoscenza (Carrara e Fioravanti, 1999), si modellarono i concetti di *Attori* (Carrara et al., 2001); gli *Oggetti Smart* e le *Strutture di Relazione*, (Carrara e Fioravanti, 2001); la *dialettica* tra spazio progettuale privato e quello condiviso, il principio di *autorità sugli oggetti* (Carrara e Fioravanti, 2002), la *meta-conoscenza* e l'uso esteso dell'XML, con Umberto Nanni (Carrara, Fioravanti, Nanni, 2004).

Parallelamente presso la University of California a Berkeley Yehuda Kalay, che nel frattempo era stato lì chiamato come *full professor*, cercava autonomamente ri-

sposte alle medesime domande. All'inizio del 2000 a seguito di lunghe discussioni sull'argomento iniziammo a lavorare insieme sulla *progettazione collaborativa* (Collaborative Design).

La sinergia con la School of Architecture della University of California a Berkeley dette una svolta e una accelerazione alla ricerca.

Individuammo così i punti fondamentali da affrontare per arrivare a definire il sistema di supporto alla progettazione basato sulla *conoscenza*, intesa come insieme strutturato di concetti, proprietà, regole e ragionamenti legati ai dati elementari. Essa è l'elemento centrale per ogni forma di collaborazione, pertanto si richiede essa sia *formalizzata* in modo da essere computabile, *distribuita* tra i vari soggetti che intervengono nel processo progettuale, *specificata* dei soggetti in rapporto alle loro conoscenze, *gestita* opportunamente per consentire agli attori di scambiarsi le proprie soluzioni progettuali parziali.

Il lavoro di ricerca si orientava pertanto su tre ambiti fondamentali strettamente interconnessi: le caratteristiche fondamentali della conoscenza progettuale; la rappresentazione della conoscenza; la gestione della conoscenza nel processo progettuale come strumento di supporto alla progettazione collaborativa.

In questa ricerca hanno avuto un ruolo fondamentale le attività svolte nell'ambito del Dottorato di ricerca in Ingegneria Edile-Architettura, da Armando Trento (2005-08) attraverso la tesi "*Un modello di progettazione collaborativa per l'edilizia basato sulla rappresentazione della conoscenza: sviluppo di un ambiente di investigazione scientifica e sperimentazione didattica*", da Gianluigi Loffreda (2006-09) "*Un modello di Rappresentazione della Conoscenza basato sulle Ontologie per la Progettazione Edilizia Multidisciplinare*", da Davide Simeone (2010-13) "*Un modello di Simulazione del Comportamento Umano negli Edifici*", e più recentemente da Silvia Gargaro dal 2011 e da Stefano Corsi dal 2012.

Nel primo ambito, lo studio delle caratteristiche generali della conoscenza progettuale ha portato alla definizione dei principali domini in cui questa si applica, distinguendoli nel *Processo*, negli *Attori*, nel *Contesto* e nel *Prodotto*; alla distinzione tra *conoscenza generale* e *conoscenze specialistiche*; alla differenza tra la *conoscenza indipendente* dal progetto e quella *dipendente* dal particolare progetto che si sta sviluppando.

Lo studio della conoscenza è risultato essenziale per comprendere la natura della collaborazione tra i progettisti e le modalità con cui questa si attua.

Si è compreso il ruolo fondamentale di una *conoscenza generale* come mediazione per lo scambio tra gli attori degli elementi di conoscenza necessari (e solo di quelli) per la comprensione delle soluzioni parziali elaborate da ciascuno.

Si è compreso che a tal fine ci dovessero essere dei *filtri* nel trasferimento di conoscenza che ne consentissero la selettività.

Il secondo ambito di ricerca è stato volto a definire le caratteristiche generali della rappresentazione della conoscenza nelle forme e accezioni sopra individuate, insieme alle tecniche più idonee per la sua implementazione.

A riguardo si era presto verificato che KAAD risultava ancora essere un valido modello concettuale di rappresentazione, che tuttavia richiedeva, da un lato, di essere generalizzato e, dall'altro, sviluppato con tecnologie più user friendly, standard e "aperte".

È stato concepito così BKM, *Building Knowledge Modelling*, derivazione del più anziano KAAD, ma più "universale" e giocoforza più complesso, che costituisce un originale modello teorico di grande usabilità per la rappresentazione della conoscenza progettuale.

L'acronimo BKM vuole evidentemente essere speculare al più noto e oggi estremamente citato BIM (*Building Information Modelling*) per indicare il valore aggiunto dato dalla modellazione della conoscenza rispetto alla mera modellazione dell'informazione.

Il terzo ambito di ricerca si è focalizzato sulla gestione della conoscenza nel processo di progettazione, ovvero sulle modalità di selezione del 'quantum' di conoscenza che debba essere trasferito da un progettista a chiunque risulti ad esso interessato.

Si sono così definiti la natura e il meccanismo dei *filtri* che selezionano le parti di conoscenza da trasferire; si è altresì proceduto alla definizione dello *spazio di lavoro privato*, nel quale ciascun progettista elabora la propria soluzione progettuale, e dello *spazio di lavoro condiviso*, nell'ambito del quale vengono trasferite le soluzioni progettuali trasferite da ciascun progettista a coloro cui sono destinate.

Nel modello BKM il nucleo concettuale alla base del primigenio KAAD è stato sostanzialmente ristrutturato.

In termini teorici, ogni *entità* considerata viene rappresentata dalla tripletta MPR, costituita da una semantica (*Meaning*), da un insieme di proprietà (*Properties*) e da un insieme di regole (*Rules*).

A loro volta le entità rappresentate con MPR sono tra loro connesse da reti semantiche denominate *Strutture di Conoscenza*.

Ogni conoscenza specialistica e la corrispondente conoscenza generale sono quindi rappresentabili attraverso una opportuna Struttura di Conoscenza.

Questo fatto consente di risolvere il problema centrale della collaborazione del quale si è sopra fatta menzione, consistente nel *trasferimento selettivo della conoscenza*, nel senso, cioè, di consentire a ciascun attore specialista di comunicare la propria soluzione progettuale agli altri attori trasferendo solo e soltanto quanto di questa sia comprensibile dalla conoscenza dell'attore corrispondente.

Si è già accennato che soluzione del problema consiste nella definizione di *filtri di conoscenza* che consentano ad un attore di trasferire solo la parte di conoscenza, associata alla propria soluzione progettuale, che risulti comprensibile dall'attore ricevente.

BKM è pertanto un *modello*, costituito da *entità di rappresentazione della conoscenza*, che può riferirsi a settori scientifici e industriali affatto diversi e che possiede in sé anche la capacità di consentirne la gestione collaborativa.

Il modello teorico così definito risulta implementabile nelle applicazioni progettuali con quanto di più idoneo venga offerto dallo sviluppo della tecnologia informatica nel corso del tempo a prescindere dagli strumenti attualmente utilizzati.

Allo stato attuale il formalismo delle *ontologie* risulta essere quello che maggiormente aderisce al nostro modello teoretico e ben si presta all'impiego considerato; e su questa base è sviluppata l'implementazione del BKM illustrata nel testo.

Il modello BKM è stato conformato per realizzare, a livello concettuale, uno strumento a supporto della progettazione architettonica, che avevamo compreso non potesse essere altrimenti che collaborativa.

La ricerca veniva così a prendere due indirizzi: uno *teoretico*, di validità generale, coniugato con idonee tecnologie di rappresentazione che ne garantissero la validazione; uno *applicativo*, consistente nella ideazione e parziale implementazione dimostrativa di uno strumento di supporto alla Progettazione Collaborativa.

Lo studio dell'applicazione strumentale è stato piuttosto lungo, incerto e problematico, e ha rivestito un ruolo fondamentale nel verificare, correggere e perfezionare gli aspetti teorici del modello BKM. In questo è stato significativo un lavoro di ricerca applicata, nell'ambito di un programma bilaterale Italia-Israele bandito dal Ministero Affari Esteri italiano (2010-12), condotto insieme con la Facoltà di Architettura del Technion Institute of Technology a Haifa diretto dal prof. Yehuda Kalay.

In questo progetto, il nostro gruppo di ricerca in associazione con un partner industriale identificato nella società informatica Nautes di Jesi, si è applicato allo sviluppo di un complesso sistema informatico basato su BKM, che abbiamo definito *piattaforma ABCD (Architecture and Building Collaborative Design)*.

La piattaforma ABCD consiste in un complesso sistema software che si avvale del modello BKM nel rappresentare tante Strutture di Conoscenza quanti sono gli attori coinvolti nel processo progettuale, e consente il trasferimento selettivo da un attore agli altri della soluzione progettuale da questi elaborata, associata ai soli elementi di conoscenza necessari a ciascun attore ricevente per comprenderne il senso, i motivi e le implicazioni della soluzione parziale ricevuta.

Essa è inoltre concepita in modo da poter riconoscere in automatico le discrasie tra le varie soluzioni progettuali proposte dai vari attori specialisti, segnalandone la presenza. Può infine avvalersi di ragionamenti automatici inseriti nelle rispettive Strutture di Conoscenza per facilitare la verifica del rispetto di determinate condizioni.

Mentre il modello BKM riveste una validità generale largamente indipendente dalla tecnologia implementativa usata, ABCDp risente fortemente di questa, essendo un sistema informatico specifico.

Della sua implementazione e uso sono stati dati gli elementi per uno sviluppo industriale, arrivando alla soglia della pre-fattibilità. Nel testo ne sono dati gli elementi significativi e nelle conclusioni si danno le indicazioni per il suo sviluppo.

La concezione di fondo dell'uso della piattaforma si basa sul criterio che il team di progettisti può continuare ad avvalersi delle tecniche di elaborazione e dei programmi software cui è abituato, lavorando sotto il controllo di un sistema supervisore che verifica di continuo la correttezza del procedere del processo progettuale. Ov-

viamente ciascun progettista deve rispettare le procedure e i protocolli dei quali il team deve imparare l'uso e che vanno gestiti da un project manager.

Di particolare importanza è la procedura di *inizializzazione* di un progetto, con la selezione degli attori, delle entità presenti nelle Strutture di Conoscenza specialistiche e generale, del *mapping* tra Strutture di Conoscenza differenti.

La verifica della fattibilità concettuale di ABCDp richiedeva l'implementazione di un prototipo di ridotte dimensioni, applicato ad un caso reale, anche se ristretto. Si è così elaborato un prototipo minimale della piattaforma, implementandone la conoscenza relativa di un piccolo ospedale e a soli quattro attori: il cliente, l'architetto, l'ingegnere strutturista e l'ingegnere energetico.

Si sono così definite le entità di interesse del progetto limitatamente alla fase della progettazione preliminare, sia in termini di spazi che di componenti.

Si è proceduto quindi implementare le relative Strutture di Conoscenza e a definire le corrispondenze-filtro tra entità appartenenti a Strutture di Conoscenza diverse, così come a interfacciare la grafica CAD con le proprietà delle entità progettuali, realizzando un prototipo di ABCDp in scala ridotta, ma reale e funzionante.

Si è così effettuata la simulazione dell'attività progettuale di un piccolo ospedale, prendendo come riferimento un caso reale, quello dell'ampliamento del presidio ospedaliero di Fiorenzuola d'Arda, che viene riportato nell'ultima parte del testo.

Il caso di studio ha dimostrato la effettiva capacità della *piattaforma ABCD* di agevolare la collaborazione tra gli attori progettisti consentendo la reciproca comprensione delle soluzioni progettuali e la verifica delle incongruenze.

Ovviamente il prototipo ha tutti i limiti di essere tale, e per di più in scala estremamente ridotta; inoltre, non tutte le parti del sistema informatico sono state implementate in egual misura ed alcuni passaggi richiedono di essere effettuati a mano.

Possiamo tuttavia dire con soddisfazione che l'obiettivo perseguito da oltre vent'anni, di realizzare un sistema di supporto alla progettazione integrata collaborativa è stato coronato da successo.

La strada è aperta alla realizzazione industriale di una nuova generazione di sistemi CAAD che vada oltre la portata del BIM e che sia utile strumento per un migliore progetto di architettura.

* * *

Questo volume intende illustrare il risultato della lunga ricerca.

Abbiamo cercato di separare la descrizione della parte teorica da quella della sua applicazione.

Ne è risultata una articolazione in cinque parti, corrispondenti ai contenuti che abbiamo sopra indicato:

La prima parte tratta della collaborazione progettuale, delle sue caratteristiche e del rapporto con la qualità del progetto.

La seconda parte esamina le caratteristiche della conoscenza progettuale, i domini principali in cui si esplica, le sue proprietà.

La terza parte disamina le caratteristiche teoretiche e implementative del modello BKM.

La quarta parte definisce le caratteristiche della piattaforma ABCD le sue modalità implementative.

La quinta parte illustra il funzionamento di un prototipo in scala ridotta della piattaforma ABCD e la sua applicazione a un caso di studio.

Infine le conclusioni indicano i futuri sviluppi degli esiti della ricerca.

Tutti gli argomenti sono stati oggetto di approfondite discussioni tra gli autori, che hanno tutti contribuito in misura determinante al raggiungimento degli obiettivi. Purtroppo, per il maggiore approfondimento apportato e la maggiore inclinazione alla problematica trattata, la stesura dei testi è stata ripartita come segue.

Coordinamento generale: Gianfranco Carrara

Parte prima: Gianfranco Carrara

Parte seconda: Antonio Fioravanti

Parte terza: Gianluigi Loffreda [capitoli 3.1 e 3.2] e Armando Trento [capitoli 3.1 e 3.3]

Parte quarta: Gianluigi Loffreda [capitoli 4.1 e 4.2] e Armando Trento [capitoli 4.1 e 4.3]

Parte quinta: Stefano Corsi, Gianluigi Loffreda e Armando Trento

Il capitolo 5.2 vede la collaborazione di Daniel Raccah relativamente alla descrizione del ruolo dell'Attore Strutturista.

L'Appendice riporta un contributo implementativo prodotto da Gianluigi Loffreda in collaborazione con Luigi Avvantaggiato.

Lo sviluppo dell'implementazione informatica è stato discusso insieme con il prof Umberto Nanni cui va il ringraziamento degli autori.

Devo infine sottolineare che tutti gli argomenti trattati in questo volume sono stati oggetto di discussioni e approfondimenti con il prof Yehuda Kalay, oggi Dean della School of Architecture del Technion Israel Institute of Technology.

A lui va il mio ringraziamento per il contributo che ha dato allo sviluppo della nostra ricerca.

Gianfranco Carrara

NOTE

¹ La eCAADe – Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe – è una associazione, della quale sono stato past-president dal 1986 al 1992, che coinvolge il mondo della professione, dell'accademia, delle istituzioni e dell'industria, in un settore di frontiera dato dall'intersezione di vari campi scientifico-disciplinari attinenti comunque alla progettazione intesa nell'accezione più vasta e riguardanti il territorio, l'urbanistica, l'architettura, l'edilizia, la costruzione, ma anche l'informatica, la modellazione e simulazione, la rappresentazione, l'Intelligenza Artificiale, la robotica e il mondo dell'ICT in genere.

Parte prima
PROGETTAZIONE COLLABORAZIONE
E CONOSCENZA

Diffusione vietata salvo esclusivo uso concorsuale

Diffusione vietata salvo esclusivo uso concorsuale

1.1 Il paradosso attuale dell'edilizia

Agli addetti ai lavori nel settore dell'edilizia si presenta oggi un apparente paradosso: quanto maggiore è lo sviluppo tecnologico del settore, specialmente sul versante della informatizzazione e delle tecnologie costruttive, tanto maggiori e più frequenti si presentano problemi nel processo di costruzione e nella gestione del costruito.

Paradosso solo apparente, come cercheremo di spiegare nel seguito, ma certamente sorprendente per chi non entra nel merito delle problematiche della progettazione e si limita a constatare quante e quali incongruenze si verificano in cantiere anche (e soprattutto) in progetti impegnativi, studiati da qualificati specialisti con tecnologie progettuali spesso particolarmente sofisticate.

Sono sotto gli occhi di chiunque abbia dimestichezza di cantiere gli ingenti sforzi tecnici per rimediare a problemi imprevisi (ma non imprevedibili) che insorgono quasi quotidianamente nel corso della costruzione, i conseguenti maggiori impegni economici e l'allungamento dei tempi di costruzione che sono tra le cause (anche se non le uniche) del mancato rispetto delle previsioni contrattuali.

In realtà quanto succede (e non dovrebbe succedere) in cantiere è solo una parte delle disfunzioni cui sono soggetti gli interventi nel settore: analogamente, ma in modo forse meno noto e visibile, avvengono intoppi nelle procedure di finanziamento per errate previsioni di costi e cash flow, nelle procedure di appalto, specialmente in caso di *Project-Financing* e di PPP (*Public-Private-Partnership*), per mancata corrispondenza tra valutazioni tecniche e valutazioni economiche legate al *life-cycle* dell'intervento, nella contrattualizzazione della gestione e della manutenzione, per mancanza di attendibilità delle previsioni tecniche ed economiche definite nella fattibilità e nei programmi di spesa attuativi.

Queste considerazioni, che nascono dall'esame della situazione corrente del settore delle costruzioni in Italia, possono essere estese in generale a tutta l'Europa e ai Paesi ad economia 'avanzata', in quanto, pur con diverse connotazioni, il problema è presente ovunque, comporta un enorme dispendio di energie e impegna enormi risorse per la sua risoluzione distribuite tra gli innumerevoli soggetti coinvolti nel settore (si parla di milioni di imprese nella sola UE).

Per trovare soluzioni adeguate alla gravità della situazione è necessario evitare di rispondere a casi particolari con rimedi tecnici, talvolta anche intelligenti, che tuttavia rivelano appieno la loro limitatezza se confrontati con la generalità del problema. Vanno invece attentamente esaminate le cause profonde alla base del malfunzionamento del settore per cercare di comprenderle appieno al fine di rimuoverle.

Per cercare di capire il fenomeno bisogna fare un lungo passo indietro per esplorare il quadro più ampio in cui si colloca, ed è quello che cercheremo di fare, pur sinteticamente, nelle prossime pagine.

1.2 Trasformazioni e disfunzioni nel settore delle costruzioni

Negli ultimi decenni i non addetti ai lavori hanno avvertito chiaramente profondi mutamenti nell'architettura riscontrandone evidenza nelle nuove morfologie degli interventi e nei mutati linguaggi architettonici rappresentati, nell'immaginario collettivo, da nomi quali Frank Gehry, Zaha Hadid, Massimiliano Fuksas.

Queste sono tuttavia solo le manifestazioni più evidenti e superficiali di profondi cambiamenti: nella realtà, ben più di una modificazione di immagine, sono avvenute sostanziali trasformazioni che hanno inciso sulla domanda, sulla produzione e sulla gestione dell'edilizia.

In Italia, fin dalla fine degli anni '60 le trasformazioni sociali ed economiche avvenute nei due precedenti decenni e ancora in atto avevano posto in crisi i modelli abitativi e urbani tradizionali: questi non erano più in grado di soddisfare una domanda sociale e culturale profondamente diversa dal passato e assai diversificata, anche se le soluzioni proposte talvolta, seppur raramente (se non eccezionalmente) fornivano una risposta adeguata.

Parallelamente le trasformazioni tecnologiche e produttive della società si riflettevano sull'edilizia con una nuova organizzazione del cantiere che, da tradizionale, cercava la via per una industrializzazione. Nuovi materiali, nuovi prodotti e una differente struttura della produzione metteva definitivamente fine ad un passato di artigiano senza tuttavia trovare la via per una trasformazione dell'edilizia in un settore produttivo analogo a quello manifatturiero.

Il risultato finale di questi cambiamenti nel settore delle costruzioni è stato un forte degrado che corrispondeva, a livello architettonico, alla crisi del Movimento Moderno.

Il problema non era solo italiano, ma europeo e in generale presente in tutto il mondo cosiddetto 'industrializzato', e così diffuso da essere sotto gli occhi di tutte le componenti della società.

Una delle cause "strumentali" va ricercata nell'incapacità del progetto (o meglio, del progettista, tradizionalmente singolo) di interpretare le nuove richieste della domanda e di fornire risposte adeguate in termini tecnici.

La ricerca di soluzioni a cominciare dalla metà degli anni '70 ha impegnato in Europa almeno due generazioni di legislatori, di architetti, di ingegneri, di ricercatori, di industriali, di tecnici della produzione etc., con una proliferazione di leggi, di normative tecniche, di sperimentazioni tipologiche e tecnologiche, di nuovi materiali e prodotti, che si sono riversate sul mercato delle costruzioni con l'effetto di frastornarlo più che di risolverne i problemi.

Si assiste, in quegli anni, alla crescita della complessità del prodotto edilizio, sia nelle dimensioni degli interventi che nell'organizzazione funzionale e nelle caratteristiche costruttive, alla nascita e allo sviluppo di nuove tipologie o alla sostanziale

riproposizione in nuove forme di vecchie tipologie: si pensi agli aeroporti, ai grandi mercati generali, ai centri commerciali e, più recentemente, alle rinnovate stazioni ferroviarie, agli ospedali e così via. Cambiamenti nelle caratteristiche concettuali, tecnologiche e formali del prodotto che comportano altrettante serie di richieste cui deve rispondere il progetto.

Dopo l'inafausta parentesi formalistica del 'Post Modern', dall'inizio degli anni '80, con la rivoluzione dell'architettura high-tech, l'industria iniziava una produzione "su misura" di sistemi costruttivi per le nuove archistar (vedi in primis Norman Foster, Richard Rogers, Renzo Piano e poi Jean Nouvel, Frank Gehry, etc.).

Le industrie si qualificano per questa architettura che impone una rivoluzione della tecnologia costruttiva (dal muratore al carrozziere!) e sviluppano soluzioni innovative, specialmente nelle tecnologie di involucro. Prima tra tutte l'italiana Permasteelisa che sviluppa e realizza componenti ad altissima tecnologia praticamente per tutti i grandi architetti del mondo.

Avviene a questo punto in Italia un fenomeno impreveduto dai ricercatori e dai teorici: l'industria trasferisce in *prêt-à-porter* per il mercato delle costruzioni la *haute-couture* concepita su disegno delle archistar, via via banalizzandolo, influenzando così (e spesso non in positivo) la qualità architettonica corrente.

Si mette fine definitivamente alle prospettive di un'industrializzazione per modelli (a ciclo chiuso) e per componenti (a ciclo aperto) su cui tanto si era studiato e preconizzato, ma che erano il retaggio di una cultura profondamente datata, radicata negli anni tra le due guerre.

Ciò è dipeso anche e soprattutto dalla rivoluzione elettronica che iniziava a pervadere tutti gli aspetti della società, dando origine all'irreversibile processo di globalizzazione. Questa investiva ovviamente anche l'edilizia, dapprima come semplice sostitutivo di strumenti tradizionali per il calcolo, il disegno e l'organizzazione della produzione. Ben presto, tuttavia, se ne videro gli effetti sia nel mondo dell'industria, con il passaggio dalla produzione seriale a quella del pezzo unico, sia nelle forme e nei linguaggi dell'architettura.

La possibilità offerta praticamente a tutti gli operatori di elaborare forme geometriche estremamente complesse con caratteristiche topologiche innovative e di visualizzarle in tre dimensioni, consentiva di proporre soluzioni morfologiche progettuali praticamente non rappresentabili in precedenza.

Dopo le prime incertezze il mondo dei progettisti, a livello internazionale, se ne appropria con risolutezza modificando radicalmente il modo di concepire l'oggetto architettonico. Citiamo come esempio paradigmatico il centro d'arte contemporanea realizzato a Bilbao da Frank Gehry completato nel 1997, ma iniziato ad essere progettato nel 1990.

La complessità delle soluzioni morfologiche richiede spesso innovazioni tecnologiche di elevata complessità e specializzazione (le lastre di titanio e i conci di pie-

tra di Bilbao, tutti diversi tra loro, hanno richiesto una produzione industriale con macchine a controllo numerico studiate ad hoc).

Più in generale si verifica un aumento del numero e della complessità delle tecnologie costruttive, specialmente per quanto concerne l'involucro, le finiture e gli impianti tecnici; in fase di costruzione si riscontra un corrispondente aumento della complessità del cantiere, che deve tener conto delle problematiche di sicurezza; in fase di gestione si riscontra un aumento delle richieste di previsione relativamente ai cicli di manutenzione programmata, ordinaria e straordinaria.

Il prodotto edilizio, tuttavia, non è solo immagine architettonica e tecnologia costruttiva.

Un intervento complesso nasce da studi di fattibilità tecnico-economica di elevata complessità, nei quali i parametri economici e finanziari condizionano le caratteristiche ideative e concettuali (prima che architettoniche e tecnologiche) del prodotto finale, valutandone l'ubicazione, la contestualizzazione, le funzioni, il dimensionamento, le prestazioni fornite, i tempi di realizzazione, i costi di investimento e di gestione, i benefici diretti e indiretti.

Il processo edilizio - inteso come l'insieme dei soggetti, delle attività, delle risorse, variamente organizzati nel tempo e nello spazio, volto a definire, produrre e gestire il bene edilizio - si viene nel tempo articolando in numerose modalità in rapporto al variare del contesto giuridico ed economico, raggiungendo complessità inattese. Alle modalità tradizionali di appalto basate su progetto esecutivo fornito dalla committenza si aggiungono varianti tra cui l'appalto concorso, l'appalto integrato, la concessione di costruzione e gestione e, più recentemente, procedure basate sul *Project Financing* e sul Partenariato Pubblico Privato (*Public Private Partnership*). Queste ultime, a differenza delle precedenti, richiedono studi aggiuntivi quali l'analisi dei rischi economici e finanziari, l'analisi dei rischi della costruzione, analisi gestionali, di manutenzione programmata, ordinaria e straordinaria etc.

La normativa tecnica si moltiplica in regole generali e specifiche sempre più dettagliate, che attengono a requisiti funzionali, tecnologici (dei materiali, dei componenti e dei prodotti), di sicurezza (strutturale, agli incendi, del cantiere, nell'uso), di sostenibilità ambientale, energetici, impiantistici e così via, in una congerie di norme mai collegate in un quadro unitario.

La diffusione dell'informazione via internet consente di disporre un numero pressoché infinito di indicazioni di prodotti, materiali e soluzioni tecniche non controllate né garantite, contribuendo a generare falsa sicurezza e confusione tecnica, madre elettiva di profondi errori.

In sintesi, a partire dalla fine degli anni '70 l'aumento via via crescente della *complessità del prodotto* si lega all'aumento della *complessità della produzione e della tecnologia* e all'aumento della *complessità del processo edilizio*, generando una molteplice

cità di competenze professionali cui corrisponde la necessità di altrettante formazioni specialistiche.

Si assiste pertanto alla crescita incontrollata, ancora in atto, delle *specializzazioni*, sia professionali che operative, cui corrisponde in generale un processo di formazione professionale a spettro sempre più ridotto; la stessa formazione universitaria ha troppo spesso preferito avviarsi sulla strada dei corsi professionalizzanti anziché su di una ampia e solida base culturale, scientifica e tecnica che consenta numerose possibilità di successiva specializzazione e maggiore flessibilità di impieghi.

Questo scenario, già sufficientemente articolato e complesso, viene ulteriormente sconvolto dalle recenti rivoluzioni culturali, sociali e tecnologiche mondiali, effetto della globalizzazione, della liberalizzazione dei mercati e della rapidità e diffusione dell'informazione dovuta all'internet, che a sua volta si riflette sull'accelerazione nelle trasformazioni.

Siamo in presenza di cambiamenti epocali con effetti irreversibili su soggetti, comportamenti, consuetudini, regole, a livello globale, che ovviamente si riflettono inesorabilmente sul prodotto architettonico e edilizio.

Un effetto della globalizzazione si riscontra nella sempre più frequente *delocalizzazione* degli operatori del processo edilizio, che interagiscono sempre meno attraverso contatti diretti e personali sostituendoli con comunicazioni e trasferimento di documenti e disegni via internet.

A questo quadro si aggiunge oggi in Italia la 'Crisi'. Crisi economica, che si riflette sulla riduzione delle risorse e sull'organizzazione del lavoro e sul mercato, ma soprattutto crisi sociale e culturale, che si riflette sulla certezza della definizione del prodotto.

Limitandoci all'Italia, l'Autorità di Vigilanza ha osservato (Ciribini, 2014) che: *“l'istruttoria sulla maggior parte delle opere esaminate ha evidenziato ritardi nelle varie fasi realizzative. La presentazione dei progetti esecutivi da parte degli operatori economici, siano essi general contractors, concessionari od affidatari di appalti integrati, è avvenuta quasi sempre con forte ritardo e con conseguente differimento dei termini di conclusione dei lavori e notevoli aumenti dei costi, dovuti anche a variazioni/integrazioni al progetto definitivo. (...) Nelle procedure esaminate, inoltre, non è stata adeguatamente effettuata l'analisi dei rischi e la valutazione preventiva delle risorse occorrenti e disponibili per la realizzazione e gestione delle opere, nonché delle cause potenzialmente idonee a rallentare lo svolgimento dei lavori”*.

1.3 Ruolo e responsabilità del progetto

Per garantire la certezza delle caratteristiche del prodotto in tutte le fasi del processo edilizio il *progetto* deve diventare il riferimento per tutte le operazioni previste sul prodotto: richiede quindi di essere *completo e coerente*, in quanto rappresenta la prefigurazione del *prodotto* in tutte le sue funzioni e caratteristiche, nella forma e nel modo in cui esso sarà posto in essere dalle condizioni del *procurement* nel corso del processo di costruzione e gestione, in rapporto al contesto in cui si colloca e agli attori che lo determinano e ne fruiscono per tutta la durata della sua *'vita utile'*.

Completo, da 'tutti' i punti di vista: quindi tutte le competenze specialistiche che servono per determinarne gli aspetti sono chiamate ad intervenire fin dall'inizio della progettazione, anche se riferite ad ambiti relativi a fasi del processo edilizio successive alla realizzazione.

Coerente, in quanto il ruolo di riferimento e di guida che assume in tutte le fasi della vita del prodotto, non ammette discrasie tra le sue componenti geometriche, fisiche e comportamentali.

Il progetto, inteso come rappresentazione fisica integrata con la semantica relativa ad ogni entità considerata e con tutte le proprietà significative in rapporto alle sue finalità, assume così, più che in passato, un *ruolo centrale per la corretta e adeguata qualità finale del prodotto*.

In sostanza nella attuale realtà di processo il progetto deve 'contenere' in forma coerente e integrata in tutte le sue componenti una molteplicità di definizioni, delle quali una lista incompleta include: le caratteristiche geometriche del prodotto nell'insieme e nelle sue parti (sia per quanto attiene al sistema degli spazi che dei componenti), le caratteristiche dei materiali, dei componenti, degli impianti, delle lavorazioni, dei modelli concettuali e di calcolo per i dimensionamenti e le verifiche, le caratteristiche di comportamento statico, energetico, acustico, di controllo ambientale, di obsolescenza, di durabilità, di condizioni nell'uso; le caratteristiche di sicurezza nella costruzione e nell'uso; le caratteristiche di costruibilità, le fasi e i cicli di lavorazioni in cantiere e in officina, l'organizzazione del lavoro, la mano d'opera, le attività, le risorse, i tempi di costruzione; le caratteristiche di gestione di uso, le manutenzione programmata ordinaria e straordinaria, i tempi e le attività corrispondenti; le caratteristiche economiche, i costi di investimento, di progettazione, di costruzione, di gestione, i piani economici e finanziari, VAN, TIR; le caratteristiche legali, dei contratti, del *procurement* etc.

In ultima analisi quanto definiamo con i termini *Progetto e Progettazione*, pur conservando ideologicamente il primato dell'*Ideazione* sulla *Realizzazione*, negli ambiti professionali oltre che in quelli accademici ha progressivamente subito nei fatti un processo di trasformazione della sua finalizzazione verso intendimenti di lungo termine che si basano sulla *Costruibilità* e sulla *Manutenibilità*.

Se il *Progetto* più che in passato riveste oggi un ruolo centrale e insostituibile per l'insieme di tutte le operazioni previste nel processo edilizio, si deve tuttavia riscontrare che, per quanto detto finora, le trasformazioni descritte rendono problematica la prefigurazione compiuta, coerente e attendibile del prodotto. Si assiste così ad una assai frequente, se non generalizzata, incapacità del progetto di rispondere compiutamente alle mutate esigenze che gli si pongono.

In altri termini, il progetto tradizionalmente inteso non è più sufficiente...!

Due sono le principali difficoltà che ostacolano la risoluzione del problema che abbiamo esposto, in cui si dibatte oggi la progettazione:

difficoltà di *interpretare le esigenze di una società in continua trasformazione*, sia a livello urbanistico, che architettonico, funzionale e tecnologico. La difficoltà consiste quindi nell'incapacità, se non dell'impossibilità, di uno solo o di pochi soggetti di interpretare la totalità delle nuove esigenze e di elaborare adeguate soluzioni progettuali;

difficoltà di *integrare le specializzazioni* sempre più spinte in una sintesi intrinsecamente coerente. La nostra società consente di reperire tutte le competenze necessarie; la difficoltà consiste nel fatto che la formazione degli specialisti è così specifica e settoriale che in genere questi non sono capaci, non dico di capirsi, ma nemmeno di dialogare.

Il primo problema è di assai difficile soluzione: richiede di *capire il proprio tempo* e saperne esprimere i valori.

Questa capacità è comune patrimonio della cultura di un gruppo sociale quando questa cultura è radicata nella tradizione. Nei momenti di transizione particolarmente rapida, come questo che stiamo vivendo, diventa assai ardua (ammesso che essa sia possibile) l'interpretazione dei valori della comunità e la loro traduzione in soluzioni architettoniche nel senso lato del termine.

In queste condizioni il solo mezzo disponibile per esprimere il significato di questi valori risiede nella sensibilità e nel 'senso di sintesi' dei progettisti, che solo in parte scaturisce dalla loro formazione culturale e tecnica (pur fondamentale), ma in larga misura dipende dalle loro capacità di intuizione e dall'inclinazione personale.

Il secondo problema è solo apparentemente più semplice. In realtà è composto da un insieme di fattori.

Le molteplici richieste cui deve far fronte il progetto costituiscono altrettanti problemi di tipo specialistico che possono e devono essere risolti dagli specialisti del ramo. Ognuno lo esamina dal proprio punto di vista e ne dà una sua risoluzione. Il fatto è che la risoluzione del problema globale posto ai progettisti nel loro insieme non è coincidente (né potrebbe mai esserlo) con la somma delle singole risoluzioni parziali; questa risoluzione ottimale può avvenire solo attraverso adeguati compromessi (*trade-off*) tra le parti, con cui tutti i vari aspetti del problema sono esaminati, discussi e risolti nel modo che offre la migliore 'qualità globale'.

I vari sistemi oggi in uso non sono adeguati: il *project-management* garantisce il

rispetto delle fasi e delle tempistiche del progetto, ma non entra nel merito della qualità delle soluzioni, le tecnologie informatiche aiutano l'elaborazione di soluzioni relative alle qualità settoriali del progetto, ma non affrontano il problema della qualità globale, quando addirittura non lo ostacolano (Carrara et al., 1980).

Va trovata una via per superare i problemi della cosiddetta '*simmetria dell'ignoranza*' e dell'*incomunicabilità* tra specialisti di differente estrazione, che impediscono la ricerca di soluzioni 'globali'.

Questa via è data dalla *collaborazione* tra tutti gli attori coinvolti nel processo edilizio, fin dalle prime fasi del processo progettuale.

La *collaborazione* è necessaria affinché tutti gli specialisti che partecipano alla progettazione possano interagire consapevolmente, apportando le proprie idee e proposte per comunicarle agli altri soggetti e condividerle o modificarle opportunamente in modo da cercare di ottenere la *massima qualità complessiva*.

1.4 Qualità del progetto e collaborazione

La collaborazione è stata viva e centrale nella progettazione tradizionale, almeno fintanto che il progetto è stato realizzato attraverso incontri e discussioni dirette tra i vari progettisti specialisti, che in tal modo avevano la possibilità di spiegarsi e di farsi capire vicendevolmente. Per i motivi illustrati in precedenza, legati soprattutto alla delocalizzazione degli attori e alla comunicazione generalizzata attraverso canali ICT (*Information and Communication Technology*) è oggi invece sostanzialmente assente e bisogna cercare nuovi metodi e tecniche per recuperarla.

Capire quale sia la *natura della collaborazione*, che cosa richieda e come la si possa attuare è quindi fondamentale per attivare quei processi che conducano ad un miglioramento della *qualità progettuale* almeno relativamente alla coerenza intrinseca del progetto. Collaborazione che, quando si attiva tra soggetti ad essa inclini e preparati, può essere stimolo alla ricerca di soluzioni non convenzionali ed essere quindi un *potenziale incubatore di creatività* con benefici effetti sulla *qualità complessiva dell'opera*.

'Qualità' è oggi una parola sempre più usata e abusata, ricercata e desiderata, dopo la sua popolarità nel periodo della Scolastica, quando san Tommaso d'Aquino la definì '*recta ratio factibilium*', il modo giusto di fare le cose. Le sue fortune calarono soprattutto nel periodo dell'Illuminismo e del Positivismo quando prevalse l'interesse per la misura delle prestazioni e le soglie di accettabilità.

All'inizio degli anni '70 del secolo scorso sorsero nuovi problemi, che comportarono notevoli difficoltà di modellazione; furono sviluppati quindi metodi di analisi '*multi-criteria*' per definire la qualità, dal momento che la complessità dei fenomeni considerati non consentiva di ridurli ad una singola funzione. Nello stesso tempo il termine 'qualità' fu riscoperto non solo nel linguaggio quotidiano ma anche in quello tecnico, a cominciare dall'era pionieristica ed entusiastica dell'arrivo del computer (Pirsig, 1974) e quella della Free Software Foundation fondata da R. Stallman nel 1983 (Stallman, 1983) e dagli standard della serie ISO 9000 del 1990 e seguenti.

Qualsiasi possa essere la posizione filosofica adottata, a cominciare da Platone e Aristotele, la '*qualità*' non è intrinseca all'oggetto né al soggetto che la considera, ma dipende da entrambi, o, piuttosto, dalla relazione tra questi e dal contesto in cui sono situati.

E questo è quanto accade nel processo progettuale, nel quale la qualità della soluzione dipende sempre e comunque dal contesto, dagli attori e dal merito della proposta progettuale (Carrara e Fioravanti, 2002).

Prima di affrontare il problema della definizione di metodologie e tecniche per cercare di ottenere un adeguato livello di 'qualità' nella progettazione di opere di architettura sono necessarie alcune precisazioni.

Innanzitutto il termine ‘*progettazione di opere di architettura*’ o, con termini spesso sinonimi, ‘*progettazione architettonica*’ o anche ‘*progettazione edile*’, va inteso come la progettazione integrale dell’opera risultante dalla interazione di tutte le competenze specialistiche coinvolte nella risoluzione complessiva del problema progettuale, alla scala di approfondimento richiesta dal programma di progettazione, in rapporto alla fase di processo nella quale si opera.

La natura intrinseca (e la motivazione essenziale) della progettazione collaborativa in edilizia risiede pertanto nella interdisciplinarietà e nella conseguente complessità del problema progettuale, indipendentemente dalla specifica complessità dei singoli ambiti disciplinari del progetto. È tuttavia evidente che tanto maggiore risulta quest’ultima tanto più si accrescono le difficoltà nel *governo della complessità* dell’insieme, che richiede necessariamente collaborazione tra tutti i partecipanti.

* * *

Molte forme di *interazione* tra gli attori del processo progettuale sono esistite nel tempo e sopravvivono nel presente, ciascuna delle quali ha i suoi vantaggi e inconvenienti legati alle proprie peculiarità.

La *Progettazione sequenziale* rappresenta la forma più semplice e povera di interazione, che richiede la suddivisione del processo progettuale in passi uniti l’un l’altro sequenzialmente. L’informazione si muove sostanzialmente solo in una direzione e le possibilità di ritorno a feedback sono minime. Il passo successivo inizia solo quando il precedente è stato compiuto. Questa modalità di interazione funziona solo in un quadro progettuale semplice, ben determinato e predefinito, in genere orientato al perfezionamento di una produzione industriale. Funziona al meglio in un contesto sociale e tecnologico storicamente e culturalmente stabile e ben definito.

La *Cooperazione* rappresenta una forma di processo progettuale di più alto livello, nella quale tutti gli attori si sforzano di ottenere un risultato comune lavorando in modo non lineare, ma secondo una sequenza predefinita benché in genere con basso scambio di informazioni durante il processo.

La *Progettazione Concorrente* (*Concurrent Design*) è una forma di cooperazione nella quale gli attori lavorano in un ambito altamente strutturato, con precisi limiti e compiti distribuiti e ben definiti, scambiano poche informazioni e conoscenze in un processo che si svolge in forme parallele.

La *Collaborazione* è la più alta forma di interazione nella progettazione in quanto implica che gli attori si aiutino l’un l’altro per meglio comprendere come il lavoro di ciascuno possa integrarsi con quello degli altri per ottenere il miglior risultato complessivo. Ciò richiede che gli attori coinvolti in qualsiasi stadio del processo di progettazione si scambino informazioni e conoscenza, attivando in tal modo una reciproca comprensione. La collaborazione consente così di scoprire e proporre nuo-

ve soluzioni progettuali attraverso il contributo di ogni attore alla risoluzione del problema; aiuta a far convergere le soluzioni dei differenti attori in un'unica soluzione complessiva; aiuta a consentire reciproche modificazioni nelle soluzioni dei diversi attori in modo da convergere nel modo migliore nella soluzione complessiva; aiuta a scoprire reciproci malfunzionamenti nelle soluzioni proposte dai vari attori; aiuta a sviluppare la creatività attraverso le interazioni delle diverse competenze (Gross et Al., 1998; Kvan, 2000; Jeng e Eastman, 1998; Kolarevic et Al., 2000).

Tuttavia la collaborazione è difficile da applicare a lavori e processi complessi e le difficoltà aumentano sempre più a causa della delocalizzazione degli attori sia nel tempo che nello spazio, delle differenti lingue, e specialmente per la cosiddetta "simmetria dell'ignoranza" che ricorre ogni qualvolta venga a mancare una conoscenza comune sufficientemente ampia.

Nelle pagine che seguono cercheremo di delineare quali siano gli aspetti fondamentali della collaborazione, quali problemi la collaborazione comporti e se e quali soluzioni si possano adottare per favorirne l'attuazione nel nostro contesto operativo.

Diffusione vietata salvo esclusivo uso commerciale

1.5 Complessità del progetto e collaborazione

La collaborazione nella progettazione è sempre esistita, in vari modi e con differenti metodi e tecniche a seconda del momento storico e dell'ambiente culturale. Nella nostra cultura progettuale italiana e più in generale europea, fino a pochi decenni fa e spesso anche oggi, la collaborazione è stata basata sullo scambio fisico di documenti e di discussioni su questi.

Tuttavia le tradizionali metodologie e tecniche di collaborazione basate su incontri personali e interazioni dirette tra gli attori, essenzialmente sotto forma di discussioni, hanno mostrato la loro inefficienza quando siano applicate alle attuali forme di processo progettuale nelle quali è coinvolto un numero assai elevato di specialisti, a causa delle molte discipline coinvolte e delle loro relazioni, che nella maggioranza dei casi sono delocalizzati e comunicano a distanza con tecnologie ICT spesso parzialmente incompatibili tra loro.

Per di più, l'introduzione del computer nella progettazione ha radicalmente trasformato il modo di trasferire informazioni: disegni e documenti sono oggi trasformati in strutture digitali che comportano nuove metodologie e strumenti per essere prodotte e scambiate, tenuto conto, in particolar modo, delle difficoltà citate poc'anzi, legate alla delocalizzazione spaziale e temporale degli attori.

Il progetto di architettura è sempre un sistema estremamente complesso, anche quando si tratta di un'opera di piccole dimensioni, per la molteplicità dei fattori in gioco, le loro relazioni multiple non lineari, la dipendenza da un contesto di volta in volta sempre diverso.

Scriveva Prigogine (Prigogine e Stengers, 1979) che non c'è un unico linguaggio teorico in cui esprimere le variabili cui possa essere attribuito un valore ben definito che possa esaurire il contenuto fisico di un sistema. I vari linguaggi possibili e i vari punti di vista sul sistema sono complementari. Essi riguardano la stessa realtà, che straripa da ogni possibile linguaggio, da ogni possibile struttura logica.

Una delle metafore per illustrare la differenza tra "complicato" e "complesso" è quella tra un nodo e un maglione: mentre sciogliendo il primo la struttura è facilmente comprensibile e riproducibile, nel secondo caso trovare "l'elemento primo", il filo, non basterà a capire il sistema, rivelandosi addirittura controproducente.

È l'interazione dinamica, l'intreccio, a fare la differenza. Un sistema si dice complesso quando è caratterizzato da interazioni non lineari tra le parti, che presentano, rispetto a quando considerate isolatamente, proprietà nuove definite *emergenze* da Philip Warren Anderson (1972).

Contemporaneamente lo stesso sistema, producendo emergenze, inibisce alcune proprietà possedute dalle parti in precedenza. Sta all'osservatore (nel nostro caso al progettista) specificare il punto di vista e il "taglio" di un sottosistema rispetto dall'altro, analizzando le interazioni, rifiutando i manicheismi, incrociando i punti di vista e i contesti.

La ricerca di efficienti sistemi di gestione della complessità progettuale ha interessato la comunità scientifica da molti anni, e da lungo tempo sono state introdotte metodologie e tecniche di pianificazione e controllo del progetto che sono diventate standard elaborativi (ad esempio PERT, CPM, sistemi di ottimizzazione etc.).

Ciò è avvenuto come trasferimento di innovazioni logistiche militari ad applicazioni civili tradizionalmente in molteplici settori della progettazione industriale, meccanica e manifatturiera: settori nei quali in genere l'efficienza del processo produttivo risulta essenziale per la produzione di "oggetti" nei quali il grande investimento tecnico ed economico nella definizione del prototipo viene riversato nella serialità produttiva.

La specificità del prodotto architettonico, legato ad una precisa contestualizzazione di luogo e di utenza unitamente ad una lunghissima tradizione della costruzione edile, estranea alle problematiche della produzione industriale, sono stati probabilmente i principali motivi della mancata applicazione di tali metodologie e tecniche alla gestione del progetto di architettura.

Da molto tempo peraltro sono ormai stati introdotti metodi semplificati di "project management", che nelle opere maggiori sono risultati necessari per guidare e controllare formalmente la complessità delle fasi di processo - senza pur tuttavia incidere sulla reale natura del problema progettuale - e per individuare le discrasie e le contraddizioni delle soluzioni.

In tempi meno lontani la produzione industriale più innovativa (industria aeronautica, aerospaziale, navale) si è indirizzata alla costruzione di oggetti di altissima complessità, ma di numerosità assai limitata, nella quale il concetto di produzione seriale viene sostituito dal concetto di produzione industriale di "oggetto unico".

Un campo di grande rilevanza per la comunità scientifica internazionale interessata ai problemi di progettazione consiste nello studio di metodi e tecniche per rendere più efficiente, economica e rapida la progettazione di sistemi complessi di quest'ultimo tipo, individuando la soluzione nel paradigma della *Progettazione Collaborativa* (*Computer Aided Collaborative Design*, o più semplicemente *Collaborative Design*).

In grande sintesi questa consiste nell'interazione continua dei progettisti "specialisti" attraverso protocolli informatici che gestiscono in rete le "basi di conoscenza" di ciascun esperto¹.

Il prodotto progettuale è costituito da una rappresentazione dinamica complessa, elaborata automaticamente attraverso il ricorso ai programmi di calcolo propri di ciascuna base di conoscenza specialistica, nella quale gli innumerevoli conflitti emergenti tra le componenti progettuali specialistiche vengono individuati automaticamente e in larga parte risolti nello stesso modo.

I metodi e le tecniche della "progettazione collaborativa" industriale non sono tuttavia direttamente trasferibili alla progettazione edile, fondamentalmente per le peculiarità dell'opera di architettura: essa infatti *sfugge ad ogni prototipazione* che consenta il riferimento a specifiche conoscenze automatizzabili ed è *fortemente dipendente dal contesto* (fisico, ambientale, culturale, sociale, giuridico, economico) in cui si colloca.

Negli ultimi anni, tuttavia, un gruppo non piccolissimo di studiosi operanti in sedi universitarie diffuse in diversi Paesi (USA, U.E., Australia) ha avviato ricerche volte a trasferire alla progettazione di opere di architettura concetti e metodologie derivate dalla progettazione collaborativa di prodotti industriali complessi o a individuare e proporre nuove metodologie e tecniche appositamente concepite per la progettazione collaborativa nell'edilizia.

Il problema risulta particolarmente impegnativo in quanto non si tratta di trasferire ed applicare schemi esistenti, ma di individuarne di nuovi che al meglio si rapportino alle peculiarità della progettazione edile.

Lo sviluppo degli apporti specialistici alla formulazione del progetto di architettura nel suo insieme comporta necessariamente l'introduzione di *situazioni temporanee di incongruenza*, vuoi all'interno delle soluzioni elaborate in ciascun ambito specialistico, vuoi, ancor più significativamente, nell'intersezione tra le diverse soluzioni specialistiche.

La presenza di situazioni di incongruenza genera conflitti interni alla soluzione progettuale sia a livello macroscopico (alla piccola scala) sia a livello microscopico (alla grande scala), che devono essere individuati e risolti prima di procedere ad ulteriori affinamenti e approfondimenti, pena la crisi parziale o generale dell'intero impianto del progetto.

Uno dei compiti principali della progettazione collaborativa è proprio quello della tempestiva individuazione delle incongruenze e della risoluzione dei conflitti all'interno della soluzione progettuale. Ciò è particolarmente significativo nel caso di progetti di vaste dimensioni con l'apporto di decine (talvolta centinaia) di competenze specialistiche.

Se ciò è evidente nelle fasi della progettazione esecutiva, tuttavia il momento più delicato, in cui l'effetto delle discrasie si può ripercuotere in crisi profondamente negative sulla impostazione dell'intero progetto, risiede nella fase della progettazione preliminare, nella quale vengono definite le scelte "strategiche" del progetto.

Risulta pertanto opportuno, particolarmente nei grandi progetti, introdurre "a monte", già nelle fasi di progettazione preliminare, tutte le competenze specialistiche condizionanti, che per la complessità del problema vengono generalmente coinvolte solo successivamente nelle fasi della progettazione definitiva e più spesso esecutiva; tra queste si annoverano ad esempio le problematiche della sicurezza agli incendi, della sicurezza del cantiere, delle allocazioni delle risorse, della compatibilità della produzione industriale corrente, e così via.

Stante la grande mole di dati da trattare e la loro eterogeneità, gli strumenti per sostenere le necessarie operazioni di verifica, controllo e proposizione di azioni risolutive non possono più essere confinati nella sfera della normalità artigianale, ma devono essere rinvenuti nell'ambito delle più avanzate tecnologie dell'informazione, sostenuti e guidati da una adeguata logica elaborativa.

La *Collaborazione* è stata definita come "accordo tra specialisti nel condividere

le rispettive competenze e capacità in un particolare processo, in modo da conseguire le più ampie finalità di un progetto nel suo insieme, così come definito dal committente, da una comunità o da una società in senso lato” (Hobbs, 1996).

Si è visto che nel processo edilizio la necessità di collaborazione trae origine dalla compresenza di una molteplicità di progettisti specializzati in differenti campi disciplinari (che chiamiamo *attori*) caratterizzati da differenti estrazioni culturali e professionali.

Ciascuno di essi deve essere in grado di studiare dal proprio punto di vista la propria soluzione progettuale, di generalizzarla in modo tale da renderla comprensibile ad ogni altro attore coinvolto nel processo e, infine, di trasferirla a ciascuno di essi.

La collaborazione progettuale risiede quindi nella capacità di ogni attore di integrare nel proprio dominio disciplinare e culturale le soluzioni degli altri specialisti e di giudicare sia gli effetti che queste hanno sulla propria soluzione sia la validità dell'insieme integrato delle soluzioni, individuandone le inconsistenze e/o suggerendo proposte.

La collaborazione nella progettazione architettonica pertanto è basata sul seguente *ciclo iterativo*: *elaborazione* di una soluzione da parte di un attore, *comunicazione* di questa agli altri attori, *interpretazione* da parte di questi della soluzione comunicata e *comprensione* dei suoi contenuti, *elaborazione* di ulteriore soluzione da parte di altro attore nel proprio ambito specialistico, *comunicazione* di questa agli altri attori e *suggerimenti e/o proposte* di emendamenti e/o modifiche della soluzione pervenuta, *discussione* tra gli attori in merito alle proposte alternative e/o conflittuali, *accordo* finale, *inizio di ciclo successivo*.

Nel processo tradizionale, nel quale la collaborazione era *diretta* (simultanea e localizzata), questo ciclo si attuava attraverso un diretto scambio di conoscenze per mezzo di incontri fisici tra gli attori: in questo modo era possibile scambiare e integrare informazioni di basso livello semantico (disegni, calcoli, testi etc.) con altre di elevato livello, quali concetti, ragionamenti, deduzioni etc.

Oggi, nella nostra società 'globalizzata', la collaborazione è *indiretta* in quanto il processo progettuale è caratterizzato dalla delocalizzazione degli attori e dalla 'desincronizzazione' (sfalsamento nel tempo) dello scambio di informazioni e delle comunicazioni. La comunicazione si avvale dell'uso generalizzato degli strumenti informatici (computer, ICT, internet etc.) che richiedono linguaggi formali. Tutto ciò rende assai più complesso il problema del comunicare, e soprattutto quello di interpretare e comprendere l'informazione.

La collaborazione progettuale è quindi oggi ben più difficile che in passato benché le sue basi siano sostanzialmente sempre le stesse.

Negli ultimi anni del secolo scorso il termine *collaborazione* è stato usato dai ricercatori più sensibili a questo problema dapprima in modo vago e poi sempre più

esplicito fintantoché si è diffuso con varie vicende in tutti i campi della scienza, della ricerca e della società.

Non è quindi un semplice slogan, ma una chiave per sciogliere situazioni bloccate che sono destinate ad accompagnarci per lungo tempo in questa era di profonde trasformazioni.

Diffusione vietata salvo esclusivo uso concorsuale

1.6 Problemi della collaborazione nella progettazione

Il problema quindi non è *se* collaborare o meno, bensì piuttosto *come* collaborare.

Qual è il miglior modo in cui gli specialisti possono mettere assieme le loro separate e pur complementari conoscenze? Quali sono gli impedimenti alla collaborazione? Possiamo trovare modi migliori di collaborazione che offrano i benefici desiderati e consentano di superare gli impedimenti?

La risposta a queste domande non è affatto semplice.

In particolare tre tipi di fattori sono di ostacolo alla collaborazione: *fattori tecnici, fattori professionali e fattori sociali*.

Gli ostacoli tecnici possono essere superati attraverso l'innovazione tecnologica: sono quelli "facili".

I fattori ostativi professionali possono essere attenuati, se non superati, attraverso adeguata formazione.

I più difficili da superare sono i fattori ostativi di tipo *sociale*. Sono quelli che nascono da convinzioni, abitudini e pregiudizi radicati nella cultura di una intera società, di gruppi associativi o di strati sociali all'interno di questa. Vengono assimilati dai singoli nella loro formazione o nella vita di relazione, e sono quindi così profondamente radicati nella psiche da non essere riconosciuti dagli interessati e per questa ragione risulta assai difficile rimuoverli.

Abbiamo detto che, per collaborare, i partecipanti al processo di progettazione (*attori* del processo edilizio) devono avere accesso a tutte le informazioni del progetto per conoscerle, discuterle, elaborarle e modificarle.

Individuiamo almeno tre categorie di problemi perché questo accesso sia garantito: problemi di *semantica*, di *sincronizzazione* e di *comunicazione* (Kalay, 2009).

Semantica: l'informazione sviluppata da un attore specialista potrebbe essere (e spesso lo è) incomprensibile agli altri attori a causa del linguaggio e delle convenzioni usate dal professionista per codificare e rappresentare il proprio lavoro.

Soluzioni di questo problema includono basi di dati 'integrate' di informazioni attinenti a più discipline. Benché questi tipi di data-base siano stati oggetto di ricerca e sviluppo sin dagli anni '70, solo recentemente hanno ottenuto ampia rilevanza in forma di BIM (*Building Information Modeling*). Tuttavia questi *data-base* riguardano essenzialmente le proprietà dei componenti e subsistemi edilizi piuttosto che la loro semantica. Pertanto uno specifico termine può avere senso per uno specialista, ma non per gli altri. O, peggio, lo stesso termine può avere differenti significati per differenti specialisti, comportando disguidi e conflitti. Più recenti sviluppi di ricerca per superare questi problemi includono modelli di informazione basati sulle *ontologie* (vedi capitoli seguenti), nei quali i termini sono esplicitati in modo da evitare incomprensioni.

Sincronizzazione: l'informazione si sviluppa in modo incrementale e a-sincrono via via che il progetto si evolve: in genere quindi può accadere che l'informazione che un progettista ha bisogno di ricevere da un altro non sia ancora disponibile. Per evitare ritardi il primo progettista si può trovare nelle condizioni di dover assumere decisioni su argomenti che non sono ancora stati pienamente considerati, ovvero il secondo può anticipare risposte che in seguito si potrebbero dimostrare inesatte.

Comunicazione: gli specialisti coinvolti nel processo progettuale usano in genere differenti metodi e notazioni per rappresentare e comunicare il proprio lavoro: alcuni fanno uso di disegni di differente natura, altri di numeri e codici matematici, altri ancora di riferimenti a prodotti o materiali standard: di norma avviene che un progettista non sia in grado di leggere le rappresentazioni progettuali di un altro specialista, e questo fatto è un'altra causa di equivoci e di errori.

Questi ostacoli, per quanto significativi e importanti, possono essere superati per mezzo di soluzioni tecniche, e questo libro si propone di mostrare come si possa raggiungere questo scopo: sono quindi quelli "facili" da superare.

Gli ostacoli professionali e sociali sono di ben più ardua risoluzione, per i motivi che cercheremo di spiegare nel seguito.

Nel loro fondamentale libro *The Social Construction of Reality - A Treatise in the Sociology of Knowledge* (Berger and Luckmann, 1967) gli autori Berger e Luckmann trattano del processo attraverso il quale qualsiasi corpo di conoscenze viene accettato e riconosciuto come "realtà".

Essi argomentano che la "realtà" non è un fenomeno oggettivo, fisso, senza valori, condiviso da tutti; è piuttosto un prodotto di sistemi sociali attraverso i quali la conoscenza degli uomini viene sviluppata, trasmessa e mantenuta. Si può dire che sia un fatto di convinzioni. Pensiamo, per esempio, al potere che ha avuto la concezione aristotelica del mondo comparata con quella copernicana.

Ugualmente, non esistono basi oggettive e condivise per la progettazione e valutazione di organismi architettonici, così come per qualsiasi altro prodotto.

Il concetto di "bene", qualsiasi definizione se ne dia, può essere condiviso solo all'interno di una realtà sociale nell'ambito della quale questo termine viene usato.

Questa realtà (o "modo di vedere il mondo", o più semplicemente "vista") è differente per ciascuno dei partecipanti al processo di progettazione, costruzione, uso e gestione di un edificio. Si sviluppa attraverso la formazione e la pratica professionale, processo di socializzazione che conduce ad uno specifico modo di pensare ed agire: di fatto i professionisti sono addestrati a vedere ed interpretare il mondo in uno specifico modo. La formazione professionale insegna un modo "giusto" di vedere il mondo e instilla una fede che, come una religione, alla lunga non accetta di essere più messa in discussione.

Gli architetti, gli ingegneri, i costruttori, i gestori di servizi, i proprietari e gli utenti finali di organismi edilizi hanno tutti differenti modi di vedere la loro realtà: in

generale, ad esempio, gli architetti tendono a concentrare il proprio interesse sulla qualità formale dell'artefatto piuttosto che sulla sua fattibilità; gli ingegneri sulla funzionalità e la tecnica, i costruttori sulle lavorazioni e il processo costruttivo mentre i gestori di servizi nel processo manutentivo; i proprietari e gli utenti sono solitamente interessati soprattutto al processo d'uso dell'edificio per quanto soddisfi alle proprie esigenze e corrisponda alle proprie aspettative.

Per collaborare gli attori del processo progettuale devono sviluppare una comprensione condivisa delle qualità del prodotto e dei molti obiettivi che si propongono di conseguire. Un modo di instillare loro questa comprensione condivisa è attraverso una formazione alla collaborazione, nella quale studenti di una disciplina lavorano insieme con studenti di altre discipline ad essa correlate in modo da maturare esperienze sulle "viste" che guidano la concezione e il lavoro degli altri. Tentativi di sviluppare una formazione collaborativa nella progettazione sono presenti in numerose università con appositi corsi.

Eppure, dato che tutti i partecipanti nel processo edilizio sono stati formati secondo un proprio modo di vedere, comprendere e valutare il loro mondo, è inevitabile che vi siano conflitti, anche profondi, tra le loro "realità" costruite socialmente.

Il primo passo per risolvere questi conflitti e facilitare azioni collaborative nella progettazione, costruzione e uso dell'edilizia consiste semplicemente nel riconoscere che esistono differenti "viste". Ciononostante, è sorprendente vedere quanto spesso questo riconoscimento sia duro da accettare!

Il secondo passo consiste nell'acquisire una tolleranza, o meglio, una accettazione nei confronti di "viste" diverse dalla propria. Questo è ben più facile a dirsi che a farsi: richiede una iniziale sospensione di giudizio quando si consideri il punto oggetto di discussione, sia questo il prodotto architettonico, i suoi aspetti e comportamenti, il suo uso, etc.

La sospensione di giudizio è sempre difficile per chiunque; lo è ancor di più per i progettisti nell'ambito delle proprie discipline e competenze specialistiche, dal momento che sono esplicitamente formati per valutare, giudicare e immediatamente ricercare azioni che scaturiscono dalle loro osservazioni, accantonando le informazioni che non appaiono significative per le azioni considerate.

I progettisti sono di norma abituati a ricercare la congruenza tra ciò che osservano e i costrutti teorici delle loro rispettive specialità professionali, che hanno appreso ad accettare come verità. Di fatto nella loro professione né gli architetti, né gli ingegneri, né i costruttori sono pagati per sospendere il proprio giudizio o per accettare che altre "viste" possano alterare le proprie.

La collaborazione tra diverse professionalità implica l'incontro tra realtà diversamente costruite. Secondo Thomas Kuhn (1962) questa condizione corrisponde al conflitto tra differenti paradigmi. Questi possono essere risolti in almeno

tre modi differenti: persuadere uno dei soggetti in conflitto ad adottare le posizioni dell'altro; giungere ad un compromesso tra le convinzioni riposte nei paradigmi cui fanno riferimento i soggetti in conflitto; pervenire ad un "super-paradigma", processo questo che richiede un salto fideistico da parte dei soggetti coinvolti nel conflitto.

Accettare tanto la prima quanto la seconda delle strategie di risoluzione dei conflitti implica il rischio di ridurre l'impegno di una o di entrambe le parti, in quanto riduce in queste il senso della partecipazione al raggiungimento del risultato progettuale.

La vera collaborazione richiede quindi una più ampia comprensione della "vista" dell'altra "parte" e la volontà di ricercare un "super-paradigma".

La vera collaborazione richiede libere scelte, ma anche la comprensione dei trabocchetti insiti nella collaborazione stessa.

Il primo requisito riguarda l'impegno personale e la "proprietà" dei risultati; se una delle parti in gioco viene forzata alla collaborazione il risultato sarà quasi sicuramente inaccettabile.

Il secondo requisito riguarda i rapporti che sembrano collaborativi, ma non lo sono; per esempio assumere il ruolo di "esperto" o di "aiutante" può facilmente distruggere il modello collaborativo (Moynihan, 1969).

Per raggiungere la piena collaborazione i partecipanti al processo progettuale devono essere capaci di instaurare tra loro condizioni che potenzino l'impegno di ciascuno, ma che possono anche comportare la loro vulnerabilità. Essi devono essere preparati a sfidare le proprie convinzioni professionali e personali, nel bene e nel male; fatto, questo, che è antitetico ai portati della formazione professionale dal momento che ciò aumenta la propria vulnerabilità e il rischio di fallimento.

Collaborazione è quindi molto più che condividere dati, idee e viste di un progetto comune. È uno *stato della mente*: è volontà di ascoltare almeno quanto è volontà di comunicare. È inoltre volontà di aprirsi alla possibilità di scoprire e di unirsi ad altri nella formazione di nuovi paradigmi, così come di accettare il rischio di fallimento (Shibley and Schneekloth, 1988).

Il *primo passo* per facilitare la collaborazione consiste, come già detto, nel *riconoscere che esistono differenti "viste"* o modi di vedere le cose. Questo significa che le rappresentazioni progettuali usate da ciascuna professionalità devono poter includere anche le informazioni usate dalle altre professionalità. Di qui la necessità di una rappresentazione più completa e, soprattutto, semanticamente più ricca.

Il *secondo passo* consiste nel cercare di *comprendere le differenti "viste"*. Tradotto in pratica, significa acquisire la capacità di predire e valutare da molti punti di vista le conseguenze delle decisioni progettuali e la capacità di fare in modo che queste siano comunicate tra i vari attori del processo progettuale. Poiché ogni professionista fa affidamento su alcuni assunti per formulare la predizione e la valutazio-

ne del comportamento di qualsiasi prodotto, bisogna che anche questi assunti siano condivisi.

Il *terzo passo* consiste nello sviluppo, tra i vari attori del processo progettuale, di *reciproca tolleranza* in modo da accettare valutazioni diverse e tra loro competitive. Ciò significa che gli attori devono essere capaci di pervenire a compromessi e di valutare le prestazioni del prodotto nel suo insieme piuttosto che per i soli aspetti di interesse individuale.

Si è visto che una delle difficoltà concettuali della collaborazione sta nella *qualità dell'informazione scambiata*. Nel mondo globalizzato, dove i molti progettisti che devono collaborare sono delocalizzati e non comunicano direttamente, il progetto viene di fatto sviluppato attraverso complessi sistemi informativi ICT e sistemi software.

Al momento, tuttavia, i software disponibili trattano dati solo ad un basso livello semantico, cosicché gli attori hanno a che fare con informazioni semplici, che non possono in alcun modo essere associate ad una *conoscenza esplicita* né essere comprese nella loro integrità.

Questo non è solo un problema tecnico, ma è in realtà ciò che sostanzialmente ostacola la possibilità di definire un qualsiasi sistema di supporto informatico alla progettazione collaborativa (*Computer Supported Collaborative Work - CSCW*).

Per ottenere questo obiettivo gli attori devono invece interagire ad un elevato livello semantico, che richiede lo scambio di una *conoscenza esplicita* opportunamente *formalizzata*.

La conoscenza deve essere *esplicita* affinché gli attori possano comprendersi l'un l'altro direttamente attraverso la lettura e l'interpretazione del progetto mentre viene proposto e definito; deve essere *formalizzata*, in modo da poter essere espressa attraverso le tecniche e gli strumenti ICT.

In tal modo la conoscenza e l'esperienza dei singoli attori può essere "messa a sistema" in una progettazione il cui risultato finale risulterà diverso e maggiormente completo che non la semplice somma delle diverse competenze.

Tuttavia, perché questo accada, gli attori, tutti, dovranno aver acquisito un atteggiamento mentale collaborativo nel senso sopra indicato, altrimenti a nulla varranno le migliori metodologie di progettazione e software innovativi.

In sintesi i termini essenziali del problema della collaborazione consistono nel fatto che non debba esistere la primazia di un interesse su di un altro, di una disciplina su di un'altra: la sola via risolutiva sta nella visione di insieme simultanea, alla piccola così come alla grande scala, in modo da individuare le interconnessioni e farle emergere chiaramente.

In questo modo ogni contrasto viene situato in un contesto più ampio di quello finalizzato alla risoluzione di uno specifico problema: la *Collaborazione* emerge così come parola chiave e risolutiva: *il paradigma dei paradigmi* del nostro tempo.

Si pone comunque il quesito di chi debba o possa prendere le decisioni finali nel caso di conflitti tra le soluzioni proposte così come nel caso di pluralità delle possibili scelte alternative. Le opzioni a riguardo sono differenti e ammettono soluzioni diverse.

Nel primo caso l'apporto di un qualsiasi attore, anche "marginale" nella definizione della soluzione progettuale, che individui delle incongruenze da parte di quanto proposto dagli altri, deve essere recepito come segnale di "warning" (avviso) di conflitto, da accettare e verificare in ogni caso. Se a seguito degli aggiustamenti apportati la soluzione su cui il gruppo degli attori sta lavorando viene alterata al punto da non essere più considerata accettabile da uno o più attori, il processo collaborativo deve continuare, almeno ripartendo dalla soluzione precedente al warning.

Nel caso invece che vengano proposte soluzioni alternative allo stesso problema da attori diversi, queste siano tutte tecnicamente "corrette" ed entrambi insistano nel preferire la propria, si pone il problema di approfondire le motivazioni che rendono preferibile ad un attore la propria soluzione.

Nel caso non si trovi l'accordo emerge il problema della *gerarchia decisionale*, che apparentemente risulta conflittuale con il concetto stesso di collaborazione.

In realtà si tratta di riconoscere da parte del gruppo di progettazione alcune priorità tra le specificità del progetto, che nei fatti attribuiscono una sorta di autorità ad un attore nei confronti degli altri nel definire gli indirizzi fondamentali e la "qualità" degli obiettivi da perseguire in rapporto al livello e alla fase di progettazione.

L'accordo preventivo su queste scelte riduce i margini di conflitto concettuale all'interno del gruppo e rafforza la sinergia collaborativa.

1.7 Il ruolo della conoscenza nella collaborazione progettuale

Per poter sviluppare nuovi strumenti che consentano di aiutare con efficienza ed efficacia la collaborazione tra gli attori del processo di progettazione, è necessario riflettere su *che cosa* sia richiesto affinché possa essere consentito ad ogni attore di proporre agli altri attori le proprie potenziali soluzioni del problema in modo tale che questi le comprendano e rispondano di conseguenza, proponendo a loro volta le proprie, cosicché egli possa modificarle secondo le proposte e/o i suggerimenti ricevuti.

Partiamo dal constatare che tutto quanto un progettista elabora è il prodotto della propria *Conoscenza*, acquisita nel corso della propria formazione generale e tecnica, implementata attraverso l'esperienza professionale ed esplicitata attraverso gli strumenti impiegati nel progetto, in genere tradizionalmente costituiti da manuali e oggi, in particolare, da programmi software.

La *Conoscenza* consente di organizzare l'*Informazione* (costituita da *dati*) in modo *strutturato e finalizzato* e rappresenta la '*materia prima*' che ogni attore ha a disposizione ed usa per la costruzione dei *concetti* e dei *ragionamenti* che informano il progetto.

Ciascun attore possiede la conoscenza del proprio campo disciplinare e di esperienze dirette (raramente di terzi) relative alla risoluzione di problemi analoghi; possiede convinzioni sul tema, interpretazioni del problema e si formula degli obiettivi da raggiungere per quanto attiene al proprio settore specialistico.

La *Conoscenza*, intesa come l'*insieme strutturato di tutte le informazioni* che servono per la definizione del progetto, è pertanto *distribuita tra tutti gli attori del processo*.

Affinché gli attori possano dar luogo ad un'*unica soluzione*, coerente al proprio interno e compatibile con gli obiettivi del progetto, sia generali che specifici delle singole competenze specialistiche, è necessario che i *singoli contributi vengano integrati*.

Un esame dettagliato e approfondito di quanto avviene nel processo progettuale mostra che quando gli attori condividono una parte anche limitata della loro conoscenza sono maggiormente in grado di interagire e comprenderci reciprocamente.

Per incrementare la collaborazione, e quindi l'efficienza del processo progettuale, ogni attore dovrebbe condividere con gli altri la massima parte della conoscenza in comune utilizzata nel progetto, in modo tale che ciascuno possa più facilmente scambiare informazioni di reciproco interesse e comprenderle al meglio. È necessario comunque che tra tutti gli attori vi sia almeno una porzione, per quanto elementare, di conoscenza comune.

Possiamo quindi dire che ciascun attore possiede comunque una propria conoscenza specialistica dalla quale deriva gli *elementi*, i *concetti* e i *ragionamenti* per elaborare la propria soluzione parziale del progetto considerato.

Per poter collaborare egli al contempo deve anche condividere con gli altri una porzione più o meno estesa di conoscenza comune che gli consente di comprendere (almeno in parte) le soluzioni degli altri attori.

Pertanto la *conoscenza complessiva* impiegata nell'elaborazione del progetto nasce dall'*unione delle porzioni di conoscenza che ciascun attore utilizza per esso*.

Un fondamentale prerequisito perché la collaborazione tra gli attori specialisti possa aver luogo è rappresentato dalla *comprensione della conoscenza*, ed in particolare di quella parte di conoscenza che viene chiamata *Conoscenza tecnica*.

Perché questo sia possibile occorrono diversi fattori:

- una corretta, efficiente e non ambigua elaborazione, trasmissione e acquisizione delle informazioni;
- la presenza di tante 'Conoscenze Specialistiche' quante ne richiede la complessità del problema progettuale;
- la presenza di una 'Conoscenza Comune', che deve essere concordata ed accettata dagli attori che interagiscono, affinché essi possano pienamente e correttamente interpretare e comprendere il significato della comunicazione;
- la presenza di porzioni di conoscenza, che chiameremo 'Conoscenza Condivisa', consistente in quelle parti della conoscenza specialistica di un attore che questi condivide con altri;
- una 'connessione' semanticamente e tecnicamente corretta tra la 'conoscenza condivisa' e le 'conoscenze specialistiche' possedute dagli attori tra i quali essa viene messa in comune.

Tutto ciò mostra come le *basi fondamentali della Collaborazione* siano costituite dalla *Conoscenza* e dal *modo* in cui essa viene comunicata tra gli attori, indipendentemente dai mezzi e dagli strumenti adottati nel processo progettuale.

Va a riguardo notato che la *Conoscenza* nel processo di progettazione riveste un duplice ruolo caratterizzato dalla *biunivocità*: sia conoscenza necessaria per progettare l'oggetto, sia progetto, inteso come struttura dei dati dell'oggetto, legato alla conoscenza usata per elaborarlo.

Si è detto che per consentire una adeguata collaborazione si presenta la necessità di *rappresentare* la conoscenza in modo *esplicito* e *formalizzato*.

Infatti nel contesto attuale, interamente pervaso dalla ICT, la rappresentazione della conoscenza posseduta dagli attori non può più essere implicita, 'nella testa' del singolo operatore, ma deve essere formale e codificata affinché sia interamente e non ambigualmente 'computabile'.

Come sarà ampiamente illustrato nella Parte III di questo volume il termine '*Rappresentazione formale*' include sia la struttura formale delle entità considerate nel pro-

getto (con la loro semantica, proprietà e relazioni) sia i modelli formali (generalmente di tipo matematico) che consentono di effettuare simulazioni, verifiche e ragionamenti su di esse.

Se essenziale è saper rappresentare la conoscenza, altrettanto fondamentale risulta la capacità di *gestirne l'elaborazione e il trasferimento*.

Anche qui dobbiamo far riferimento alle modalità con le quali si attua oggi il processo di progettazione, nel quale gli scambi di *dati* tra attori delocalizzati avvengono ormai quasi solo via internet.

Per questo motivo si deve cercare come trasferire con lo stesso mezzo anche la conoscenza (ovvero i *concetti* che presiedono all'elaborazione dei dati).

La conoscenza non può mai essere separata dagli strumenti e dai mezzi (*media*) che permettono di acquisirla e di trasmetterla ed è da questi direttamente influenzata.

In quanto costituita da informazioni tra loro collegate e strutturate, acquisite attraverso studi, letture, esperienze dirette sensibili, si forma attraverso una serie di 'messaggi' stratificati, convogliati e/o elaborati e trasmessi attraverso molteplici mezzi.

In *Understanding Media* Marshall Mac Luhan (1967) formula una teoria innovativa nel campo dell'ecologia dei media, affermando che è importante studiare i media non tanto in base ai contenuti che veicolano, ma in base ai criteri strutturali con cui organizzano la comunicazione. La famosa espressione "*il medium è il messaggio*" sta a significare che ogni medium va studiato in rapporto ai criteri strutturali in base ai quali organizza la comunicazione; è proprio la particolare struttura comunicativa di ogni medium che lo rende non neutrale, perché essa suscita negli utenti-spettatori determinati comportamenti e modi di pensare e porta alla formazione di una certa forma mentis.

Diventa, così, essenziale nello studio della conoscenza nel processo progettuale definire gli strumenti per la acquisizione e la trasmissione della conoscenza sia a livello del singolo attore che nello scambio di conoscenze tra i diversi attori che interagiscono nel corso del processo.

Il ricorso alle tecnologie ICT come strumento di gestione della conoscenza progettuale richiede una sua rigorosa quanto condivisa formalizzazione, della quale è necessario conoscere le implicazioni sui contenuti stessi della conoscenza.

Nella Parte III verranno illustrate apposite metodologie e tecniche concepite per questa finalità.

In questo momento possiamo anticipare che è possibile concepire uno "*spazio virtuale privato*" nel quale ciascun attore elabora la propria proposta di soluzione e uno "*spazio virtuale pubblico*" nel quale le varie proposte, a turno, vengono "sovrapposte" e integrate con strumentazioni ICT.

1.8 BIM - Collaborazione - Conoscenza

La diffusione dell'informatizzazione della progettazione, i sempre nuovi programmi specialistici di gestione delle informazioni, le connessioni internet, l'uso del web, non risolvono il problema della collaborazione, anzi spesso lo aggravano, come meglio sarà spiegato nella Parte III.

Neppure le recenti innovazioni ITC, ed in particolare il BIM (*Building Information Modeling*), dichiaratamente rivolte a questo fine, lo risolvono: esse sono fondamentalmente modelli integrati di software applicativi per la rappresentazione finale coerente di una soluzione progettuale; vanno bene (o possono in qualche modo andar bene) per la gestione del processo realizzativo e operativo del prodotto, ma non sono adeguati per consentire la collaborazione progettuale.

L'espressione *Building Information Modeling* è citata per la prima volta nel 1992 in un contributo apparso in *Automation in Construction*. Una delle definizioni più diffuse lo ritiene "un modello generato al computer contenente tutte le informazioni grafiche e alfanumeriche relative al progetto, alla costruzione e gestione immobiliare del bene edilizio". Tale estensione dell'informazione è lungi dall'essere ottenuta, ma attualmente il BIM viene effettivamente impiegato per cercare di integrare sia le caratteristiche fisiche che quelle funzionali. L'obiettivo, ancora da raggiungere, è quello di creare attraverso l'uso del BIM una conoscenza condivisa che consenta di assumere decisioni consapevoli dalla concezione per tutta la vita utile del bene edilizio fino alla demolizione.

Chuck Eastman, il precursore della metodologia, ha scritto che uno dei tratti salienti del BIM sta nella capacità del modello di essere "letto" dal computer (*machine readability*) oltre che nella sua capacità di rappresentazione parametrica.

Il BIM, nascendo da una tecnologia, si è evoluto in una strategia industriale con l'ambizione di cambiare, di trasformare, il Settore delle Costruzioni.

Uno studio promosso dal Governo Federale della Germania, afferma che "l'obiettivo strategico del BIM è lo sviluppo e l'utilizzazione di un modello integrato di dati di un edificio per la rappresentazione digitale dell'informazione relativa alla sua descrizione per tutto il ciclo della sua vita utile. Attraverso un approccio sistemico e integrato tutti gli aspetti significativi relativi all'oggetto devono essere rappresentati e forniti agli attori del processo collaborativo" (Ciribini op. cit.).

Il BIM, inteso come metodo, è perciò un argomento fortemente pervasivo, ma al tempo stesso sfuggente, in quanto si dibatte nell'ambiguità non ancora risolta tra l'aspirazione al controllo globale del processo e la ricerca della capacità tecnica (e culturale) di rappresentare il 'prodotto' in tutte le sue componenti concettuali oltre che tecniche.

Che un modello di un edificio espresso attraverso il BIM non si realizzi attraverso la collaborazione progettuale, ma sia fondamentalmente uno strumento per la gestione del processo edilizio, dalla costruzione alla manutenzione e all'uso, viene con-

fermato dalla stessa normativa dei British Standard (la Gran Bretagna è il Paese che spinge di più in Europa per l'impiego del BIM nella gestione del settore delle costruzioni): la norma BS PAS 1192:2 recita: “*Si richiede ai gruppi di operatori di produrre informazioni usando processi standardizzati insieme a standard e metodi convenuti in modo da assicurare la stessa forma e qualità, consentendo di usare e riusare la medesima informazione senza cambiamenti o interpretazioni. Se un individuo, un gruppo o un ufficio modifica il processo senza accordi, ostacolerà la collaborazione. Un soggetto che insista sul ‘mio’ standard non è accettabile in un ambiente collaborativo*”.

Si vede che nel testo britannico i termini *collaborazione e ambiente collaborativo* hanno un significato ben diverso da quello che abbiamo diffusamente esaminato nelle pagine precedenti.

Nel contesto BIM la collaborazione è finalizzata a soddisfare l'esigenza di assicurare una unitarietà decisionale che faccia sì che, nell'ottica prevalente di conseguire particolari risultati contrattuali e finanziari in un tempo dilatato, i soggetti coinvolti debbano preoccuparsi sin dall'inizio delle implicazioni che le loro o altrui scelte progettuali presenteranno in seguito.

La collaborazione tra i soggetti è quindi principalmente rivolta alla gestione del rischio all'interno di una Commessa, in quanto il BIM permette di esercitare una stretta forma di controllo su tutte le fasi e, al contempo, nell'ottica della Costruzione Snella (*Lean*) fa sì che si intervenga sulle diseconomie, così abbondanti nel settore delle costruzioni.

Il contrario avviene nel processo di progettazione che consiste, attraverso la collaborazione, nella *ricerca di compromessi* tra molteplici soluzioni proposte da specialisti, che non sono coerenti tra loro: pertanto *il modello progettuale potrà essere coerente solo alla conclusione del processo* (e spesso nemmeno allora!).

Il BIM, in quanto modello integrato e coerente, costituisce quindi la *rappresentazione completa, compiuta ed integrale del progetto*, che consente molteplici e sempre più nuove applicazioni di gestione di processo.

Il *processo collaborativo* rappresenta il *modo per conseguirla* mediante adeguate metodologie e tecnologie: metodologie di rappresentazione e gestione della conoscenza e tecnologie informatiche basate su ICT.

Altrettanto fondamentale differenza si riscontra nel *ruolo della conoscenza* riferita al BIM rispetto a quella necessaria nel processo di progettazione.

Nel primo caso si tratta della *conoscenza del prodotto progettato*, necessaria per le operazioni che su questo devono compiersi; nel secondo, si tratta della *conoscenza per progettare*.

Va ancora rilevato che allo stato attuale la conoscenza espressa nel modello, BIM è di *basso livello semantico*, in quanto ai dati sono riferite essenzialmente delle “etiche” anziché i concetti e le modalità con cui questi sono stati definiti, che restano interamente “nella testa” dei progettisti: fatto questo che ancor più riduce la capacità collaborativa.

1.9 Teoria, tecniche e applicazioni della collaborazione progettuale

Nelle pagine precedenti sono stati esaminati i motivi per i quali è necessaria la collaborazione nella progettazione architettonica, ne sono stati esaminati gli aspetti salienti e le difficoltà che si incontrano nella sua attuazione.

Sono state evidenziate le differenze tra le modalità con cui si attua la progettazione nel processo edilizio tradizionale e nell'epoca della globalizzazione pervasa dalle tecnologie ICT, mostrando come oggi sia ben più complesso e difficile instaurare un rapporto di vera collaborazione tra gli attori.

Si è visto infine che la collaborazione progettuale richiede la condivisione di conoscenza tra gli attori del processo, e che quest'ultima deve essere esplicita e formalizzata affinché possa essere comunicata tramite gli strumenti ICT e essere compresa "nel progetto" senza l'intervento di spiegazioni dirette tra gli attori.

Perché questo sia possibile è necessario definire il *modo* con cui *rappresentare* la conoscenza e *comunicarla* tra gli attori del progetto.

Nel seguito del presente volume, nelle Parti II e III viene esposta la formulazione di una *teoria della rappresentazione e della gestione della conoscenza progettuale* e la descrizione delle *tecniche* per attuarla.

La teoria individua un *modello concettuale* di *rappresentazione della conoscenza* usata nel processo di progettazione architettonica, che ha valore generale, indipendentemente dalla destinazione d'uso dell'edificio, dalla scala di intervento e dalla fase di progetto in cui si lavora.

Il *modello* consente di *rappresentare* le *conoscenze specialistiche* e la *conoscenza comune*, individuando gli elementi di reciproca connessione: tramite questi il *modello* consente di *gestire* la conoscenza '*filtrandone*' quelle porzioni che possono e debbono essere trasferite da un attore agli altri affinché questi possano correttamente interpretare e comprendere la proposta progettuale nei suoi aspetti concettuali e nelle sue proprietà tecniche.

Le principali caratteristiche innovative del *modello* consistono nel fatto che rappresenta: i vari *dominî* della conoscenza impiegata nel processo progettuale (processo, contesto, utenti, prodotto); le varie *caratteristiche* della conoscenza (specialistica/generale, project independent/project dependent); i vari *livelli* della conoscenza (dati, concetti, ragionamenti, inferenze).

Inoltre definisce: gli *spazi di lavoro virtuali* per lo sviluppo della collaborazione progettuale e le *modalità di trasferimento* della conoscenza da un attore agli altri mediante opportuni *filtri*.

Nella Parte IV si mostrerà come il *modello concettuale* (teorico) possa essere rea-

lizzato mediante tecniche informatiche, parte delle quali oggi disponibili come prodotti software correnti.

Si vedrà infine come l'impiego di queste tecniche consenta di realizzare un 'ambiente' informatico e virtuale di progettazione nel quale gli attori abbiano la possibilità di attivare una efficace ed efficiente collaborazione.

Questo ambiente è tecnicamente costituito da quella che in linguaggio informatico viene chiamata una *piattaforma*, cioè un insieme di programmi software, opportunamente strutturati ed interconnessi, che governano i programmi abitualmente usati dai progettisti per elaborare le proprie soluzioni progettuali.

In tal modo i progettisti avranno la possibilità di dialogare "sul progetto" in forma collaborativa mantenendo abitudini e modalità da loro generalmente impiegate nel proprio lavoro.

Per la sua natura, basata sulla *modellazione della conoscenza*, l'ambiente viene chiamato *BKM* ovvero *Building Knowledge Management*; con questo acronimo si vuole anche sottolineare la stretta relazione che il BKM ha con il BIM, che rappresenta il modello di dati finale prodotto dall'elaborazione collaborativa del BKM.

La piattaforma consente ad ogni attore specialista di elaborare la propria soluzione progettuale, di comporre tutte le soluzioni specialistiche in un insieme integrato, di evidenziarne le discrasie ed incongruenze nel corso stesso dell'elaborazione, di ridurre gli errori del progetto, di ridurre i tempi tecnici di elaborazione, di ridurre i costi di progettazione, di costruzione e di gestione.

La realizzabilità tecnica dell'ambiente BKM viene dimostrata nella Parte V con una sua *implementazione prototipale* effettuata per un ambito ridotto a soli quattro attori per la sola fase del progetto preliminare, limitando la conoscenza al solo prodotto, che nella fattispecie è l'ampliamento di un piccolo ospedale.

Attraverso l'applicazione di queste metodologie e l'implementazione delle tecniche proposte sono possibili ampie e positive ricadute: maggiore qualità finale del progetto/prodotto edilizio, sviluppo della didattica della collaborazione progettuale anche come strumento di *e-learning*, facilitazione alla mobilità dei professionisti, promozione dello sviluppo industriale di prodotti e componenti.

A questi indubbi vantaggi corrispondono i limiti e le difficoltà insiti nella collaborazione: la necessità di una disponibilità culturale alla collaborazione, la necessità di adeguata capacità professionale degli attori nel proprio settore specialistico, il talento progettuale.

Resta sempre e comunque valido il detto "*garbage in, garbage out*": la tecnica può aiutare a ridurre i margini di errore, ma in assenza di capacità e di talento nessuno strumento potrà mai consentire a mediocri progettisti di produrre un buon progetto.

NOTE

¹ Per Base di Conoscenza, Knowledge Base, nella accezione comune, si intende una rappresentazione formale strutturata di concetti esplicitamente definiti e secondo sintassi esplicite.

In particolare una Base di Conoscenza mira alla realizzazione di una struttura coerente di legami tra significanti e significati associando a simboli (grafici, linguistici, numerici) definizioni più o meno estese e interconnesse fra loro per la corretta comprensione dei diversi concetti.

Un aspetto fondamentale di una Base di Conoscenza risiede nella definizione del particolare linguaggio formale scelto per la sua esplicitazione: questo dovrà consentire di formulare asserzioni, proposizioni e vincoli secondo regole rigide legate alla logica proposizionale. Il rispetto delle regole formali consentirà per tanto di interrogare la Base di Conoscenza e operare su di essa per estrapolare nuovi concetti derivanti da inferenze e, potenzialmente, accrescerne i contenuti e la complessità.

Nel contesto attuale, molteplici formalizzazioni impiegano strumenti che fanno uso di Basi di Conoscenza in diversi ambiti (medico, civile, militare). La rappresentazione formale e secondo strutture fondamentalmente ad albero di concetti complessi, favorisce la definizione di domini estesi e ne consente un maggior controllo tanto in termini computazionali quanto di effettiva comprensione delle dinamiche sottese.

Ciascuna formalizzazione è pertanto legata strettamente al dominio rappresentato tanto in termini di contenuti, quanto in termini di modalità, linguaggio e struttura scelta per la formalizzazione stessa: semplificazioni, livelli di approfondimento e legami tra i concetti vengono definiti in fase iniziale.

Ciò in quanto ciascuna Base di Conoscenza (o formalizzazione in genere) ha uno scopo preciso e ben definito e pertanto non si deve pensare che la stessa possa in alcun modo rappresentare compiutamente e completamente il Reale cui si riferisce bensì dovrà riflettere gli aspetti essenziali della porzione di Reale funzionali al raggiungimento dello scopo prefissato. [GL]

Diffusione vietata salvo esclusivo uso concorsuale

Parte seconda

LA CONOSCENZA NELLA
PROGETTAZIONE EDILIZIA

Diffusione vietata salvo esclusivo uso concorsuale

2.1 Conoscenza e Progettazione

Un esame profondo e dettagliato del processo di progettazione mostra che per sviluppare un progetto sono necessarie molte competenze. Queste ai nostri giorni sono possedute dagli attori e distribuite fra loro in maniera eterogenea, diversificata e discontinua nel tempo; inoltre, come si è detto in precedenza, quanto più gli attori condividono anche una parte limitata di conoscenza tanto più sono in grado di interagire e comprendersi meglio. Infatti, la consapevolezza della conoscenza tecnica delle scelte effettuate o da intraprendersi rende possibile comprendere le ragioni del progetto che, sole, assicurano sulla bontà degli esiti del processo progettuale, le quali trascendono i fini particolari - spesso divergenti e parziali - dei singoli operatori.

Così, per aumentare l'efficienza del processo di progettazione e soprattutto la qualità finale del progetto, è bene ogni attore condivida con gli altri una più gran parte della propria conoscenza tecnica riversata nel progetto che è di interesse comune, in modo che tutti possano più facilmente scambiare e comprendere quella parte di informazione strutturata che diventa conoscenza comune tra gli attori.

La comprensione tra due operatori del settore non può avvenire a livello di dati che non hanno in sé alcun significato se non quello del dato medesimo; occorre che essi vengono legati a *concetti* che ne associno nuovi significati ad un contesto più alto: quello della conoscenza.

Per chiarire meglio quale *conoscenza tecnica* e in quale contesto la prendiamo in esame, devono essere introdotti due concetti: la *distinzione* tra conoscenza e informazione e la *stratificazione* dei livelli di intelligenza o "livello di astrazione".

Conoscenza e informazione

Gran parte degli argomenti a seguire hanno come elemento cardine la *conoscenza*. È necessario quindi mettere a fuoco il concetto di conoscenza per non ingenerare confusione prima di entrare nello specifico delle *conoscenze tecniche* nel processo progettuale dell'attività edilizia, chiarire cosa intendiamo per conoscenza e distinguere l'*informazione* dalla *conoscenza*.

La prima è raccordata al concetto di "avere notizia" e come tale non viene a costituire un corpus strutturato che possa portare ad azioni o capacità di interpretazione al di là del suo dato medesimo.

La seconda comporta anche l'aspetto dell'apprendimento, perché deve integrarsi con altra conoscenza, e rende consapevole e operante il soggetto nelle sue azioni e interpretazioni. La prima, nel processo progettuale, non comporta necessariamente un'azione o una *scelta* – cuore di ogni processo progettuale – ma sospende l'azione per essere introiettata, assorbita e sistematizzata nella conoscenza precedente, dopodiché le scelte potranno essere effettuate attraverso un corpus cognitivo più vasto.

La conoscenza può essere definita come "un insieme di fatti, principi, teorie e pra-

tiche, relative ad un settore di lavoro o di studio” (S. Tagliagambe, 2011). Quindi la *conoscenza* comporta “di necessità” il suo radicarsi e dispiegarsi in un campo limitato di sapere che viene definito *dominio di applicazione* - o semplicemente *dominio* - in cui essa ha validità; è diversa dalla *sapienza* che presume un orizzonte più vasto che verrà trattata quando parleremo di livelli di astrazione.

La conoscenza che prendiamo in considerazione comporta l'*agire*: opera su scelte progettuali o sulla conoscenza medesima. Pertanto essa è legata alla *competenza* che è appunto sintesi di conoscenza e capacità decisionali che a loro volta sono legate alla volontà del singolo o di una comunità.

Possiamo avere una conoscenza “astratta” o “ab-soluta”, nel senso di non contingente ad un particolare contesto spazio-tempo-culturale, oppure “oggettiva” (Popper, 1975). Nel nostro intento e per nei i capitoli seguenti per facilità espositiva essa sarà intesa come una fusione di *conoscenza* in senso stretto, di *ragionamenti* e di *finalità* progettuali.

Così intesa e strutturata potrà meglio venir incontro alle attese degli attori - in special modo progettisti - del processo progettuale e ne sono meglio chiarite le ambizioni e le potenzialità.

Un altro aspetto che caratterizza la nostra definizione della conoscenza è la sua *forma esplicita*. Esplicita nel senso di rendere evidente ed espresso in modo chiaro e intellegibile il suo contenuto. Ciò che può sembrare irrilevante è invece una delle esigenze più sentite nelle più o meno grandi, ma comunque ora più complesse e interrelate, organizzazioni della società.

Attualmente la maggior parte della conoscenza di fatti, nozioni ed esperienze sono normalmente catalogate e memorizzate in modo tale da essere comprensibili solo agli autori o ai piccoli gruppi che le hanno prodotte. I documenti non sono esaurienti “di per sé”: per essere compresi necessitano di spiegazioni che spesso sono possedute solo dagli estensori del documento. Pochissimi documenti sono accompagnati da note, contesti operativi, “condizioni al contorno” nelle quali sono stati redatti e che soli li rendono comprensibili.

Questo fatto, già problematico quando si abbiano trasferimenti di documenti o di specialisti, diventa maggiormente critico quando si tratta di procedure e prassi che coinvolgono il funzionamento della struttura aziendale. Quindi la conoscenza dovrà avere sempre più una espressione esplicita e sarà applicata ai contenuti riguardanti sia la conoscenza aggregata al dato, sia la struttura del processo, progettuale o costruttivo che sia.

Che cosa è la conoscenza

La conoscenza, in generale, è un sapere accumulato da una molteplicità di individui su un determinato oggetto o di un determinato campo di interesse. Nel caso specifico dell'architettura, vista nel suo complesso, è un sapere non soltanto tecnico o sociale, ma che investe l'intera collettività; anche persone apparentemente molto distanti o che vivono determinati manufatti per un brevissimo periodo, sono coinvolte in modo profondo e intimo.

Vivere i luoghi, anche quando questi sono frutto di architetture spontanee, comporta che l'esperienza degli stessi, genera una conoscenza che si accumula tra le persone e induce, in una stessa persona, a "impilarla" con livelli di approfondimento diversi. Questi approfondimenti non sono una semplice sovrapposizione - per così dire "verticale" - quasi un cambio di scala come avviene in architettura - passando dal generale al particolare e viceversa, ma sono spesso "ortogonali" alla conoscenza precedente.

Lo "impilamento" della conoscenza non comporta automaticamente la sua codifica *esplicita e universale*, ma senza dubbio per poter accrescersi nel tempo, per poter essere richiamata e modificata, occorre almeno sia strutturata in modo informale, anche se fosse quella di uno solo soggetto. Infatti quando un individuo memorizza un concetto dà comunque ad esso una sequenza temporale rispetto ai concetti che lo hanno preceduto e all'interno del concetto sono presenti più elementi concettuali anch'essi memorizzati temporalmente. Si può dire pertanto che, anche portando al limite la non-formale memorizzazione dei concetti, la apparente casualità degli elementi che costituiscono un periodo, una stringa logica, un algoritmo, un pensiero, comunque la sequenza temporale e spaziale, struttura il concetto e la conoscenza. Le chiavi interpretative per poterla interrogare e scandagliare (ad esempio mediante un "meccanismo" di ricerca) in questo caso sono tutte "esterne" alla semplicissima *strutturazione* temporale. Ciò avviene in tutti i programmi che analizzano testi a formato libero.

È altrettanto evidente però che se la conoscenza, o i concetti ad essa riferiti, fosse articolata, strutturata in modo più preciso e puntuale e dotata di regole di codifica, di posizionamento e di relazione con altri concetti, condivise tra più soggetti, avrebbe un valore assai più universale e più profondo. In questo caso si può affermare che le chiavi interpretative sono già "interne" ai concetti e alla conoscenza. Naturalmente il concetto e la conoscenza non dipendono solo dal "per sé", ma dal "meccanismo" di ricerca e dalle loro reciproche relazioni; una singola parola può essere interpretata con codici interpretativi "esterni" - un motore di ricerca - o "interni" attraverso un codice interpretativo che sia in grado di analizzarne la sua struttura in profondità ed estensione - l'analisi etimologica e filologica.

La conoscenza così intesa preserva e/o modifica i contenuti precedenti così come i meccanismi per accrescerla.

Quando diventa patrimonio di una collettività in un assetto stabile di valori - la *tradizione* - nel nostro campo assume il significato di *regola d'arte*. Gran parte del costruito è fondato su questo concetto e nel tempo, soprattutto tra il XIX e il XX secolo, è stata codificata in testi e manuali.

L'apprendimento avviene attraverso la formazione scolastica (scuola, università, corsi) o l'esperienza diretta, gli approfondimenti attraverso la ricerca e le applicazioni (conoscenza individuale o di gruppo).

Lavorare in gruppo oggi non è più solo questione di buona amministrazione o modalità di gestione del personale, ma una filosofia nell'affrontare e organizzare un *gruppo/i di lavoro* che si appalesa in modo sfumato nei propri contorni, ove ogni per-

sona di un gruppo/i è al centro di sue proprie *reti di relazioni* concentriche, con legami via via più stretti.

Questa filosofia di approccio al lavoro si manifesta attraverso vari paradigmi, uno dei quali è quello della *progettazione collaborativa* (*Collaborative Design*) (Kvan, 2000; Woo e al., 2001), che si propone programmaticamente di promuovere e sviluppare la collaborazione progettuale in diversi comparti industriali tra i quali forse il più “turbolento” è quello dell’edilizia.

L’edilizia è “campo di complessità”: l’informatica trionfante nei campi ove è nato il modello industriale ha incontrato difficoltà che sembravano insormontabili in quelli a *industrializzazione tardiva* come i processi artigiani. Infatti tutti i paradigmi e le tecniche che sembravano aver gioco facile nella produzione di massa - basi di dati, equazioni, logiche deduttive e imperative, nell’edilizia si sono dimostrate di impaccio. E lo stesso è avvenuto con l’industrializzazione dell’edilizia negli anni ’60, ove invece lì potevano avere successo.

È ben vero quanto intuito da N. Negroponte (1975) ne *La macchina dell’architettura*: “*L’architettura, al contrario del gioco degli scacchi che ha un numero di pezzi e di regole fissate, in modo molto più simile ad una barzelletta che è determinata da un contesto, è come il gioco del croquet di Alice nel paese delle meraviglie nel quale la Regina di Cuori cambia continuamente le regole del gioco*”.

Infatti, il contesto culturale, quello tecnologico ed economico, possono cambiare - e cambiano - durante la partita.

Si è mostrato in precedenza come la collaborazione è sempre e comunque “altruistica” - nel senso inteso da Stuart Mill - in quanto il successo o l’insuccesso è collettivo.

In genere nei vari settori industriali i vari gruppi di lavoro, finanche il singolo professionista, collaborano con gli altri gruppi di lavoro in modo piuttosto stabile. Nel settore dell’edilizia e della progettazione architettonica, invece, (e questo è un aspetto poco evidenziato in letteratura scientifica) di regola questi rapporti non sono esclusivi: gli attori collaborano contemporaneamente con altri gruppi di lavoro.

Spesso queste altre *collaborazioni temporanee* sono parallele e contemporanee tra loro. Conseguenza interessante è che, avendo acquisito ulteriore conoscenza nel precedente rapporto di collaborazione, gli attori sono in grado di riversare questa nuova conoscenza e il vissuto dell’esperienza nella susseguente collaborazione. Si crea così un *appropriato*, perché discusso e verificato con gli altri gruppi, *trasferimento* di conoscenze, tecnologie, metodiche (Carrara et al., 2001).

Si può così innescare un circolo virtuoso capace di assumere le vesti di un vero e proprio *incubatore* (Fioravanti, 2008b) e di rivoluzionare il contesto della progettazione, con il risultato di fare evolvere rapidissimamente le *best practice*.

Il *trasferimento di conoscenza*, che riguarda in generale i concetti e i processi di ragionamento e di comunicazione che avvengono tra gli attori, è uno degli aspetti più importanti nell’evoluzione del progetto.

Questo aspetto comporta però anche remore riguardanti la proprietà intellettuale e una sorta di “gelosia” delle proprie conoscenze che per molti anni hanno frenato un’aperta e disinteressata collaborazione,

Tale fatto è stata forse la causa prima dell’insuccesso delle acerbe piattaforme collaborative negli USA nei primi anni 2000 (Laiserin, 2000; Laiserin, 2001; Khemlani, 2003; Khemlani, 2008; Williams, 2003).

Successivamente vedremo come questo specifico aspetto sia sostanzialmente insussistente per quanto riguarda la conoscenza profonda dei vari attori.

Si riconosce pertanto la necessità, visto il contesto informatizzato in cui ormai oggi di regola si opera, di rappresentare in modo formale *la conoscenza*, in modo soprattutto più rigoroso e incisivo, in modo che questa possa essere quindi più facilmente compresa, ma anche trasferita e digitalizzata.

Formalizzare è opera complessa, richiede una visione complessiva e finalizzata di un “universo” di informazioni, ma di converso, proprio questo suo approccio rigoroso, quasi una precisione chirurgica nel descrivere oggetti e concetti, presenta indubbi vantaggi: permette il disvelamento di falsi miti, di certezze apparenti, di ambiguità e quindi permette di essere più incisivi nell’operare.

Non è più concesso *barare* con i concetti, *sfumarli* per renderli ambigui nell’interlocuzione con altri operatori in modo da poter essere al momento opportuno “aggiustati” per non cadere in (qualche volta immediate) contraddizioni, come è spesso stato nel passato - e non solo in Italia - con termini di uso quotidiano in edilizia: tipo, apparecchiatura costruttiva, materiali, flessibilità d’uso, ecc. Per essere computabile, ogni concetto deve essere “ben formato” in modo logico (Hofstadter, 1979, cap. II e III); condiviso tra gli attori attraverso standard, definizioni rigorose e altrettanto chiare relazioni tra loro (IFC 4.0); dotato di una grammatica e sintassi oltre che un vocabolario (Stiny and Gips, 1972; Stiny, 2006).

L’organizzazione (e formalizzazione) dei concetti e della logica, anche da un punto di vista della rappresentazione ed espressione tipografica, è problema assai antico e legato alla linguistica e agli alfabeti. La nascita della civiltà è coincisa con quella della scrittura cuneiforme che si riferiva alla determinazione dei terreni (oggetti tangibili) e delle imposte (astratti numeri) e dei significati ad essi associati legati da una grammatica e relazioni logiche. Punto di arrivo di questa concezione-formalizzazione-strutturazione della logica dei testi di filosofia nel pensiero antico si può riscontrare nei magnifici scritti di S. Tommaso d’Aquino nel tipico stile della *Scolastica*.

La conoscenza da definire è quella necessaria per operare nel contesto progettuale, che asseconi il più possibile il modo di operare del progettista nello sviluppo del progetto. Il processo progettuale è stato illustrato precedentemente nella Parte I, ma in concreto qual è la conoscenza utilizzata?

2.2 La Conoscenza nella Progettazione - I Macro-dominî

L'oggetto della azione progettuale ai giorni d'oggi non è più solo la prefigurativa definizione dell'organismo edilizio/architettonico inteso come insieme degli spazi e degli elementi fisici necessari per la sua determinazione, ma anche la modellazione e simulazione dei suoi comportamenti sotto vari aspetti (inclusi quelli giuridici, economici, ecologici etc.). La conoscenza è pertanto riferita, in primis, alle *entità* prese in considerazione come "materiali" del progetto.

Il progetto è una struttura estremamente complessa, pertanto la conoscenza da applicare è altrettanto complessa e differenziata in molte competenze specialistiche.

Purtuttavia le *entità* considerate nell'elaborazione del progetto sono relativamente poche e circoscritte al "sistema edilizio" e note a tutti (o quasi) gli attori. A queste *entità* si riferisce la totalità degli aspetti e delle prestazioni che ne determinano o ne influenzano la loro definizione.

La conoscenza può essere intesa come in immenso, sconfinato reticolo di concetti, di oggetti, di fatti, di proprietà, di attributi, di azioni, legati da relazioni, quanto mai diversi e diversificati. Per motivi operativi, tuttavia, la azione-progetto focalizza questo insieme sulle *entità* che, nella loro strutturazione ricercata dal e nel progetto stesso, costituiscono l'oggetto progettato.

Per tale motivo nell'esplorazione della conoscenza progettuale (cioè quella necessaria alla elaborazione del progetto nella sua accezione più vasta) è opportuno che questa sia riferita a dette *entità*, assunte a "caposaldi" o "punti di aggregazione" del complesso reticolo della conoscenza.

Se gli elementi del "sistema edilizio" o "sistema concettuale dell'organismo architettonico" sono i principali "poli di aggregazione" della conoscenza progettuale e "prodotto" dell'azione-progetto, ve ne sono altri particolarmente significativi per il ruolo che rivestono nella elaborazione e definizione del *prodotto*: si tratta degli *Attori*, del *Processo* e del *Contesto* che, insieme con il *Prodotto* (oggetto finale della progettazione) possiamo considerare come i "Macro-dominî" della conoscenza progettuale.

Questa partizione dell'insieme complesso e complessivo della conoscenza tecnica presa in esame è sicuramente una semplificazione arbitraria, ma consente di essere rappresentata in modo finalizzato alla progettazione. Possiamo dire in forma sintetica, anche se impropria, che il grande e complesso "reticolo" della conoscenza progettuale viene organizzato in questi grandi *macro-dominî*, ciascuno dei quali è connesso con gli altri da relativamente poche relazioni "esterne" mentre è fortemente strutturato da relazioni "interne". Per ciascuno dei macro-dominî a sua volta, ricorsivamente, è data la possibilità di avere *sottodominî* nei quali individuare delle *entità* di riferimento come poli su cui coagulare il sottoreticolo della conoscenza preso in esame; e così all'infinito.

È necessario sottolineare che opportunamente l'ambito di conoscenza viene definito attraverso *dominî* e non attraverso *campi* dato che i primi sono campi ben delimitati, comprendendo oltre gli elementi all'interno anche quelli sulla propria fron-

tiera. Ciò ancora una volta per rimarcare come la conoscenza presa in esame non debba prestarsi ad alcuna vaghezza.

I Macro-dominî della Progettazione Architettonica

Il vasto sapere che contraddistingue il processo di progettazione nel settore edilizio nel suo insieme, che nel mondo anglosassone viene sinteticamente definito AEC (*Architecture, Engineering and Construction*) è stato considerato – e successivamente formalizzato – attraverso la *conoscenza* come sopra intesa.

Lo scenario in cui un progetto di costruzione si sviluppa in modo integrale è delineato attraverso molte conoscenze in modo assai complesso – come indicato nella Parte I – i cui contorni e linee guida sono segnati esaurientemente da quattro “poli” di un simbolico *tetraedro della conoscenza* che rappresentano i diversi *tipi* di conoscenza: *prodotto*, *contesto*, *attori* e *processo-procedure* (fig. 1) (Fioravanti et al. 2011a).

Ogni *tipo* di conoscenza “in-forma” e “de- finisce” la soluzione progettuale - il progetto dell’edificio - con tempi diversi, mezzi e modi per scopi diversi.

I quattro *macro-dominî* di conoscenza conformano cosa accade durante la progettazione nella campo dell’AEC.

Esiste peraltro una gerarchia tra i *dominî* (sottosistemi) della conoscenza progettuale, finalizzata all’obiettivo del progetto.

Ogni *macro-dominio* è costituito da *sistemi basati sulla conoscenza* nei propri rispettivi ambiti scientifico-culturali. Definiamo *sistema* una particolare *classe* (insieme strutturato con gerarchia) di *elementi* – in questo caso conoscenza – su un dominio particolare che sia però *finalizzato*: gli elementi, la sua struttura e la loro posizione reciproca sono costituiti per uno (o più) obiettivi; come in un orologio tutti i pezzi sono conformati, costruiti e giustapposti per *fini* ben determinati: non solo di funzionamento ma anche estetici, di affermazione sociale, di immagine di sé, di

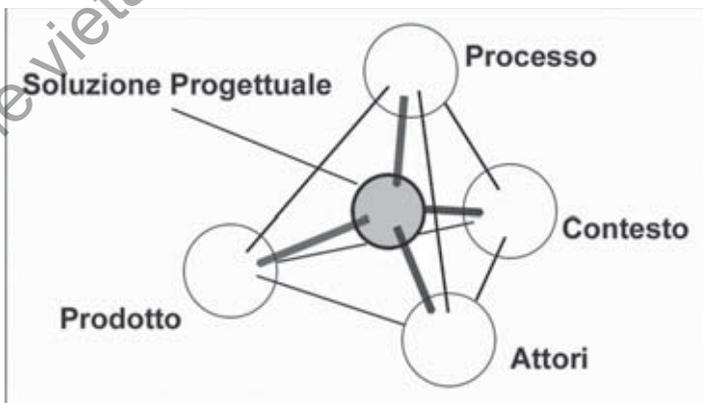


Figura 1. La rappresentazione generale della conoscenza progettuale - il Tetraedro simbolico della Conoscenza nella progettazione. I quattro ambiti di conoscenza “conformano” la soluzione progettuale.

precisione di elemento alla moda, di coerenza con il proprio abbigliamento e con la propria personalità, ecc.

In particolare la *conoscenza del prodotto* (edificio - con i suoi componenti e i suoi aspetti multidisciplinari), del *contesto* (luogo - con riferimento agli aspetti fisici, giuridici, pianificatori, ecologici e climatologici), degli *attori* coinvolti (gli umani - professionisti, imprese, clienti e i non-umani - agenti, assistenti intelligenti) e del *processo* e delle procedure (come l'appalto, le fasi di progettazione, gli aspetti economici e finanziari, i rapporti amministrativi e di organizzazione aziendale) "conformano" tutti insieme la soluzione progettuale.

Per realizzare un tale collaborazione gli attori devono condividere un dominio ristretto delle proprie conoscenze su cui tutti sono d'accordo e che permette loro di interagire e capirsi. Sulla base di questo modello generale della rappresentazione della conoscenza del processo di progettazione nel campo dell'AEC vengono definiti i seguenti quattro *macro-dominî*, in inglese "*realm*". I quattro *macro-dominî* sono stati successivamente approfonditi e sviluppati a diverso grado di definizione e qualche volta semplificati, senza però inficiare la validità del prototipo software dimostrativo implementato: la piattaforma ABCD (Architecture and Building Collaborative Design) (vedi Parte IV).

Macro-dominio Prodotto

Questo macro-dominio rappresenta tutte le entità che fanno strettamente parte del prodotto progettato: il progetto con tutti i suoi componenti e in tutti i suoi aspetti.

Facendo riferimento a questi *enti*, il 'prodotto' è stato indagato e modellato definendone due macro-sistemi, quelli degli elementi fisici e degli spazi. Il primo, comprende tutti i componenti dell'oggetto costruito, in generale, mentre il secondo include tutti gli spazi delimitati da componenti, e/o altri spazi. Le entità di ogni macro-sistema hanno una struttura di rappresentazione della conoscenza comune e potente (vedi Parte III).

Un determinato prodotto è quindi un sottoinsieme di ben identificate entità del macro-dominio *Prodotto* legate gerarchicamente tra loro, che sono anche strutturalmente legate a determinate entità degli altri macro-dominî - *Attori*, *Contesto* e *Processo* - per mezzo di attributi e relazioni. Queste entità sono comunque sempre rappresentate e legate tra loro attraverso una *omogenea* struttura di rappresentazione della conoscenza, come definito successivamente nella Parte III.

Macro-dominio Contesto

Il *Contesto* rappresenta l'insieme di entità che, pur non facendo parte del macro-dominio *prodotto*, contribuiscono grandemente alla sua definizione influenzandone il processo di progettazione in termini di vincoli fisici, morfologici, sociali, legali, culturali e ambientali. Parimenti, in termini di proposte progettuali, i vincoli/obiettivi possono essere dei riferimenti ad altri edifici. Per esempio, tra le entità di questo macro-dominio si colloca il *sito* in cui l'edificio si erigerà, con tutti i suoi attributi come altezza, consistenza, e le relazioni con gli edifici limitrofi e così via (Fioravanti e al., 2013).

Tra le entità del contesto vi saranno anche gli aspetti culturali del sito, delle persone a cui sarà destinato l'edificio, insieme al loro modo di fruire del bene.

Tutte queste entità con tutti i loro specifici attributi e relazioni, contribuiranno a definire la soluzione progettuale.

Macro-dominio Attori

Questo macro-dominio include tutti gli attori che interagiscono con la soluzione progettuale durante il processo di progettazione come designer o come tester del "prodotto". È stato usato il termine *attori* in modo affatto generale (umani e non), come inteso dall'ISO già dalle prime stesure della codifica riguardante l'edilizia - lo STEP 13030 (Wix, 1997) - e il comparto industriale in genere: *attore*, colui che agisce ed è o può essere parte attiva del processo.

Anche in questo macro-dominio ogni entità è rappresentata per mezzo di attributi, relazioni, ecc., e ogni attore è in grado di interagire con il 'prodotto' influenzando e modificando anche il processo di progettazione e la soluzione progettuale.

Le modalità con le quali gli attori intervengono nel processo progettuale, e su quali componenti e in quale fase, è problema assai complesso.

Questo tema è stato affrontato in modo generale attraverso il concetto di *Audience* (Carrara and Fioravanti, 2004; Reffat and Gero, 2000). Con questo termine si intende l'insieme degli attori che sono legati a determinati enti attraverso la metodologia della *Conceptual clustering* (Michalski and Stepp, 1984). Questa è costituita da un insieme di algoritmi che consentono di "raggruppare" concetti simili mediante la "prossimità logica" ad un concetto base, mettendo in relazione le caratteristiche e/o gli elementi in comune con quello base e calcolandone la loro differenza.

Nel corso del presente lavoro se ne utilizza una versione semplificata che mette in relazione attori ed entità, in fondo una base di dati relazionali, come mostrato nel capitolo. 3.3, Parte III.

Alcuni aspetti della soluzione progettuale saranno verificati in *concorrenza* con altri attori (capitolo Par. 1.5, Parte I) come, per esempio, l'ingegnere strutturale o l'industrial designer, che proporrà le proprie soluzioni progettuali specializzate in conformità (o meno) con quelle dell'architetto nello stesso periodo di tempo.

Durante il processo di progettazione, nelle diverse fasi, gli attori sono in grado di interagire con le soluzioni progettuali per controllarne le specifiche caratteristiche nei confronti delle proprie esigenze. Le verifiche possono essere specifiche, per controllare dettagli particolari, o essere più generali, per verificare le prestazioni di una determinata soluzione progettuale in situazioni non prevedibili al momento della stesura del programma iniziale.

Come illustrato in precedenza, ogni attore opererà in modo diverso, in un momento diverso e con differenti obiettivi, requisiti e percorsi di progettazione e dei fini, siano essi predeterminati o meno. Non è più come durante la prima era della meccanizzazione (Banham, 2005; Giedion, 1984, Pevsner, 1945) in cui i ruoli nel processo progettuale erano fissi nel tempo, ora ci sono *scambi di ruolo di uno stesso atto-*

re tra progetti diversi, o anche sempre più frequentemente all'interno dello stesso progetto (Banham, 2004; Fioravanti, 2002; Kolarevich e al., 2000; Pawley, 1990; Carrara e al., 1989).

Questo aspetto peculiare, poco considerato fino a pochi anni fa, ma importante nei modelli di processo industriale *old-style*, rimanda al fatto che il settore dell'edilizia - incoercibile in larga parte in tali processi - è stato il primo in cui si è appalesato il variare dei ruoli degli attori nel processo stesso. Da sempre infatti i ruoli sono sfumati, è sempre esistita la figura del progettista - costruttore - utente; e l'industria è nata proprio in opposizione a questo concetto: la suddivisione/specializzazione del lavoro. Orbene questo carattere una volta considerato di retroguardia è ora considerato parte integrante delle *punte più avanzate della ricerca* e dell'industria: la multidisciplinarietà e collaborazione esigono sistemi e persone flessibili e pluri-ruolo.

Macro-dominio Processo

Il macro-dominio del *Processo* si riferisce all'insieme delle regole che guidano il processo complessivo di progettazione, può gestire il "congelamento" o meno di alcuni sotto-dominî progettuali, macro-classi, entità o, in particolare, attributi, relazioni o regole per controllare e/o verificare le prestazioni del *prodotto* per specifiche situazioni o per supportare la definizione del *prodotto* durante le fasi di progettazione.

In esso, peraltro, sono definiti, oltre ad enti correlati con la tempistica delle operazioni, anche le procedure, i supporti alle decisioni e presiede l'attivazione dell'entrata in scena degli attori che condiziona e detta i tempi delle singole fasi e sotto-fasi in cui si articola il processo progettuale. Pertanto, i macro-dominî degli *attori* e del *processo* sono strettamente legati sotto questo aspetto.

La complessità del progetto dell'edificio e la sua particolarità si appalesa come un "processo di prototipazione continua". Ogni contesto è unico, così come ogni edificio, così come ogni processo di progettazione e, naturalmente, così come ogni progettista e ogni utente. Se il processo, come sappiamo, è molto complesso si rientra nella categoria dei processi *narrativi*: persino gli *agenti* (attori non-umani) hanno un comportamento unico. Tutti questi "unici" creano un'altra unicità che è il prodotto del processo di progettazione, in cui tutte queste componenti sono coinvolte: la soluzione progettuale definitiva e, successivamente, l'edificio.

L'importanza dei quattro macro-dominî nell'esito progettuale può variare di molto: possono essere ugualmente importanti, come pure uno di essi può essere preponderante. Infatti, quando il modello di progettazione è *attore-centrico*, l'intero processo di progettazione sembra cambiare in base alle azioni di uno specifico attore; come esempio paradigmatico si può citare la Winton guest house di F.O. Gehry a Wayzata del 1987. Ma questo è solo uno dei numerosi possibili differenti punti di vista: alcune decisioni, regole, aspetti specifici del prodotto sono *attore-indipendenti*; altri sono dipendenti dal contesto, altri ancora dipendono strettamente dal prodotto e altri infine sono *processo-dipendenti*.

Lo stesso processo di progettazione può essere visto da diverse prospettive congelando uno specifico macro-dominio, e poi analizzando i cambiamenti negli altri.

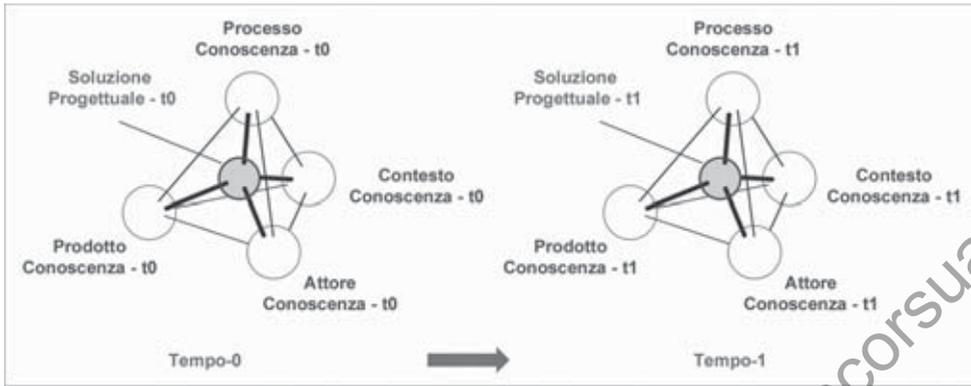


Figura 2. La soluzione progettuale come esito del processo progettuale di conoscenza di architettura, edilizia e costruttiva. I Processi di solito mutano più lentamente mentre il prodotto, l'attore e il contesto cambiano più frequentemente.

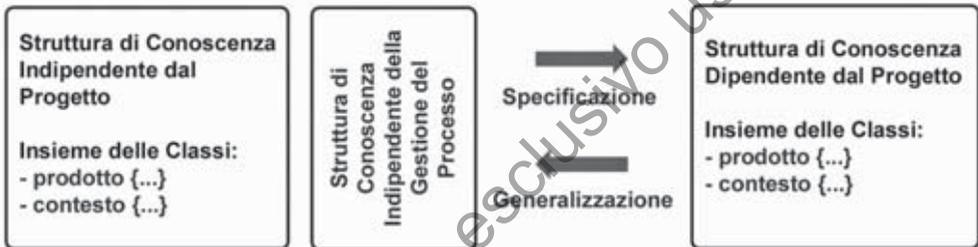


Figura 3. La progettazione è un processo continuo di Specificazione/ Generalizzazione.

Tutti questi “poli” si evolvono nel tempo, ma con diversa velocità, programmazione e impatto sul progetto (fig. 2). Per esempio la conoscenza attinente alle procedure cogenti può cambiare più lentamente in quanto dipende da norme, codici e leggi che hanno un meccanismo per l’approvazione complesso attraverso istituzioni; quindi, durante un periodo di tempo limitato, un attore dedicato allo svolgimento di compiti specifici può considerare alcune procedure (es. le norme urbanistiche), come fissate, non modificabili (questi vincoli sono anche chiamati *hard-constraint*).

Dal punto di vista dell’*attore*-progettista il processo di progettazione è una continua specificazione di requisiti in un progetto edilizio sempre più definito che, a sua volta, viene continuamente confrontato con esigenze precedenti; viceversa un progetto di uno specifico edificio (la soluzione progettuale) può essere generalizzato per diventare una *nuova classe* (fig. 3).

Il modello di rappresentazione della conoscenza illustrato nella successiva Parte terza permette questo tipo di analisi e incrementa la accuratezza della “rappresentazione” – così come intesa nel testo – dei processi di progettazione. Pertanto, ogni volta le entità di Prodotto, di Contesto, di Attori e di Procedure “formano” un’unica ben definita *rappresentazione di progetto complessiva*: la Soluzione Progettuale.

2.3 La Conoscenza e le sue caratteristiche

Nel contesto del processo di definizione e di precisazione della conoscenza utile alla progettazione edilizia e architettonica, esaminando più da presso il macro-dominio *prodotto*, sono stati anche affrontati temi relativi alla definizione delle entità rappresentate e alle peculiarità delle stesse con l'intento di individuare elementi caratterizzanti, alcuni dei quali sono stati considerati vere e proprie invarianti, che possono favorire una più chiara e coerente classificazione (Carrara e al., 2009b). Dette invarianti hanno carattere affatto generali la cui validità non è limitata al nostro settore.

In particolare si sono individuati i seguenti aspetti “duali” sia degli *enti* sia della *conoscenza* da essi costituita:

- *semplice / complesso*, che dà luogo al concetto di assemblaggio o in inglese *assembly*;
- *generale / individuale*, relativo al concetto di generalizzazione/ specificazione come Prototipo / Istanza;
- *comune / specialistica*, che ben definisce i concetti di validità del campo di applicazione di un “settore” di conoscenza e la sua eventuale proprietà intellettuale;
- *indipendente dal progetto / dipendente dal progetto*, che evidenzia la parte di conoscenza pregressa e quella nuova, in via di formazione attraverso l'esperienza progettuale.

Semplicità - Complessità

Il presente paragrafo illustra un concetto molto evidente ma al tempo stesso insidioso perché il sistema costituito dai due domini separati ed eterogenei (Spazi e Componenti, fig. 4) è molto complesso con molte chiavi di lettura pur essendo composto solo da elementi-*enti* semplici che si intrecciano, e a loro volta “mescolano” i due domini: l'assemblaggio o “assembly” degli stessi secondo diverse finalità e cifre di lettura. La complessità è anche dovuta al fatto che in ciascuno dei due Sotto-sistemi le entità loro sono caratterizzate dai più disparati livelli di “aggregazione”: dalla maniglia della porta all'intero sistema edificio, dal più minuto degli spazi all'intero sistema ambientale dell'edificio, al contesto.

Un concetto estremamente importante è che l'aggregabilità degli enti, dei loro sovra-insiemi e dei loro sotto-insiemi, non è decisa univocamente, né è per sempre. In altre parole, un insieme di enti può essere aggregato in molti modi e con diverse finalità; ad es. un sistema di spazi di un ospedale può essere aggregato come spazi funzionali finalizzato alla cura di certe malattie, ma contemporaneamente può essere considerato come aggregato di spazi utile alla compartimentazione per gli incendi, dunque finalizzato alla sicurezza. O gli stessi spazi sono aggregati in funzione della purezza dell'aria o ancora nei confronti della sicurezza sismica con diversi livelli di prestazioni. Queste aggregazioni funzionali degli enti di un dominio tra loro diverse degli enti di un dominio, caratterizzate tutte da una loro propria gerarchia, vengono

chiamate “ortogonali” tra loro e le incontreremo frequentemente nei successivi capitoli. Usiamo tale definizione per rappresentare “visivamente” l’indipendenza tra due strutturazioni gerarchiche – ciascuna funzionale ad un diverso obiettivo - immaginate su due piani tra loro perpendicolari.

Per l’aggregazione di enti, si sono analizzati i rapporti esistenti tra entità a basso livello di complessità con le combinazioni di queste in entità più complesse, i cosiddetti “*assembly*”.

Con il termine di *assembly* si intendono pertanto combinazioni di entità di un livello gerarchico di inclusione, ad es. uguale od inferiore a quello dell’entità considerata, che contribuiscono mediante la loro combinazione, all’individuazione di un nuovo concetto-ente, utile ad essere rappresentato e le cui peculiarità sono dovute proprio alla sua natura di *assembly*. Queste “superano” quelle precedenti: non sono rappresentabili dai concetti delle sole entità che lo compongono. Ad es. il concetto di appartamento include gli spazi delle stanze che lo costituiscono, ma è superiore alla semplice sommatoria delle stesse perché ha ulteriori regole di *distribuzione* e di *tipo* di stanze che ne inverano il concetto.

Di seguito si mostrano esempi di *assembly* di parti di strutture ospedaliere nelle quali si riconoscono sia il concetto di suddivisione nei sotto-sistemi esposti precedentemente, sia il concetto di sovra-insieme o super-classe, confermandone la loro validità e applicabilità.

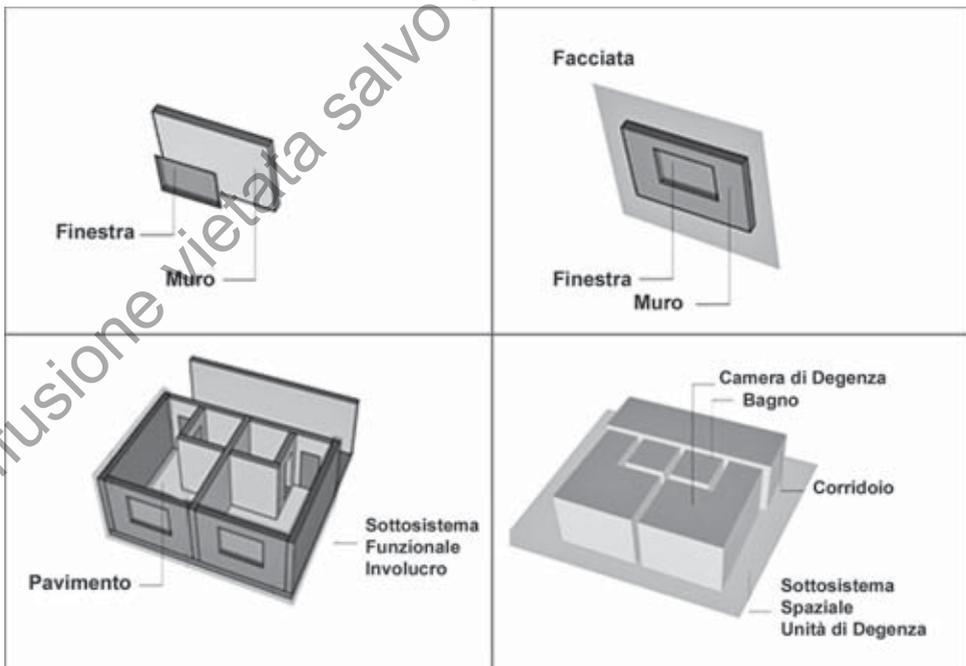


Figura 4. Esempificazione di *assembly* di entità duali di spazi e di componenti.

Si riconosce infatti, nelle diverse realizzazioni, la ricorrenza di elementi distintivi, riconoscibili e classificabili che di fatto rappresentano una *struttura di conoscenza* sottesa dalle singole soluzioni progettuali (nel caso specifico progetti di edifici).

Come si vede nell'immagine precedente, rispettando le teorie e la struttura di rappresentazione proposta è possibile individuare i singoli componenti (il *Muro*), caratterizzati da descrizioni, proprietà, relazioni e aspetti peculiari propri di questo livello di complessità.

Ad esempio, quando due entità che hanno ciascuna la propria rappresentazione individuale e specifica (*Muro* e *Finestra*) sono combinate tra loro: in questo caso costituiscono una *nuova entità* di maggior complessità identificata quale *Facciata* che rende separabile uno spazio da un altro, garantendone un controllo (modulabile attraverso la finestra) nei confronti del rumore, dell'areazione, ecc.

La relazione di *assembly* viene formalizzata attraverso "operatori" logici rappresentati da "parole chiave", ad es. un'entità *Facciata* avrà rispetto alle sue componenti un operatore di "*Made-Of*" (Fatta di) o in altri linguaggi formali di "*Has_a*"; inoltre come esplicitato precedentemente sarà caratterizzata da un insieme di aspetti descrittivi, proprietà, relazioni e regole non incluse nelle sue entità componenti (quali ad esempio la trasmittanza globale dell'elemento *Facciata*) o il ponte termico ai bordi.

La *ricorsività* di tale aspetto duale - *semplice / complesso* - è presente nella fig. 4 nella quale si mostra come le entità "complesse" siano componibili a loro volta in entità aventi un ulteriore livello di complessità che costituiscono quindi "assembly di assembly". La ricorsività - quando un *operatore* viene applicato più volte - è quindi un'altra caratteristica invariante degli operatori: riapplicare lo stesso meccanismo logico - un operatore - più volte sugli enti allo stesso livello gerarchico o su livelli gerarchici inferiori, a diversi gradi di complessità. Il Sottosistema Funzionale "*Involucro*" è quindi un assembly di molteplici Chiusure Verticali, Facciate, etc., e così ricorsivamente sino al livello più alto che sarà l'intero oggetto del processo progettuale: il *Prodotto*.

Il ragionamento seguito per i componenti edilizi semplici, valido per i sottosistemi funzionali costituiti da assembly di componenti più semplici, fino ad arrivare a complesse strutture di entità appartenenti al medesimo Sotto-sistema dei Componenti, vale anche in quello degli Spazi. Si riconosce la stretta relazione tra questi Domini e la loro coesistenza e dipendenza reciproca per la verifica di regole: queste quando sono applicate ad entità "eterogenee", nel caso di spazi e componenti; oppure "omogenee" se riferite allo stesso dominio, ad es. regole di assembly tra partizioni interne e involucro.

Generalità – Particolarità

Citando Pietro Natale Maggi ne "*Il processo Edilizio, vol. 1 – Metodi e strumenti di progettazione edilizia*" (1994) si sottolinea che:

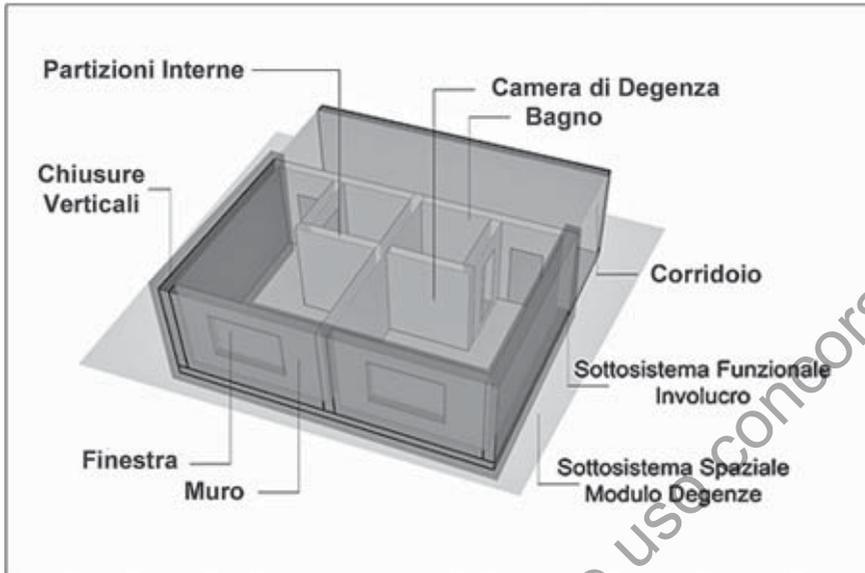


Figura 5. Dualità di entità appartenenti a Sotto-sistemi diversi.

“Alla luce della struttura del sistema-processo, e in base alla sintesi definita del punto precedente, il sistema edilizio si presenta dunque come insieme integrato e coerente dei sistemi ambientale, tecnologico-prestazionale, funzionale spaziale, tecnologico-funzionale, cioè sovra sistema di detti sistemi”.

Continuando con le proprie considerazioni sul sistema edilizio, Maggi (1994) aggiunge ancora:

“Le unità ambientali e tecnologiche, se definite attraverso modelli di comportamento integrati e coerenti, si identificano nelle unità edilizie del sistema. Gli elementi spaziali e tecnici derivati dalle unità, se definiti a loro volta attraverso modelli di comportamento integrati e coerenti, si identificano negli elementi edilizi del sistema.”

Quest'ultima affermazione, forse dovuta all'apparato linguistico dell'epoca, dà luogo ad ambiguità: sembrerebbe che specificando il modello di comportamento ci sia una identità con gli elementi del sistema. Così non è, in quanto bisogna distinguere tra le *potenzialità/capacità* - *capabilities* in inglese (Wurzer, 2009, Wurzer e al., 2010) - di un ente (o elemento in Maggi) e il suo effettivo *comportamento*. Le *capabilities* di un ente sono superiori ai modi con cui di solito è utilizzato, ed ai comportamenti ipotizzati. Esso dipende dalla sua intima essenza - ontologia in senso filosofico - dalla sua “costituzione”. Per cui potrebbe avvenire che un comportamento non previsto al momento della definizione ontologica di un ente potrebbe portare al suo *cambiamento di significato* e quindi portare a cambiare la sua primigenia *super-classe* (o ente-genitore) con un'altra affatto diversa con conseguente cambio del-

le sue caratteristiche e proprietà inerite (attraverso il meccanismo logico di ereditarietà) dalla sua nuova super-classe (Carrara e al. 2001, pp. 84-85).

Ciò significa che potranno cambiare anche le *relazioni* di detto ente con gli altri del proprio dominio e con quelli di altri domini.

Per ritornare nel nostro campo, ad es., una porta può essere usata se bloccata permanentemente come una partizione, se montata a pavimento come una botola, se messa su cavalletti come un tavolo, se dipinta come una base di un quadro, ecc. Questo nuovo comportamento che ne inverte il nuovo significato potrà avvenire solo se l'ente possedeva delle *capability* tali che le sue caratteristiche non-esplicite potessero essere compatibili con la sua nuova classe, o, altrimenti, dovrà assumere le caratteristiche e proprietà della sua nuova super-classe attraverso una sua riqualificazione funzionale.

Più oltre, sempre Maggi (1994) afferma:

“I modelli di comportamento menzionati sono espressi per il tramite dei requisiti e delle specificazioni ambientali e tecnologiche, cioè attraverso requisiti e specificazioni di comportamento (di prestazione).”

Da quanto espresso si comprende pertanto quanto per Maggi opportuni modelli di comportamento ben definiti costituiscano di fatto essi stessi la rappresentazione dell'entità edilizia.

Nel nostro approccio, invece, operiamo una distinzione più netta tra modello e suo comportamento, nel senso di separare:

- il modello plurifunzionale e plurivaloriale che rende possibili infinite variazioni di letture “ortogonali” degli enti;
- il suo comportamento funzionale, dipendente dalle *capability* utilizzate, che a sua volta induce le finalità che detto edificio (e/o sue componenti) possa avere.

A ben vedere il secondo punto può essere suddiviso ulteriormente in due momenti; pertanto abbiamo un triplice livello di astrazione: il *modello* prototipale di edificio - es. la Tower of Winds di Toyo Yto in Yokohama; gli aspetti del suo *comportamento* funzionale - sisma, uso, durabilità, economicità, ecc.; e le *finalità* ultime - “vedere” l'intensità del vento, richiamo cittadino, segno metropolitano...

L'analisi di tale punto evidenzia ancora quanto sia fondamentale la *rappresentazione* della conoscenza coinvolta nei processi di progettazione edilizia e architettonica: ciascuna delle entità coinvolte, per propria natura, significato e insieme di caratteristiche specifiche, può essere “modellata” prendendo in esame gli aspetti più generali della stessa - le *capabilities* - le *potenzialità* che essa possiede.

Tuttavia, addentrandosi sempre più nel dettaglio della progettazione e, di conseguenza, nelle fasi più avanzate della stessa, appare evidente quanto si abbia sempre una maggior esigenza di ulteriori specificazioni, di incrementare il vettore di requisiti e specificazioni prestazionali che caratterizza l'entità che si vuol rappresentare.

Anche nella comune pratica professionale si riconosce questo aspetto di modifica del livello di generalità e ruolo funzionale nella rappresentazione delle entità impiegate nel processo progettuale: quello che nelle prime suggestioni propositive di spazialità, morfologia e forma architettonica era una partizione interna, nelle successive fasi acquisisce maggiore definizione e può divenire, nelle intenzioni del progettista e quindi nelle relative rappresentazioni, un muro esterno di tamponatura, o una vetrata strutturale, o ancora una complessa combinazione di elementi opachi e trasparenti variamente articolati nello spazio.

Analogo discorso può essere affrontato per altre tipologie di attori distinte dalla figura dell'Architetto: l'Energy Designer ad esempio in principio, con un semplice tratto unifilare, rappresenta la rete di canali, tubazioni e in genere degli impianti di condizionamento; solo successivamente il generico canale diventerà un canale di mandata dell'aria con rivestimento REI o quant'altro.

Si instaura pertanto un rapporto di specificazione sempre più accurata tra entità più generali ed entità più specifiche, più particolari, detta "genitore"/ "figlio", nella quale il *figlio* assume tutte le caratteristiche del *genitore* - per mezzo di un operatore di *ereditarietà* - eccetto quelle in cui esso dà specifiche differenti. E a sua volta il *figlio*, applicando l'operatore *ricorsività*, può diventare genitore di un proprio figlio che avrà alcuni caratteri specifici; e così fin quando il progettista-attore non avrà definito l'ente richiesto dalla committenza o dalle norme o dai suoi desiderata.

Conoscenza Comune e Conoscenze Specialistiche

L'attenta analisi del processo progettuale tradizionale da noi condotta ha dimostrato quanto e come gli attori specialisti riescano in qualche modo (a volte a fatica) a capirsi e a illustrarsi vicendevolmente problematiche, proposte e idee relative alla propria soluzione progettuale. Questo avviene pur avendo essi un bagaglio culturale, esperienze personali e in generale "Sapere Tecnico" distinto, essendosi specializzati in ambiti disciplinati spesso senza apparenti punti di contatto (Zhang e Norman, 1994).

Ciò ha condotto a distinguere quella che viene definita la Conoscenza Specialistica del soggetto nel proprio ambito disciplinare, da quella che invece definiamo Conoscenza Comune a tutti gli attori sulla quale si fonda l'intero processo di comunicazione e gestione dello scambio di conoscenza.

Come già precisato precedentemente, dalle esperienze pregresse si è riconosciuta l'esigenza di immaginare l'ambiente di lavoro di ciascuno degli operatori coinvolti nel processo, suddiviso in uno *Spazio Privato* ed in uno *Spazio Condiviso*. Analogamente, nel caso della conoscenza si ribadisce l'esigenza di linguaggi espressamente dedicati ai due ambiti di lavoro: pertanto, mentre nello Spazio Condiviso tutti gli attori condividono, per l'appunto, anche il linguaggio formale convenuto da tutti, nello Spazio Privato ciascun attore impiega concetti, entità, significati, proprietà, regole e relazioni, proprie del personale Dominio disciplinare specialistico.

Ipotizzata per semplicità una stessa struttura di un modello di rappresentazione e formalizzazione delle entità valida per entrambi gli Spazi di Lavoro, inevitabilmente

si pone il problema vero della definizione dei rapporti tra le *conoscenze* e relative Strutture (Privata e Comune) di ciascuno degli attori coinvolti.

Quale, dunque, il rapporto tra la *Struttura di Conoscenza Comune* che definiamo come convenuta, unica e valida per tutti gli attori coinvolti e le *n Strutture di Conoscenza Specialistiche* degli attori coinvolti nel processo progettuale?

Come garantire il rispetto delle condizioni di coerenza e congruenza delle soluzioni progettuali proposte?

La conoscenza scambiata tra gli attori, o tra questi e i rispettivi *Intelligent Agent*, deve essere tale da consentire il coordinamento tra gli aspetti della *Formalizzazione* e quelli della *Gestione* della conoscenza al fine di armonizzarne i meccanismi e le procedure di impiego, mirando alla semplificazione, alla chiarezza e alla usabilità del prodotto finale.

Si è riscontrato infatti che esistono concetti comuni a tutti gli attori coinvolti sui quali si fondano già nella comune pratica professionale meccanismi e fenomeni di scambio di informazioni e di concetti.

Ciascuna delle *entità* che è una quota parte della *Struttura di Conoscenza Comune* (tutti gli Spazi ed i Componenti comuni a tutti gli attori del processo edilizio) è presente in ognuna delle *Strutture di Conoscenza Specialistiche*, ma modificata mediante opportuni sistemi di “*filtraggio*” - attraverso dei meccanismi di *import* ed *export* - da ciascuno degli attori coinvolti (Carrara e al., 1997; Carrara e Fioravanti, 2002; Fioravanti, 2008b). In tal modo si preserva la specificità di ciascun dominio specialistico coinvolto, consentendo al tempo stesso l'interoperabilità concettuale degli enti e lo scambio proficuo di conoscenza in maniera intellegibile e sempre comprensibile dagli attori.

Ad ogni livello di complessità, ciascuna entità edilizia sarà rappresentata mediante una *Struttura di Conoscenza (Knowledge Structure)* modellata tramite la formalizzazione di tutti i concetti, dati e relazioni ad essi associati.

Conoscenza Indipendente dal progetto e Conoscenza Dipendente dal progetto

Un altro punto di vista caratterizza la conoscenza del progetto, è quello basato sull'analisi del processo progettuale, che ha portato all'individuazione di un'altra distinzione nella conoscenza che impronta il modello.

Come si è visto le *ortogonalità* nella classificazione degli enti hanno permesso di riconoscere che esistono diverse tipologie di distinzione delle entità coinvolte dipendenti dall'ambito di applicazione considerato, in questo caso dalla natura del processo progettuale.

Questa peculiarità dipende dalle *dinamiche* proprie del Processo di Progettazione e ha richiesto un ulteriore approfondimento del modello nel suo insieme; non solo quindi delle *single entità* coinvolte e dei problemi ad esse correlati.

Orbene, le entità possono essere considerate “*universali*”, date *a-priori*, costituite a prescindere dal progetto in via di elaborazione, oppure ad esso legate. In tal modo si possono distinguere le *Entità Indipendenti dal progetto (Project Independent)* da quelle invece Dipendenti dal progetto e dal contesto in cui questo si colloca (*Project Dependent*). Con ciò si intende distinguere le definizioni delle *entità generali* - le *Classi*

generali, valide potenzialmente per un numero indefinito e poco delineato di soluzioni progettuali, dalle *entità esclusive* del progetto – le *Sottoclassi* “create” alla bisogna per venire incontro a situazioni progettuali contingenti, tipiche di scelte progettuali effettuate in fasi più avanzate della progettazione (Carrara e Fioravanti, 2001), che possono essere create in numero indefinito, ma specifiche e contestualizzate. Queste stesse se riscontrate essere utili anche ad altri progetti possono essere applicate successivamente e pertanto divenire parte della Conoscenza Indipendente dal progetto.

Si immagina pertanto che inizialmente si abbia a disposizione un insieme notevole di entità *Project Independent* che, andando avanti nel processo progettuale, con la specificazione progressiva di valori attribuiti a proprietà relazioni e vincoli, siano contestualizzate divenendo pertanto entità *Project Dependent* specifiche di un determinato progetto.

Al fine di comprendere meglio tale distinzione, si espone di seguito lo sforzo che ciascun attore effettua nel trasporre nella pratica della progettazione architettonica specifica di ciascun progetto i concetti a lui noti e più generali.

Usualmente ciascun attore-progettista, a prescindere dal progetto sul quale dovrà applicarsi, possiede una certa conoscenza tecnica acquisita nel corso degli studi, in precedenti esperienze progettuali, o in qualsiasi altro modo; tale *quota* di conoscenza rappresenta appunto quella che precedentemente si è definita conoscenza indipendente dal progetto.

Questa conoscenza, costituita da enti, possiede un sistema relazionale fra concetti, attributi, regole ed algoritmi che, in via potenziale sono ad essi applicabili, per cui è una conoscenza *strutturata* o per meglio dire è rappresentabile attraverso una formale Struttura di Conoscenza come verrà precisato successivamente.

Dal punto di vista della logica proposizionale, tale Struttura potenziale viene detta *Struttura a formule aperte* in quanto sarà costituita di un insieme di asserzioni, assunti, teoremi e inferenze contenenti molteplici variabili, campi da compilare e altri fattori di variabilità che ne precludono la definizione di verità o falsità.

Ad esempio, nella *Struttura di Conoscenza Indipendente dal progetto* di un architetto si può immaginare che sia presente una regola del tipo seguente:

“Se non specificato ulteriormente l’area della stanza x del tipo “residenziale” ha una superficie z; allora l’unica finestra u che fa parte della stanza deve avere superficie maggiore o uguale a $z/8$ ”.

Nonostante tale regola appaia molto chiara e soprattutto di immediato controllo e verifica in fase di applicazione progettuale, si nota quanto, nella sua modellazione formale, risulti invece aleatoria e priva di alcun collegamento con il Reale.

Nel momento in cui tale Struttura di Conoscenza viene contestualizzata ed applicata ad un processo progettuale reale, i campi di variabilità, di aleatorietà e di ambiguità proprie della loro natura generale *Project Independent*, vengono meno e ciascuna affermazione perde i connotati di “formula aperta” per divenire una “formula decidibile”.

In questo caso si parla di *Struttura di Conoscenza Dipendente dal Progetto*.

In questa Struttura ciascun enunciato formale è preceduto da un cosiddetto quantificatore, che può essere l'espressione $\exists (x)$ "esiste una ente x ..." oppure l'espressione $\forall (y)$ "per tutte le entità y...", oppure ancora un identificatore univoco del tipo "l'entità-*instance* z ...", ecc.

In questo modo ogni espressione, concetto, proprietà e/o regola è univocamente individuabile, analizzabile, ed è possibile applicarvi logiche di ragionamento attraverso alcuni "*ragionatori*" detti in informatica genericamente *motori inferenziali* che ne stabiliscano la coerenza. Ogni espressione rappresenta così una trasposizione della Conoscenza Indipendente dal progetto applicata al caso progettuale specifico da un singolo attore.

Ciò fa notare ancor più l'utilità di tale suddivisione modulare: non tutta la conoscenza posseduta dall'attore viene, nella sua totalità, applicata a ciascun processo progettuale; nella maggior parte dei casi, solo un ridotto sottoinsieme di questa si applica al progetto specifico.

Ciò implica che esiste un insieme di concetti che nel corso dell'intero processo progettuale, potenzialmente, non sarà mai impiegato e pertanto, ai fini dell'efficienza del sistema, non è opportuno venga attivato.

Si pensi ad esempio a casi particolari di progettazione industriale in cui l'approccio da parte di tutti i progettisti coinvolti sarà sicuramente diverso dalla progettazione dei medesimi attori in contesti storici in cui la ristrutturazione, l'attenzione alle preesistenze storiche e a quanto altro ritenuto opportuno, richieda una cura particolare.

In questa concezione della progettazione edilizia e architettonica, quello che viene definito comunemente l'*approccio progettuale* individua appunto le capacità peculiari dell'attore-progettista di attivare in modo estremamente personale la parte della propria Conoscenza Indipendente dal progetto da applicare al caso specifico e trasformarla quindi (decidendo quali informazioni fornire e quali grandezze progettuali definire) nella Struttura di Conoscenza Dipendente dal progetto mediante la quale proporre la propria *soluzione progettuale*.

2.4 La Conoscenza dell'edificio - un nuovo modello

Entrando nello specifico della conoscenza necessaria per progettare è necessario esaminare e definire con più precisione il macro-dominio *Prodotto*: - il modello di edificio.

Questo modello, soprattutto dal un punto di vista degli attori-progettisti, coinvolge le diverse strutture di conoscenza che riguardano il *Prodotto*, le quali sono fondamentalmente legate ai macro-sistemi degli spazi e dell'apparato tecnologico che li conforma (vedi capitolo 2.2).

Le precedenti caratteristiche duali - affatto generali - della conoscenza esaminate nel capitolo precedente, pur considerate perfettamente valide quando applicate al processo progettuale e anche all'intero processo edilizio, poco aiutano nel collegare logicamente i due macro-sistemi.

Per superare tali difficoltà già evidenti nell'opera di Maggi (1994) sono state introdotte e definite le *Strutture di Relazione* (*Relation Structures* in inglese - *RS*), che permettono di relazionare alcune specifiche entità *finalizzandole* all'obiettivo proprio di ogni disciplina scientifico-professionale di ciascun attore specialista e quindi tutte insieme, di creare un complessivo modello sistemico di edificio (Carrara e Fioravanti, 2001).

Pertanto si ribadisce il concetto precedentemente espresso che per essere *sistema*, questo deve essere costituito da almeno una classe di entità e un *finalizzatore* delle stesse, qui dato dalla Classe di spazi e da quella degli elementi tecnologici più da loro *RS*.

Queste *RS* si possono *attivare* alla bisogna, in ciascun dominio di conoscenza specialistico, attraverso la "accensione" di *regole di inferenza* per "computare" un obiettivo ben determinato mediante relazioni specifiche che colleghino tra loro le entità di una classe con le altre di un'altra classe (Fioravanti e al., 2011a).

Le *regole di inferenza* nelle Strutture di Relazione sono definite, inferite e attivate per mezzo di un "meccanismo" (logico) detto *motore inferenziale*. Questo è di solito *esterno* ai Domini di conoscenza su cui ha competenza pur potendosi avere semplici regole logiche già all'interno di alcuni enti, che semplifichino la computazione (Fioravanti e al. 2012).

Con riferimento agli edifici, ci sono due domini fondamentali di enti: quello degli spazi e delle loro aggregazioni, che in un progetto vanno a costituire la Classe degli Spazi, e quello degli elementi fisici e le loro aggregazioni, che in un progetto compongono l'apparato costruttivo, definito dall'UNI (1981) - Organizzazione per l'Unificazione Italiana - come "Classe tecnologica o dei componenti" (fig. 4).

Ad esempio, un architetto concepisce un edificio come una *unità*, un macro-sistema, costituito da entità di questi due domini (spazi e componenti) più la propria Struttura di Relazione ove viene applicato il motore inferenziale a quella specifica *RS* riguardante le *Regole di abitabilità* su enti legati dei due domini (Fioravanti e al., 2011b). Infatti ci sono molti possibili assemblaggi di componenti edilizi, ma solo pochi di

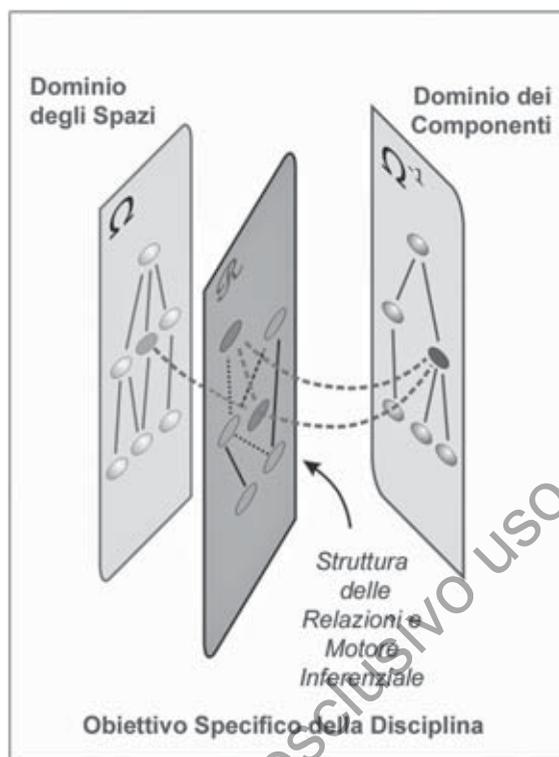


Figura 6. Strato 'R' - Struttura di Relazioni insieme col Motore Inferenziale - può modellare un fine specifico della disciplina o personalizzato. Esso mette in relazione le entità del Dominio della classe degli Spazi, Ω con quelle del Dominio Tecnologico, Ω^1 .

essi sono aggregazioni di spazio che abbiano significato, dove le persone possano 'soddisfacentemente' - nel senso di H.A. Simon (1997) - vivere o condividere una vita migliore (fig. 6).

Un altro requisito fondamentale per affrontare le esigenze dei problemi susposti è quello di "comprendere" ed essere consapevoli della conoscenza necessaria al progetto, segnatamente quella tecnica. Concetti di conoscenza tecnica possono essere formalizzati e strutturati attraverso nuove tecnologie allo scopo di definire entità e per mezzo di una semantica esplicita che ne definisce il loro significato.

Nel contesto attuale la conoscenza di cui si tratta si riferisce ai settori dell'architettura, del risparmio energetico, della sostenibilità, della stabilità degli edifici, ecc.; la definizione di sue entità include tanto la struttura formale delle entità considerate in un progetto (e gli aspetti relativi, cioè i significati, la geometria, proprietà, relazioni, ecc.), tanto i modelli formali (generalmente matematici) che consentono simulazioni, verifiche e ragionamenti da effettuare nel corso della progettazione (Carrara et al., 2009a).

Questo modello di processo di progettazione è simile alla teoria del “Multiverso” dove esistono tanti universi quanti sono i risultati delle operazioni di misura: molti domini specialistici sono visti e interpretati secondo le “prospettive” specifiche degli attori. Questa visione rivela come gli attori lavorino insieme e “alla pari” da un punto di vista organizzativo, e che ciascuno di loro, dal proprio punto di vista, agisce in un contesto “situazionato” (Gero e Reffat, 2001) o per meglio dire, in una “*condicio*” (Carrara e Fioravanti, 2002) e con razionalità limitata (Simon, 1996), specifica cioè di quella “*situazione*”.

Siccome il progetto nel settore dell’architettura e dell’edilizia (ABC - Architecture, Building and Construction) è multidisciplinare, esso ha bisogno che le entità (concetti) di un dominio specialistico siano collegate con quelle di un altro dominio. Allo stesso modo, utilizzando una *Struttura di Relazione* – RS - all’interno di un singolo dominio disciplinare, possiamo “mappare” le entità di vari ambiti specialistici diversi per collegare i loro significati per mezzo di un meccanismo di *filtro*. In questo modo l’attore può diventare conscio sia delle proprie delle soluzioni progettuali “situazionale”, sia delle problematiche degli altri attori.

La rappresentazione della conoscenza attraverso le Ontologie - “atomi” di conoscenza

La via scelta per trovare una risposta sistemica a queste esigenze è stato lo sviluppo di un sistema di *Progettazione Architettonica Collaborativa* basato sulla conoscenza formalizzata. Pertanto la questione essenziale è stata come formalizzare le entità-base che potremmo chiamare “atomi” di conoscenza.

Queste entità “atomi” sono considerati i prototipi dai quali sono state generate tutte le classi a seguire, utilizzando le caratteristiche loro proprie di conoscenza: generalità/particolarità, indipendenza dal progetto/dipendenza dal progetto, comune/specialistica.

Nel tempo sono state considerate diverse metodologie e tecnologie per definire gli “atomi di conoscenza”, dapprima in modo artigianale definendo questi *enti-base* attraverso delle strutture logiche costruite *su misura* per le difficili e contraddittorie esigenze complessive illustrate precedentemente, poi utilizzandone alcune più recenti fornite e sviluppate dalla ICT. Comunque sia, il problema di definizione delle entità è in nuce la definizione stessa della filosofia: definire un ente comporta la definizione, o quantomeno una adesione ad una scuola filosofica. E la parte più propriamente legata a questo aspetto viene dalla *ontologia*: lo studio dell’ente. Quando infatti il mondo della ICT si è venuto ad interessare ai problemi di definizione degli enti, è sembrato logico accoglierli sotto lo “ombrello” della ontologia, anzi meglio *ontologie* ad indicare non la ricerca di un assoluto (per definire gli enti), quanto piuttosto dei relativi (specifici a campi considerati).

È stato dimostrato che, per mezzo di diverse Ontologie, si può migliorare significativamente la collaborazione tra diversi specialisti (Ugwu e al., 2005).

Una delle maggiori difficoltà in questo campo è come formalizzare rapidamente le entità prototipo, che costituiscono l’ontologia di un attore specialistico.

La prima implementazione delle entità, mediante il linguaggio di programmazione *Lisp*, ci ha permesso di manipolare la istanziazione e il motore inferenziale “on the fly” (al volo) e di modificare le caratteristiche delle entità in modo relativamente libero e preciso, anzi *ad hoc*, ma al prezzo di una implementazione artigianale.

L'implementazione delle entità è stata lenta e faticosa poiché i programmatori dovevano rebbere essere esperti sia in architettura e sia in informatica, con la difficoltà ulteriore di non avere all'epoca ambienti software di editazione *user friendly* per definire e implementare le entità.

La caratteristica principale di ogni entità è stata legata al suo *tipo*: essere membro di una *Classe*. Ogni ente è stato formalizzato per mezzo di una struttura “a frame” fatta su misura, specifica per le nostre necessità, simile a quella studiata da McCarthy (1960). In tal modo ha tutte le potenzialità per assumere anche gli aspetti duali generali visti in precedenza. La struttura studiata per ogni entità è stata rappresentata con il formalismo delle *Frames* (M. Minski, 1989) e gerarchizzata in quattro livelli: *frame*, *slot*, *facet*, *value*). La caratteristica (slot in inglese) più importante, che ne definisce il *tipo*, cioè l'appartenenza ad una Classe specifica, è stata chiamata *AKO* (A Kind Of - un *tipo* di).

Il vantaggio di essere in grado di manipolare anche il *tipo* della struttura di un'entità non solo ha permesso di cambiare l'ereditarietà delle proprietà e le caratteristiche peculiari che ineriscono dal tipo del proprio *ente genitore* (*parent* in inglese), ma anche di “mescolare” *assembly* di entità di domini di conoscenza diversi. La libertà che ci è data da questo formalismo logico ci consente di definire una entità di una classe superiore o super classe, cioè sovraordinata (*whole-of*) ad altre entità, attraverso una *assembly* di entità di classi diverse che possono appartenere a domini eterogenei. Ad esempio, una classe *stanza* può essere classe sovraordinata e formata da enti del dominio degli ‘Spazi’ come gli *Spazi elementari*, da altri provenienti dal dominio della ‘Tecnologia’ come un setto portante e da altri ancora provenienti dal dominio delle “Attrezzature” come un'apparecchiatura per la risonanza magnetica.

Nel nostro caso abbiamo implementato il sistema degli Spazi che, insieme con il sistema delle Tecnologie, contribuiscono a definire in modo completo un edificio, cosicché i due sistemi, che sono normalmente separati, possono essere interfacciati direttamente attraverso un cambiamento del rapporto di ereditarietà (specificatamente la *AKO* nel formalismo delle *frame*), conseguendo l'assemblaggio di una *unità*, l'*Unità Edilizia* (fig. 6).

Al momento della istanziazione, quando si deve passare da una classe-prototipo (es. il prototipo logico di una stanza) all'individuo-*instance* (es. una determinata stanza in un determinato progetto in un determinato tempo, in una parola “creare” la stanza) questa particolarità – avere il controllo della ereditarietà attraverso la *AKO* che opera su domini di conoscenza “ortogonali” – consente di verificare contemporaneamente i vincoli che normalmente si trovano su piani logici “ortogonali” come le Classi e le Assembly.

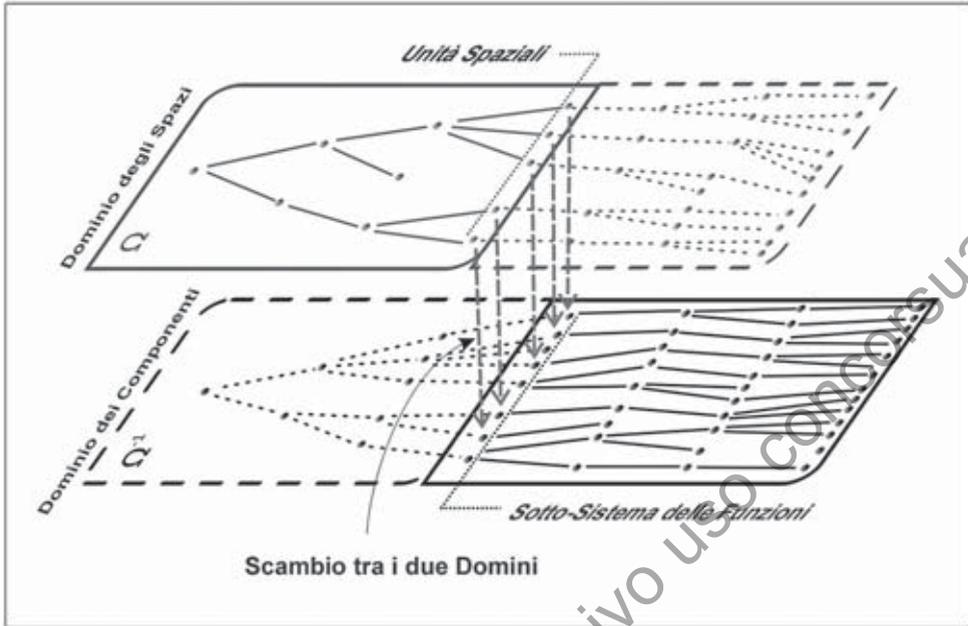


Figura 7. Un esempio di Strato di Relazioni - 'RS': lo strato è qui rappresentato dalle relazioni che consentono lo "scambio" di ereditarietà tra i due domini. In questo caso è rappresentato un possibile 'AKO shift' tra le entità di un dominio della classe degli Spazi e quella del dominio della classe della Tecnologia.

Il secondo approccio è stato implementato utilizzando un *editore di ontologie* più semplice, ma più diffuso – *Protégé*, oggi quasi uno standard. In questo caso al posto di una struttura a *frame* che possiamo definire *piatta* e *lineare*, avendo i suoi enti basicamente la stessa importanza, questi si sono strutturati secondo tre famiglie: si è passati quindi ad un ente a "*script*" (Shank e Abelson, 1977). Pertanto ogni entità dell'edificio è stata formalizzata secondo tre famiglie costituenti la *tripletta* "Significato-Proprietà-regole" (Carrara e al, 2009b; Fioravanti e Lofreda, 2009).

In questo caso la struttura di ogni ente è nitida e ben definita, non è più *piatta* ma presenta una *gerarchia* data proprio dalla tripletta: *significato* (*meaning* in inglese) dato dal nome e descrizione; *proprietà* (*property* in inglese) riguardante le caratteristiche e loro attributi associati; e *regole* (*rule* in inglese). Le regole, in particolare, sono state formalizzate mediante lo SDK (Software Development Kit) di Protégé, PAL - Protégé Axiom Language – il linguaggio assiomatico di Protégé. Le regole operano sulle instance della ontologia e stabiliscono relazioni, vincoli e specifiche associate alle entità a cui vengono applicate.

I vincoli di controllo e di verifica, in quanto sono separati dalla definizione dell'entità, non sono contemporanei con l'istanziamento dell'oggetto e quindi il processo di verifica e controllo della consistenza, coerenza e congruenza, è necessariamente *suc-*

cessivo al completamento della istanziazione degli enti coinvolti nella soluzione progettuale.

Un'altra limitazione è che ogni rapporto di un'entità con un'altra deve essere specifico: il suo controllo della coerenza esamina i vincoli ad uno a uno. Ad esempio, non è possibile avere un rapporto generale come "space_room_has_a" (parete, o porta, o finestra, o ecc., con qualche cardinalità su ciascuno dei suoi elementi) ma tante diverse specifiche relazioni quante sono le relazioni di possesso, dunque: "space_room_has_a_wall"; o anche, "space_room_has_a_door", oppure, "space_room_has_a_...".

Diffusione vietata salvo esclusivo uso concorsuale

2.5 Difficoltà connaturate alla condivisione delle conoscenze nel processo di progettazione

Abbiamo visto che nella progettazione degli edifici è estremamente importante la ‘trasformazione’ di significati e di caratteristiche di uno stesso elemento o *ente* passando da un attore (o specialista di dominio) ad un altro attore (o specialista di altro dominio), ma, forse ancora più importante, è la dinamica di queste interazioni tra gli attori nel tempo che modificano l’evoltersi dell’iter del progetto e quindi il progetto stesso a seconda della tempistica di intervento dei vari attori nel processo progettuale.

Riguardo al primo punto osserviamo che in realtà non è esattamente lo *stesso ente* perché, per esemplificare, anche se fossero soltanto due domini di conoscenza - due Universi concettuali - nei quali sono collocati non sono effettivamente i medesimi; è bene parlare di *quasi-stesso* elemento architettonico pur riferendosi materialmente allo stesso elemento. Ad esempio, nella composizione architettonica il focus è legato alla spazialità degli ambienti e un muro di un involucro è concepito come un elemento che racchiude una porzione interna di spazio in un edificio, non necessariamente è pensato per assolvere ad una funzione portante, mentre questo stesso elemento nella progettazione strutturale viene concepito principalmente come un setto portante che contribuisce alla stabilità dell’intero edificio, resistendo a taglio lungo la sua direzione principale.

Semplificando con l’accetta, nel primo Dominio di conoscenza è presente prevalentemente una concezione *visuale e orizzontale*, nell’altro si ha un approccio numerico legato alla *verticalità* e della *gravità*.

Per quanto riguarda il secondo punto, l’evoluzione progettuale di un edificio - il suo progetto, si configura come un fenomeno guidato dai *dati*, dagli *attori* e dai *processi* progettuali, si svolge come un romanzo narrativo (*narrative* in inglese): è la sua *storia*, non è prevedibile a priori.

Inoltre lo scambio di informazioni e conoscenze sui progetti tra gli attori, mediato dai rispettivi domini di conoscenza - le Strutture di conoscenza - non è dato una volta per tutte e la ‘traduzione’ degli elementi-entità tra gli attori non è fissata una volta per tutte. Soprattutto, questo “scambio di informazioni e conoscenze”, insieme alle modifiche conseguenti, non è occasionale ma continuo: gli attori lavorano (progettano) sulle “quasi-stesse” entità. “Quasi-stesse” ribadiamo, che, seppur l’entità - oggetto fisico o idea - sia la stessa, il significato ad essa associato cambia anche grandemente.

Lo sviluppo del progetto è un processo in cui, attraverso varie fasi il progetto a vari livelli (brief, preliminare, definitivo, esecutivo, costruttivo e della manutenzione) raggiunge la sua completa definizione. L’attività degli attori coinvolti nel processo può essere seriale o parallela, il lavoro sugli elementi-entità può essere disgiunto o concomitante, ma quello che è certo è che continuamente sorgono problemi di *consistenza*, di *versionamento*, di *autorità*, di *proprietà intellettuale*, di *privacy*, ecc.

La risoluzione di questi tipi di difficoltà deve essere ben impostata fin da subito nell'ambito del processo progettuale, altrimenti si darebbe luogo a controversie difficilmente sanabili; pertanto il problema della definizione di un modello che possa supportare il processo progettuale deve essere inteso come la *definizione iterativa di un Sistema per realizzare un progetto*. La progettazione è un mezzo per esprimere un progetto; si tratta di una attitudine della volontà progettuale: è un profondo atto di fede (Cross, 1985, cap. 9).

La prima difficoltà è essenziale dal punto di vista del progetto come sopra definito; le altre due sono ancillari e modali in natura: la formalizzazione è importante, ma solo nella misura in cui può avere la funzione di essere *computata* per rappresentare un obiettivo; il modello di processo è necessario per governare le procedure in modo legale ed efficace per disciplinare gli interventi degli attori nei confronti della soluzione progettuale.

L'intero edificio (e il processo di progettazione sottostante la sua progressiva definizione) possiede un certo numero di obiettivi-regole per i diversi attori che sono *indipendenti* dal progetto specifico e spesso *non sono coerenti* tra loro. Accanto a queste regole-obiettivi ce ne sono molti che sono *dipendenti* dallo specifico progetto e dal contesto.

L'obiettivo generale, la "Regola delle regole" da essere definita (a-priori o iterativamente) non esiste: gli esseri umani - e i sistemi di supporto - hanno bisogno di un progressivo affinamento della loro capacità; per questo motivo, da un lato, ci sono le facoltà di architettura e ingegneria, e dall'altro, sistemi basati sulla conoscenza in grado di auto-modificarsi e di aggiornarsi di fronte a problemi concreti.

Una tipica aspirazione degli attori-progettisti è la volontà di costruire edifici che siano adatti ai loro tempi; nel nostro tempo devono essere soddisfatti due requisiti fondamentali: un forte legame tra interno ed esterno e di una corretta sostenibilità ambientale. Nel raggiungimento di questo obiettivo, possono emergere, ad esempio, due classi conflittuali di requisiti che sono la dimostrazione della mancanza di una "Regola delle regole": in un primo caso i requisiti contrastanti di massima trasparenza e minima dispersione (ad es., la Fondation Cartier, a Parigi), in un secondo caso, quello di realizzare un edificio-scultura per scopi promozionali, ove l'*articolazione e il movimento* delle sue forme è in contrasto con l'obiettivo dalla minima superficie richiesta dal risparmio energetico (ad es., il Vitra Museum a Weil-am-Rhein del 1989); oppure quando la sottigliezza di pareti altamente isolanti si scontra con il costo dell'involucro (ad es., una parete con Materiali a Cambiamento di Fase - CPM).

Questi semplici esempi mostrano come la progettazione architettonica operi sulle contraddizioni. A nostro avviso la sintesi di quanto sopra è il terreno elettivo del progettista e degli strumenti di ragionamento: inferenziali, deduttivi, induttivi, reti bayesiane, logiche sfumate, ecc. (Russel e Norvig, 2010; Konar, 2005). Data la loro complessità questi "strumenti di ragionamento", che già abbiamo introdotto e chiamato *strutture di relazione e motori inferenziali* (RS), sono definiti e implementati a parte, separati dai due domini degli Spazi e Tecnologico; sono quindi nella maggioranza

dei casi *esterni* alle entità-componenti del modello di edificio, solo nei casi più semplici queste “regole” sono *interne* alle queste entità.

Un confronto può essere fatto con il gioco degli scacchi: ci sono delle regole *interne* ai singoli pezzi-entità che consistono in regole deduttive applicabili “meccanicamente” o per meglio dire “tipograficamente” (Hofstadter, 1979, capitolo III), ad esempio come i vari pezzi si possono muovere sulla scacchiera; altre regole che disciplinano il loro movimento reciproco e che richiedono modelli di comportamento di livello superiore per la configurazione di scenari (ad esempio, l’arrocco, l’apertura, il sacrificio di alcuni pezzi, la chiusura del gioco); altre ancora sono *esterne* al sistema del gioco degli scacchi e sono legate alla strategia globale del gioco (come quella *fuzzy*, predittiva, il confinare i pezzi dell’avversario, ecc.); o l’agire ad un livello di motivazione umana ancora più alto, quella delle convinzioni personali (ad esempio, il terminare rapidamente una partita a scacchi per andare a giocare una partita di tennis).

È opportuno che queste ultime regole, quelle ‘esterne’, siano di pertinenza dell’essere umano anche per un altro motivo: a differenza degli scacchi, in cui vi è un numero enorme ma finito di possibili combinazioni di disposizioni di pezzi sulla scacchiera, i *pezzi* di un edificio sono in aumento e in costante evoluzione, e le norme che disciplinano il contesto economico, sociale e produttivo stanno anche loro cambiando costantemente. Pertanto per poterli gestire, si richiede una “selezione” delle combinazioni possibili e ciò è possibile attraverso la riduzione delle stesse con meccanismi derivati dalla logica o da esperienze precedenti.

Questi ultimi aspetti, grazie alla cultura e all’apprendimento, sono di più facile gestione da parte dei progettisti piuttosto che da meccanismi di ragionamento affidati alla “forza bruta”¹ delle capacità di calcolo dei computer mediante programmi che sono sempre un po’ datati rispetto alle nuove conoscenze.

Gli strumenti di ragionamento sono quindi il cuore dell’impostazione di tutto il complessivo sistema di supporto alla progettazione, il quid in più che ci consente di utilizzare la conoscenza altrimenti nascosta o indisponibile per estendere e aumentare le potenzialità del progettista.

Un ulteriore aspetto che dovrebbe essere considerato quando si modella un *prodotto* (progetto di edificio), e che spesso viene sottostimato; è che il ragionamento (o le “regole”) non è applicato meccanicamente o pedissequamente a tutte le entità di una classe o a quelle di classi inferiori, ma come queste entità sono effettivamente correlate tra loro e dalla loro dipendenza reciproca nella *storia* del progetto individuale.

Si deve infatti considerare che le realzioni tra le entità sono *plurime*: esistono dipendenze gerarchiche, una entità appartiene ad un’altra, ma anche molti tipi diversi di relazioni. Ad esempio, una camera d’albergo fa parte di un albergo; l’albergo è dunque sovraordinato alle camere come pure all’ingresso, ai corridoi, ecc., ma esistono altre *Relazioni di sottoinsieme* come le compartimentazioni agli incendi in cui gli stessi ambienti possono essere riaggregati per altre finalità a livello sia di edificio sia urbano, oppure come quando un edificio viene separato strutturalmente in più parti sia per i sismi sia per le dimensioni eccessive. Ciò che è chiaro, inferendo da-

gli esempi precedenti un principio generale, è che le stesse entità vanno considerate in quanto appartenenti non solo ad una classe o a diversi tipi di classe, ma ad un più alto livello di significato: non sono solo *classi* insiemi dotati di gerarchia - ma *sistemi*, classi finalizzate.

Per quanto riguarda gli enti dei sistemi che costituiscono l'apparato di supporto alla progettazione, sono state definite corrispondenze tra il modello di prodotto/processo progettuale e gli oggetti logici sottostanti attraverso strumenti ICT (Information e Communication Technology). In questo caso gli "oggetti" informatici coinvolti, che rappresentano gli oggetti reali, sono generalmente rappresentati da segni grafici simbolici spesso adimensionali e i rapporti tecnici sono pieni espressioni generali. Nessuna entità ha un significato intrinseco, ma meramente quello che possiede in contesti culturali, scientifici e professionali nei quali è situato (*situazionato*, direbbe J. Gero). Pertanto, il modo più diffuso, spesso unico fino ad ora, per dare loro un significato è per mezzo di allegati che informano e spiegano i simboli, le parole chiave, le modalità di esecuzione, gli aspetti manutentivi, le figure professionali coinvolte, i mezzi d'opera, gli aspetti economico-finanziari, ecc. (Dakros e Knox, 2004; Carrara e Fioravanti, 2004).

Ciascuna delle sopramenzionate entità corrisponde ad un concetto logico specifico che contiene una piccola quantità di significato - spesso inesistente - persino se possedesse una eccellente figuratività.

È così compito esclusivo degli attori 'tradurre' significati, percepire le differenze tra le differenti versioni, effettuare comparazioni tra diverse soluzioni, e far notare conflitti e contraddizioni. Tutto questo ostacola una facile ed efficace collaborazione tra di loro.

Le difficoltà sopra descritte sono dovute alla mancanza di una *rappresentazione condivisa* del prodotto della progettazione e all'*inadeguata formalizzazione* delle informazioni di pertinenza del singolo attore per poter poi essere scambiate tra i vari attori.

Diversi studi accademici sono stati effettuati sull'argomento soprattutto negli ultimi quindici anni per supportare la collaborazione attraverso tutto il processo di progettazione in edilizia come pure sono stati definiti le limitazioni dei correnti strumenti software e ICT. Al fine di gestire e superare queste limitazioni (Laiserin, 2001; Khemlani, 2008) e i problemi conflittuali tra gli attori, tipici degli usuali sistemi CAAD commerciali, quelli ad es. di grafica assistita (AutoCAD, Microstation, ecc.), e quelli integrati o parametrici (Revit, Allplan, TriForma, Bank Project, Tecla Field 3D), sono stati proposti da vari ricercatori (Carrara e Kalay, 1994; Eastman, 1999; Eastman e Jeng, 1997; Papamichael e al., 1996, Kavakli, 2001) approcci alternativi basati sull'*Ingegneria della Conoscenza*.

Altri diversi sistemi sono stati proposti, quelli basati sulla rappresentazione della conoscenza e della struttura degli oggetti disegnati (Rosenman and Gero, 1996; Carrara e al., 2009c; Jeng and Eastman, 1998; Pohl, 2000, Carrara and Fioravanti, 2002).

2.6 Difficoltà inerenti alle tecniche di supporto alla progettazione architettonica

Nel settore ABC (Architecture, Building and Construction) una serie di sforzi sono stati dedicati a superare questi problemi al fine di integrare le competenze all'interno del dominio di uno specialista e di condividere le conoscenze. Tra le varie iniziative, ricordiamo BIM e IFC, che sono principalmente dedicate alla definizione di un edificio e dei suoi elementi costituenti, a collegarne le entità e a facilitare lo scambio di dati. Ma il progetto è molto di più che descrivere accuratamente una componente di un edificio in quanto è un'attività volta ad aiutare l'attore a concepire artefatti, per memorizzare, gestire e recuperare "competenze", ad attuare le regole basate sull'esperienza di progettazione "... cambiando situazioni esistenti in quelle preferite" (Simon, 1996, p. 111).

Di conseguenza, l'effettiva formalizzazione di informazioni, in senso lato, rimane un problema irrisolto.

Questo tipo di difficoltà è dovuta alla mancanza di:

- un modello globale dell'edificio rappresentativo della sua complessità, efficace per attori coinvolti;
- un modello capace di introiettare aspirazioni e il loro trattamento.

In qualsiasi dominio specialista un attore coinvolto in un processo di progettazione gestisce i propri progetti, al fine di conseguire il proprio *obiettivo specifico* all'interno di un lavoro in collaborazione. La rappresentazione formale nei diversi BIM e nell'IFC non contempla questo aspetto in quanto questi ritengono un *edificio* come la *somma di entità di una classe* (classe \equiv gerarchia di una serie di entità strutturate). Allo stesso modo un orologio non è solo la somma di un cristallo, un quadrante, di lancette e un movimento, dato che è possibile costruire altri meccanismi con gli stessi elementi, ma è un sistema: quel particolare assemblaggio che ha come *obiettivo* il misurare correttamente il tempo.

Parimenti un *edificio* deve essere visto come un *sistema* costituito da diverse classi orientate ad un obiettivo (ad esempio abitabilità, risparmio energetico, costruibilità, ecc.). Questa visione orientata agli obiettivi è raggiunta attraverso una serie di sotto-obiettivi: ad esempio l'abitabilità include lo spazio, la sua usabilità, la sua luminosità, l'ergonomia, la disposizione reciproca degli spazi, il rapporto tra gli spazi e l'esterno, ecc.

Un modello di edificio, adeguatamente formalizzato, potrebbe realizzare un tale sistema cosicché i vari attori possano non solo *scambiarsi* informazioni, ma anche conoscenze e obiettivi e, soprattutto, *comprendersi*.

Attualmente, però, la vasta gamma di software per il calcolo e la rappresentazione disponibile sul mercato è solo in grado di eseguire compiti relativamente complessi entro i confini disciplinari ben definiti; sono progettati per migliorare la capacità di *verificare* un dato approccio progettuale piuttosto che aiutare a *trovare una solu-*

zione o scegliere tra ipotesi. Queste applicazioni software non sono in realtà, in questo senso, di alcun aiuto per la collaborazione nella progettazione, e anzi la rendono ancor più difficile: la specializzazione dei software aumenta la difficoltà di comunicazione e di comprensione reciproca tra i diversi attori, siccome i dati richiesti dai vari programmi specializzati differiscono da un attore all'altro e il loro significato è contestuale.

Inoltre, ogni tipo di software richiede l'immissione di dati che devono generalmente essere dedotti dall'interpretazione dei documenti delle soluzioni progettuali degli altri soggetti coinvolti nel processo. In questo modo diverse interpretazioni dei significati di una medesima entità sono causa di malintesi tanto più dannosi per l'esito generale quanto maggiore è il grado di complessità del problema.

A questo proposito è necessario chiedersi: in che modo gli attori prendono in considerazione le entità progettuali a diversi livelli di astrazione, dal livello dei dati a quello di ragionamento? Perché occorre un sistema nuovo ed esplicito per la rappresentazione della conoscenza? Una metodologia basata sulle ontologie permette agli attori di utilizzare in modo coerente i diversi livelli di astrazione e/o per sfruttare l'interoperabilità concettuale?

Questi interrogativi ci portano indietro nel tempo, all'inizio degli anni Settanta quando emersero nuovi problemi.

Infatti le difficoltà di modellare compiutamente l'oggetto edilizio e le tecnologie sviluppate a quei tempi per definirne la *qualità* - dipendente dalla complessità dei fenomeni - attraverso l'analisi multi-criteriale, non erano in grado di comprendere né gestire tale complessità, né permisero la riduzione dei problemi ad una singola funzione obiettivo.

Proprio in quel periodo si era presa coscienza dei problemi legati alla *qualità* evidenziatisi alla fine del periodo della cosiddetta *architettura internazionale*: la pedissequa (mal)interpretazione e meccanicistica riproduzione di tipi e forme nate nel Movimento Moderno, dunque per altra epoca e per altri problemi, aveva portato ad una stanchezza dell'ispirazione e ad un degrado negli ultimi edifici costruiti a quel tempo.

La *qualità* era al centro del dibattito culturale non solo in campo architettonico o del settore edile, ma in tutte le discipline operative; negli ambiti tecnici come pure nella società. La grande diffusione dei centri di calcolo, dei *calcolatori elettronici* nei centri d'avanguardia, aveva portato a riflettere sull'indifferenza - spesso dicotomia - che si era riscontrata tra la qualità e la maggiore precisione del calcolo: controllare l'aspetto numerico non portava a miglioramenti dell'esito finale come divulgò Robert M. Pirsig ne "*Lo zen e l'arte della manutenzione della motocicletta*" (1974). Avendo preso coscienza dei limiti e delle possibilità offerte da queste nuove *macchine*, la seconda rivoluzione industriale rese più evidente il fatto che si era all'alba di un nuovo evo, l'Evo Informatico pieno di entusiasmo, di rischi pionieristici e plumbei orizzonti.

A margine di questi dibattiti possiamo scorgere due estremi: da un lato i movimenti alternativi della Free Software Foundation fondata da Richard Stallman nel

1983 (FSF, 1983) nel senso di *qualità diffusa* controllata dagli utenti finali e dai volontari, dall'altro le puntuali e pignole norme della ISO 9000 a partire dal 1990 che la identificano e normano dal punto di vista di *conformità* ad un oggetto, una prestazione, una procedura.

Ogni tipo di software di quell'epoca - ma spesso anche ora - richiedeva che l'input di dati dovesse essere generalmente desunto dalla interpretazione delle soluzioni progettuali di altri attori. Infatti questi, non avendo strumenti efficaci per interpretare in modo disambiguo gli altrui progetti, mancavano di una integrazione e una efficace interazione con il lavoro degli altri: non potendo interagire direttamente e con cognizione di causa sul progetto, essi continuavano per proprio conto a sviluppare la loro specifica soluzione progettuale che spesso poi risultava essere incongruente con quella degli altri attori.

Questo dato di fatto può essere osservato in tutti i settori coinvolti, persino in progetti di relativamente bassa complessità: nel campo delle modellazioni e simulazioni matematiche delle strutture, dell'energia, dell'illuminazione, dell'acustica, degli impianti di condizionamento e così via, il tutto in un quadro di riferimento di rappresentazioni architettoniche altamente strutturate.

In realtà la corretta formalizzazione delle informazioni scambiate è ancora un problema aperto: attualmente, l'eccesso di informazioni scambiate, che è insieme, causa ed effetto dell'estendersi e potenziarsi della ICT, comporta la semplificazione - l'impoverimento semantico - delle informazioni scambiate, conseguentemente conducendo ad incomprensioni tra gli attori e ad un passo indietro riguardo alle comunicazioni più efficaci tra loro.

La mancanza di comprensione reciproca è dovuta principalmente al basso livello semantico offerto dagli strumenti ICT utilizzati dagli attori e dal grado insufficiente di interoperabilità del software utilizzato.

Inoltre, il contenuto di ogni tipo di software sopra descritto richiede che l'input di dati debba in generale essere desunto dalla interpretazione delle soluzioni progettuali di altri attori.

È necessario un linguaggio di *rappresentazione della conoscenza* che ammetta possibilità sia di impoverimento, sia di arricchimento semantico per favorire la comprensione reciproca sui concetti, che si relazioni con le fasi del progetto preliminare, ove si decide in gran parte l'esito del progetto, e ne favorisca la riduzione dei tempi dei costi.

Al fine di sviluppare nuovi strumenti di *rappresentazione* che possono efficacemente supportare il lavoro di progettazione di un *attore*, è necessario riflettere su ciò che è richiesto durante il processo di progettazione per consentire a qualsiasi attore di recuperare quella parte della sua conoscenza ritenuta rilevante per il progetto e per fare in modo che gli altri attori correttamente la capiscano, così da impostare un'efficace collaborazione in un processo altamente complesso.

Un fondamentale prerequisito per l'applicazione di tale metodologia e il superamento dei suddetti problemi di formato di interoperabilità è la *comprensione* della conoscenza, segnatamente quella tecnica. Abbiamo visto come i concetti della conoscenza tecnica possono essere formalizzati e strutturati per mezzo di una tecnologia che può gestire e manipolare concetti.

Ciò può esser fatto con molti mezzi, informatici e non, con diverse tecniche e a diverso livello, utilizzando ad es. linguaggi di programmazione diversi. Ovviamente nel tempo tali linguaggi si sono evoluti e permettono di esprimere queste necessità in modo più compatto e immediato. Il balzo in avanti di ogni epoca è stato collegato anche all'evoluzione delle interfacce - in senso lato: dalla scrittura alle rotative dei giornali; dai comandi di una macchina, alla visualizzazione delle informazioni.

Qui si tratta di fare un salto ulteriore, passare da linguaggi procedurali a quelli via via più astratti: dichiarativi, funzionali, prestazionali. Dal Fortran al Pascal, dal C al Lisp, dal C# alle Ontologie, per definire le entità; per mezzo di semantiche esplicite per renderne manifesto il significato.

Abbiamo visto come su queste premesse sia impostato un modello complessivo di struttura della conoscenza, nonché di gestione della stessa, e successivamente vedremo come è stato implementato e testato nel processo di progettazione sulla base di una rappresentazione formale della *conoscenza*.

Nel contesto attuale la *conoscenza* deve includere sia la *struttura formale degli "oggetti"* considerati in un progetto (e i relativi aspetti, come significati, geometria, proprietà, relazioni, ecc.) sia *modelli formali* (generalmente fisico-matematici) che consentono di eseguire verifiche, simulazioni e ragionamenti.

Ad oggi il comparto edilizio nel suo complesso non è in grado di catturare e condividere conoscenza attraverso una piattaforma comune. L'edilizia è basata su archivi "chiusi" di conoscenza *esplicita* ma, per ottenere un vantaggio competitivo, il settore ha bisogno da un lato, di "aprire" ad altri attori la conoscenza esplicita, dall'altro, di catturare e riutilizzare anche la conoscenza *tacita* (Fagin, 1996).

Questa costituisce la maggior parte del sottostante strato culturale, noto in un ristretto ambito professionale, senza il quale anche la conoscenza esplicita non viene compresa a sufficienza. Tale esigenza è necessitata dall'interscambio di informazioni tra le varie specializzazioni, da sempre presente nella progettazione, ma ora accentuato nella progettazione collaborativa.

Così definita una *Struttura di Conoscenza* (KS - Knowledge Structure), composta da un insieme di entità, ciascuna delle quali è relativa ad una ontologia (sua definizione) e da una semantica (il suo significato). Ogni entità può avere un insieme di proprietà (geometriche, fisiche, valori) e attributi (funzione, metodi o programmi informatici), un insieme di relazioni di appartenenza (parte di / *part-off*) o di inclusione (intero di / *whole-off*) con altre entità, un insieme di relazioni di ereditarietà (classe di / *is-a*), una "situazione" (o *Condicio*, Carrara e Fioravanti, 2004), un insieme dipendente da regole di compatibilità con altre entità (*check-list*, liste di adia-

enza, ecc.), motori di inferenza (IE - Inferential Engine) per attivare e gestire vincoli, ognuno dei quali formalizzato in una struttura IT sintatticamente coerente .

La Struttura di Conoscenza, come spiegato precedentemente, si configura pertanto come un sistema.

Per rendere possibili le azioni in un dominio è necessario che gli obiettivi siano legati tra loro per mezzo di relazioni specifiche e motori di inferenza: le *Strutture di Relazione* (RS - Relation Structure) specifiche per ogni dominio.

In un tale contesto ogni attore coinvolto nel processo di progettazione gestisce le proprie entità, al fine di conseguire il proprio obiettivo specifico.

L'elemento chiave di una *Struttura di Conoscenza - KS*, comunque formalizzata e strutturata nei campi dell'architettura, risparmio energetico, sostenibilità, stabilità, ecc., è la definizione delle entità coinvolte nel suo dominio, quindi nella sua ontologia.

Per tutte queste ragioni le comunità scientifiche hanno avuto un nuovo interesse nel campo dell'*Ontologia*, che fornisce un valido supporto per la rappresentazione e la condivisione di terminologia, concetti e relazioni all'interno di un determinato dominio, in modo che un numero crescente di comunità di esperti (Ugwu et al., 2005) sviluppa ontologie come base di fondo per il loro lavoro, compresa la collaborazione nella progettazione.

Effettivamente nel crescente settore dei servizi in rete i nuovi approcci per la composizione e l'orchestrazione di questi sono basati sulle ontologie in modo da rappresentare le loro definizioni, e anche per disambiguare le *query*.

Attraverso queste nuove rappresentazioni formali il modello di sistema proposto potrà integrarsi con gran parte dell'informazione già strutturata e disponibile su Web, e anche con i futuri protocolli che saranno sempre più in grado di gestire la conoscenza.

NOTE

¹ Sono detti "Forza Bruta" (*brute force* in inglese) tutti quei programmi che fanno un massiccio uso di potenza di calcolo volta ad esplorare tutte le soluzioni in un dominio ben definito. Sono algoritmi elementari che esaustivamente ricercano una soluzione in una campo di indagine, ad es. programmi per violare un'area riservata di memoria protetta da password, provando in sequenza tutte le combinazioni possibili di caratteri alfanumerici e di interpunzione.

Diffusione vietata salvo esclusivo uso concorsuale

Parte terza
MODELLO TEORETICO
DELLA CONOSCENZA PROGETTUALE

Diffusione vietata salvo esclusivo uso concorsuale

Diffusione vietata salvo esclusivo uso concorsuale

3.1 Gli strumenti ICT per la progettazione collaborativa integrata: stato dell'arte e limiti

Una ondata di innovazioni tecniche nel campo della gestione delle informazioni ha recentemente coinvolto l'industria delle costruzioni. Tra queste la più diffusa e discussa è sicuramente quella che riguarda il cosiddetto *BIM*.

Il termine *Building Information Modeling* (BIM), traducibile più o meno efficacemente in “*modello di informazioni relative all'edificio*”, è ormai entrato nell'uso comune per indicare un insieme di rappresentazioni innovative non solo a livello tecnologico, ma anche metodologico, relative praticamente a tutti gli aspetti delle professioni nel settore delle costruzioni.

Più correttamente il *BIM*, fondato su una base scientifica sviluppata in più di venti anni di ricerca su un modello di dati generale per l'edilizia (Eastman et al., 2008; Björk, 1989), indica un processo di utilizzo delle tecnologie dell'informazione per modellare e gestire i dati per tutto il ciclo di vita del manufatto (Lee et al., 2006).

Oggi il BIM (o meglio sarebbe dire *i* BIM) sono modelli avanzati di CAD, sviluppati da alcune software house (Autodesk, Graphisoft, Bentley, Nemetschek, ecc), che sono in grado di descrivere sia la forma che gli attributi (per esempio le caratteristiche fisiche) di un edificio durante tutto il suo ciclo di vita.

Ciò avviene attraverso formati standard “proprietary” (ovvero propri della specifica software house produttrice del BIM), concepiti con un approccio alla classificazione degli elementi di tipo *top-down*: *vengono definiti inizialmente gli elementi complessi e, a seguire, i diversi elementi componenti*; tali formati standard, proprio per la modalità di formalizzazione, sono focalizzati sulla definizione dei componenti e non del processo progettuale attuato per la loro definizione.

In grande sintesi l'obiettivo di un BIM è quello di realizzare virtualmente un edificio, prima di costruirlo fisicamente, al fine di evidenziarne i problemi e ipotizzarne soluzioni attraverso la simulazione, analizzandone i potenziali impatti.

In altri termini il BIM è un modellatore costituito da un complesso sistema integrato di software specialistici tra loro *interoperabili*, che definisce un *insieme coerente di dati* dell'oggetto edilizio da realizzare, costituente una sua rappresentazione finale e completa, integrata in tutte le sue componenti.

Per *interoperabilità* tra software si intende la possibilità di utilizzare nello stesso ambiente informatico diversi programmi senza dover modificare la struttura dei dati di ingresso/uscita per passare da un programma all'altro.

Un BIM è pertanto un “*sistema chiuso*”, nel quale l'interoperabilità dei programmi è garantita dalla sua struttura “proprietaria”, cioè dall'essere tutti i software realizzati dalla medesima software house.

La ricerca di un “*sistema aperto*” non più soggetto alle restrizioni tecniche ed economiche di un singolo soggetto industriale ha dato origine ad un diverso approccio denominato IFC (*Industry Foundation Classes*)¹.

Le IFC rappresentano uno standard, attualmente registrato con la ISO16739 (International Standards Organization) proposto dalla IAI - *International Alliance for Interoperability*, alleanza internazionale di ricerca e sviluppo, pubblicato per la prima volta nel 1995, con l'obiettivo di rendere "aperto" l'accesso ai dati del modello rappresentativo dell'oggetto considerato.

In termini tecnici le IFC nel loro insieme sono una specifica di *data model*, codificata nel linguaggio *EXPRESS*, concepito secondo un approccio alla classificazione degli elementi di tipo *bottom-up* per l'industria delle costruzioni, che tende a rappresentare un determinato insieme di oggetti comunemente usati dal settore dell'edilizia. L'approccio *bottom-up* è caratterizzato dalla definizione di elementi o attributi basilari (geometrici, logici, fisici) che possono essere applicati a diversi elementi più complessi e che, di conseguenza, ne costituiscono la struttura. Tale approccio, apparentemente efficace, necessita una notevole astrazione del modello di formalizzazione, astrazione che si traduce spesso in mancanza di applicabilità ed efficacia del modello stesso alle situazioni reali di progetto.

Tale formato è utilizzato a livello degli applicativi del calcolatore - non concepito per la lettura degli utenti umani - per assemblare un modello dell'organismo edilizio, processabile da computer, che contenga tutte le informazioni che i partecipanti al processo possono scambiarsi relativamente alle entità costituenti e alle loro relazioni.

A causa del fatto che non è legato ad una casa produttrice (come nel caso del BIM, del quale rappresenta una apertura generalizzata) tale standard sta emergendo molto lentamente, pur avendo potenzialità teoricamente maggiori del BIM.

Quanto detto è sufficiente per comprendere quanto profondamente BIM e IFC siano legati al processo di progettazione: è più facile evidentemente risolvere un problema modificando una entità del progetto dal proprio desktop piuttosto che demolire e ricostruire in un cantiere sistemi complessi di componenti.

Sia nel BIM che nello standard IFC l'*etichettatura* delle informazioni (che le rende comprensibili all'operatore) consente l'interoperabilità tra le diverse applicazioni software; le medesime caratteristiche inoltre consentono la condivisione tra gli operatori delle strutture di dati progettuali.

Tuttavia, sebbene il BIM rappresenti oggi un efficiente strumento (attualmente il più completo e avanzato, in quanto lo standard IFC è ancora in fase sperimentale) per il processo di gestione dell'intervento e della commessa nelle fasi successive alla progettazione, esso non si presta altrettanto efficacemente per gestire il processo di progettazione del manufatto.

Infatti, un efficiente sistema di supporto alla progettazione, oggi di fatto ancora non esistente, richiede che ai *dati* che costituiscono la soluzione progettuale (anche, e specialmente, se provvisoria nel corso del processo di progettazione) sia direttamente connessa la *conoscenza* che li produce.

Al contrario, strumenti come il BIM e l'IFC mancano di un'appropriata struttura semantica per la rappresentazione, interpretazione e integrazione dei concetti relativi alla progettazione.

Allo stato attuale quindi, nel caso di un sistema BIM (ad esempio *Revit*, *TriForma*, ecc.) le medesime entità prese in considerazione da vari attori specialisti possono avere significati diversi per ognuno di essi in quanto afferenti a domini diversi di conoscenza.

Di fatto i modelli esistenti permettono lo ‘scambio di dati’ e ‘l’interoperabilità tra i formati’, ma non la ‘comprensione dei concetti’.

Nelle due parti precedenti di questo volume si è visto perché, e come, la progettazione collaborativa multidisciplinare richiede la collaborazione tra tutti gli attori del processo, in possesso delle conoscenze tecniche specialistiche.

Per consentire la collaborazione via *web*, a distanza e tra attori che non hanno la possibilità di interloquire direttamente, è necessario realizzare sistemi software in grado di consentire l’appropriato trasferimento dei dati significativi, e della conoscenza ad essi collegata, da ogni attore che elabora una soluzione progettuale ad ogni altro attore interessato a questa.

Recentemente diversi lavori di ricerca hanno affrontato il tema della comprensione reciproca tra i diversi attori al fine di migliorarne la collaborazione in un processo di progettazione interdisciplinare, passando da una definizione implicita della conoscenza ad una esplicita (Drakos and Knox, 2004).

Gestione collaborativa della conoscenza: stato dell’arte

Diversi gruppi di ricerca hanno in tal senso cercato di migliorare la collaborazione tra gli attori, sviluppando differenti proposte di sistemi di supporto alla progettazione.

Il principale risultato di queste ricerche è stato quello di individuare il nucleo centrale del problema della concezione di un supporto intelligente, che consiste nella definizione di un *modello di rappresentazione corretto ed efficace della conoscenza progettuale* (Gero e Kannengiesser, 2004; Carrara e Fioravanti, 2007).

In termini applicativi ciò richiede un “arricchimento” degli attuali modelli di informazione dei prodotti dell’edilizia, a partire dallo standard IFC, tale per cui ad ogni dato sia legata la parte di conoscenza impiegata per la sua definizione.

Un gruppo di ricerca altamente qualificato in materia di gestione della conoscenza (Eastman et al., 2010) ha recentemente proposto che la soluzione a questi problemi richieda di:

- definire i flussi di lavoro utilizzati nella pratica operativa;
- definire gli specifici scambi di informazioni di cui hanno bisogno i vari attori;
- definire viste del modello appropriate per gli scambi di informazioni.

Questo è attualmente l’obiettivo della Associazione National BIM Standards, amministrata da BuildingSMART all’interno del NIBS (National Institute of Building Sciences) negli Stati Uniti.

BuildingSMART definisce una famiglia di norme integrate che interagiscono con

i seguenti standard ufficialmente pubblicati sul sito della associazione [www.buildingsmart-tech.org]:

- Data Model Standards, Industry Foundation Classes [IFC], ovvero gli standard di dati del modello, e le specifiche relative [MVD], come anche altri nascenti standard correlati, quali ad esempio gli Open BIM Collaboration Format [BCF];
- Data Dictionary Standard, International Framework for Dictionaries [IFD], ovvero tassonomie condivise che costituiscono un Quadro Internazionale di Dizionari, e agli Information Delivery Manual [IDM] - standard per la definizione del processo.

Nell'approccio del NBIMS gruppi di esperti in alcuni domini del settore delle costruzioni si occupano di specificare “*casì d'uso*” per il loro dominio in quelli che vengono chiamati *Information Delivery Manuals* (IDM) (Hietanen, 2006); in seguito gli esperti informatici preparano dei *Model View Definitions* (MVDs), ovvero definizioni di *viste* del modello orientate all'implementazione, per fornire le specifiche di informazione necessarie agli sviluppatori software per realizzare dei traduttori di esportazione e di importazione.

I *casì d'uso* consistono in dettagliate descrizioni del contesto e del contenuto degli scambi di informazioni tra utenti e/o strumenti software (la procedura consigliata per la generazione di una specifica NBIMS e la sua implementazione è descritto in NBIS, vol. 1, Sezione 5, NIBS, 2008).

La prima fase (programmazione) si concentra sugli input degli esperti di dominio e la seconda fase (progettazione) si occupa di IFC-MVD.

Questo approccio costituisce un riferimento teorico chiaro ed efficace al quale si fa riferimento anche in alcune parti dello sviluppo del presente lavoro. Ciononostante alcuni suoi limiti richiedono di essere evidenziati e discussi.

- L'approccio del tipo “*caso d'uso*”, partendo da esigenze pratiche dipendenti dal progetto, dovrebbe essere orientato a definire un quadro operativo indipendente dal progetto specifico, in grado di essere istanziato caso per caso, secondo i vincoli che caratterizzano l'unicità di ogni progetto.
- Per essere computata e condivisa, la conoscenza deve essere predisposta, formalizzata e gestita per l'uso dei progettisti e delle macchine. Ciò comporta problemi tecnici e concettuali: sul piano tecnico il compito di personalizzare la definizione formale di una entità IFC è ancora molto difficile per un progettista. Solo pochi esperti sono in grado di manipolare la conoscenza IFC codificata nel linguaggio EXPRESS; sul piano concettuale la conoscenza, in quanto articolata in numerose specializzazioni, non può essere codificata in un'unica, pletorica e complessificata base di conoscenza, ma deve necessariamente essere distribuita in tante basi di conoscenza quante sono le specializzazioni coinvolte nel processo progettuale.
- Le informazioni scambiate nella maggior parte dei casi hanno un basso contenuto semantico: le classi IFC non sono in grado di supportare la modellazione di Strutture di Relazione, ovvero di relazionare alcune entità finalizzandole all'obiettivo proprio della disciplina scientifico-professionale in esame e quindi crea-

re un modello sistemico di edificio. Sono inoltre pesanti da gestire perché raccolgono i dati di tutte le proprietà di tutti i domini all'interno dell'unico modello inclusivo, centralizzato, delle IFC.

Il flusso immateriale dei concetti e delle relazioni utilizzate nei processi del ragionamento umano, propri della conoscenza impiegata nella progettazione, non sono esplicitamente legati ai dati risultanti dalla loro applicazione, che costituiscono gli elaborati progettuali.

Di fatto la corretta e completa rappresentazione delle informazioni elaborate e scambiate nel corso della progettazione costituisce ancora un problema aperto. Attualmente l'eccesso di informazioni scambiate tramite gli attuali strumenti ICT possiede un basso livello semantico, causa della reciproca incomprensione tra gli attori.

I progettisti infatti, per comprendere appieno le comunicazioni scambiate reciprocamente, devono essere in grado di interpretare le informazioni pervenute e di comprendere le motivazioni da cui scaturiscono, collegando nel contesto dello specifico progetto i dati scambiati ai corrispondenti significati.

Affinché un ambiente informatico possa supportare questo processo è necessario che si avvalga di una struttura formale delle informazioni che, assieme ai dati includa il loro significato insieme alle loro relazioni, in modo tale che esse possano essere espresse nel linguaggio più appropriato per l'attore destinatario.

La ricerca di un tale obiettivo si inserisce in un più ampio quadro che affronta i seguenti problemi:

- *definire un modello generale della rappresentazione della conoscenza* (Carrara et al., 2009) (vedi bibliografia [GdR]);
- *individuare e formalizzare la conoscenza* attivata nel processo di progettazione (vedi bibliografia [GdR]);
- *gestire la conoscenza formalizzata* per sostenere e potenziare la collaborazione progettuale (Carrara, 2008) (vedi bibliografia [GdR]).

Stabiliti i limiti degli attuali software e strumenti ICT, alcuni studi accademici sull'argomento sono stati condotti negli ultimi decenni per supportare la collaborazione durante tutto il processo di progettazione dell'edificio.

Diversi sistemi sono stati proposti per rappresentare la conoscenza e la struttura degli oggetti progettati attraverso *Basi di Conoscenza* o *Knowledge Bases (KB)*.

Sebbene questi sistemi si riferiscano a diversi modelli di processo progettuale, essi sono tutti simili, in quanto fanno uso di *una singola Base di Conoscenza* o *Knowledge Base*.

Considerando l'unicità del prodotto edilizio, dei suoi componenti e del suo processo, i modelli di cui sopra risultano essere inadatti per la progettazione architettonica: questa infatti, diversamente dagli altri settori produttivi e industriali, è caratterizzata da un processo non coerente, multidisciplinare e di volta in volta diversamente con-

testualizzato, che male si presta ad essere rappresentato in una singola base di conoscenza nel corso del processo di progettazione.

Questi aspetti critici del processo edilizio non sono casuali, sporadici o occasionali, ma parte integrante della progettazione architettonica stessa.

Finora, la complessità del progetto di un'opera di architettura non è stata simulata correttamente: nei casi migliori ad oggi tale complessità è stata limitata alla *Knowledge Base* appartenente di volta in volta ad un singolo attore, mentre, gli aspetti riguardanti le procedure, i tempi, le gerarchie decisionali, la proprietà intellettuale, l'incoerenza, ecc. non sono ancora stati presi in sufficiente considerazione.

La conoscenza è una delle più importanti risorse per qualsiasi organizzazione.

Il successo o la sopravvivenza di ogni organizzazione dipende dall'efficacia con cui essa gestisce la conoscenza disponibile internamente ed esternamente.

Il riutilizzo delle attuali conoscenze organizzative, acquisite attraverso l'esperienza pregressa, può ridurre notevolmente il tempo dedicato alla risoluzione dei problemi legati al processo/prodotto, aumentando in definitiva la qualità del lavoro.

Nel corso degli ultimi anni sono stati sviluppati, analizzati e discussi molti strumenti e tecniche per la gestione della conoscenza all'interno delle organizzazioni. I recenti sviluppi della ICT (*Information and Communication Technology*) hanno spinto le organizzazioni a utilizzare piattaforme intranet e reti di collaborazione extranet per la condivisione collaborativa di conoscenza.

Quasi tutte le organizzazioni di grandi dimensioni oggi hanno attivato una rete interna aziendale in cui si condividono le informazioni utili, come ad esempio elenchi di contatti, moduli standard, *template* di servizio, agende condivise, calendari e notizie sulla società, nonché tante altre informazioni rilevanti: questi servizi sono gestiti attraverso piattaforme *ad hoc*, basate sul web, che utilizzano sistemi di basi di dati e informazioni raccolte in *repository* più o meno efficacemente strutturati.

Inoltre una crescente quantità di grandi aziende, seguite da piccole e medie imprese e studi tecnici professionali stanno realizzando, e in alcuni casi analizzati anche familiarizzando con, i vantaggi produttivi delle *extranet* di filiera, per condividere più efficacemente le informazioni con la catena di approvvigionamento.

Anche se queste tecnologie stanno sicuramente trasformando i modi di condivisione della conoscenza tra le organizzazioni, per il momento esse riguardano principalmente la conoscenza esplicita, ovvero l'informazione qualificata e caratterizzata sia da compiti già strutturati che da contenuti già standardizzati, piuttosto che la conoscenza tacita, oggetto di interesse della presente trattazione.

Osservando più specificamente i problemi di gestione della conoscenza per la collaborazione progettuale tra gli attori del progetto multidisciplinare nel campo dell'edilizia, si rileva che la conoscenza implicita posseduta dagli esperti dei vari settori della progettazione, ricercatori o professionisti, insieme a quella sviluppata durante

i processi di progettazione da ogni specialista al lavoro, è una risorsa enorme che l'informatica può aiutare a capitalizzare e ad accrescere.

Vincoli normativi, manualistica, metodi e regole di buona pratica, linee guida, suggerimenti progettuali raccolti dalle esperienze pregresse, protocolli per la gestione del processo, caratteristiche prestazionali dei prodotti per la costruzione, questo e molto di più costituisce il corpus della conoscenza da gestire nelle fasi progettuali: la missione dell'ICT è quella di supportare l'accesso al contenuto giusto, al momento giusto.

Il punto di partenza allo stato dell'arte degli strumenti commerciali più diffusi, come rilevato nei capitoli precedenti, è senz'altro il *Building Information Modelling* che "è un metodo di gestione (di Program e di Project Management), destinato a integrarsi con il Product Lifecycle Management, in cui, secondo modalità olistiche legate all'accesso ai concetti tramite la visualizzazione, si governano i flussi informativi e decisionali" (Ciribini, 2013).

Con il supporto di queste considerazioni, non è necessario in questa trattazione argomentare sulle potenzialità di un BIM adeguatamente strutturato e delle ricadute che comincia a mostrare nel supporto ai lavoratori della conoscenza, ricadute che vanno "ben oltre la cosiddetta *Clash Detection* tra entità geometriche!"

Sempre secondo Ciribini (op. cit.) "Il BIM, quale metodologia, rientra, perciò, in un contesto assai più vasto in cui la finalità ultima è l'accrescimento di efficienza di un Sistema e delle sue Catene di Fornitura.

Tale tendenza, che oggi vede impegnati i Governi (e, a cascata, i committenti statali, poi quelli locali e, infine, quelli privati, oltre agli sviluppatori immobiliari), è destinata, sia pure nel medio periodo, a riguardare gli istituti bancari e assicurativi nell'orizzonte della Gestione della Conoscenza e della Gestione del Rischio.

L'esito di tale fenomeno è, quindi, quello di modificare profondamente l'identità e l'operatività degli Attori del Processo Edilizio e Infrastrutturale agendo sulle componenti organizzative e intaccando quelle tecnico disciplinari in profondità, ma per via indiretta: si pensi alla relazione tra concezione, calcolo e modellazione".

Il problema tuttavia è che le informazioni dei modelli BIM esistenti difettano di strutture rappresentative e logiche efficaci: la conoscenza progettuale, cioè quel flusso impalpabile di concetti e relazioni usate nei processi di ragionamento umano non trova collegamenti espliciti con quei dati.

Per questi motivi, come si è già visto in precedenza, il BIM non è idoneo ad essere uno strumento di supporto al processo di progettazione, mentre ha una ampia e comprovata utilità come strumento di gestione delle fasi attuative e gestionali dell'oggetto progettato.

Con un approccio orientato alla esplicitazione della *conoscenza implicita* al fine di migliorare la reciproca comprensione tra gli attori del processo progettuale, uno idoneo strumento di supporto progettuale può essere concepito come una *piattaforma in grado di integrare ed esaltare le potenzialità dei BIM commerciali*, con i quali il mercato e gli utenti finali hanno già familiarità.

Negli ultimi anni la tecnologia per lo sviluppo di sistemi *object-oriented* si è affermata per rispondere ai problemi di ri-usabilità, estendibilità, aggiornabilità di applicazioni dall'alto grado di complessità.

Nell'approccio progettuale *object-oriented*, c'è una stretta relazione tra conoscenza specialistica e tecnologie software. Il risultato è che l'architettura software, così come i suoi componenti, non può essere facilmente ri-usata, estesa e aggiornata senza una buona conoscenza sia dei problemi di dominio specialistico nel campo dell'edilizia, che di quelli intrinseci alla progettazione *object-oriented*.

Gli esperti di dominio, nel campo dell'edilizia, per collaborare allo sviluppo di sistemi di gestione della conoscenza per la progettazione collaborativa, devono possedere dunque una buona esperienza e dimestichezza con il metodo della progettazione orientata ad oggetti.

La loro conoscenza specialistica di dominio, necessaria per la risoluzione di problemi e rappresentata implicitamente nei diversi casi d'uso (prodotti, scelte, approcci, metodi progettuali, etc.), va specificata in maniera esplicita, definendo un insieme strutturato di classi e di loro relazioni. Ciò si traduce in quelle che sono state definite *Strutture di Conoscenza* (si vedano paragrafi successivi) che rappresentano insiemi strutturati di entità interconnesse da legami gerarchici o da regole di dipendenza.

L'obiettivo di tale lavoro è la realizzazione di *collegamenti* fra dati e concetti attraverso strutture operanti a vari livelli di complessità logica, capaci, a livello inferiore, di rappresentare il *significato*, e salire fino a sviluppare verifiche e ragionamenti automatici. Il prodotto di tali ragionamenti, siano essi basati su logiche deduttive, su casi probabilistici, logiche *fuzzy*, etc. costituirà il supporto alle operazioni di controllo, decisionali e creative dei progettisti.

* * *

Com'è facile intuire, il problema dello sviluppo delle reti semantiche assume un ruolo centrale nella rappresentazione della conoscenza.

La rete di concetti nel nostro modello di rappresentazione costituisce la *Struttura di Conoscenza*.

Al fine di garantire la vicendevole comprensione tra specialisti di domini distinti e attivare pertanto una effettiva ed efficace collaborazione, le molteplici strutture di Conoscenza dei diversi specialisti coinvolti dovranno essere interconnesse fra loro.

Entità interessanti per specialisti distinti saranno pertanto connesse nelle rispettive strutture di Conoscenza e tale rete di rapporti molti-a-molti costituirà quella che è stata definita come *Rete di Conoscenza*.

Tali temi sono stati affrontati attraverso un'architettura a più livelli rappresentata da:

- *i dati*: gli elementi primitivi di informazione, definiti in modo strutturato tramite il linguaggio XML;

- *i metadati*: elementi descrittivi dei dati o “informazioni sui dati” gestite tramite il linguaggio RDF;
- *le ontologie*: rappresentazione semantica di dati e metadati tramite specifici linguaggi (per es. OWL).

Infatti, mentre i dati associati ai diversi oggetti possono includere, in aggiunta alla forma dell'entità, informazioni riguardo la sua “materialità”, costo, produttore, colore ed altri attributi, raramente vengono inclusi dati relativi al “*significato*” dell'oggetto stesso, al contesto in cui esso è impiegato e alla sua funzionalità.

Ad esempio, la rappresentazione di un oggetto “Porta” può includere la sua forma, il suo materiale, il costo, ma in genere non include informazione alcuna riguardo la possibilità di impiego di tale porta per l'evacuazione in caso di incendio.

Inoltre non è previsto alcun tipo di dato per l'individuazione dello “stato” della porta: aperta, bloccata; condizioni queste che potrebbero addirittura modificare il “significato” dell'oggetto stesso da “varco” a “barriera” o “ostacolo”.

Qualora infine il medesimo oggetto fosse svincolato dai cardini che lo collegano al telaio e utilizzato come piano di un tavolo, il medesimo oggetto geometrico andrebbe nuovamente a modificare il proprio significato, rendendo pertanto l'insieme delle informazioni precedentemente associate ad esso del tutto o quasi insignificanti poiché non contestualizzate.

Si può aggiungere infine che il medesimo oggetto potrebbe acquisire significati differenti in tempi diversi, o quando osservato da utenti differenti. Tali significati potrebbero entrare in conflitto tra loro. A tal proposito, se l'informazione che identifica l'uso o il significato dell'oggetto non è esplicitamente rappresentata, inevitabilmente potrebbero presentarsi occasioni tali da rendere il progetto “inconsistente” in seguito a errate interpretazioni dei dati provenienti dai diversi partecipanti al medesimo processo progettuale.

Tali argomentazioni e analisi hanno portato nel tempo la convinzione che ogni *struttura di rappresentazione della conoscenza* dovrà necessariamente ammettere la dinamicità e la possibilità di modifica ricorsiva della propria stessa definizione.

Dopo aver discusso nella prima parte del presente capitolo l'importanza della conoscenza nelle organizzazioni e aver analizzato varie soluzioni ITC finalizzate alla gestione collaborativa della conoscenza, nel capitolo successivo si illustrerà una teoria elaborata dagli autori per la rappresentazione formale della conoscenza finalizzata alla collaborazione e alle modalità della sua gestione nel processo progettuale.

3.2 La rappresentazione della conoscenza. Il modello teoretico BKM: Building Knowledge Management

Si è mostrato nelle pagine precedenti che la conoscenza, per essere utilizzata con strumenti ICT sul web nel processo di progettazione collaborativa delocalizzata, deve essere adeguatamente rappresentata e gestita.

Pertanto un generico sistema ICT che si ponga quale obiettivo il supporto alla progettazione mediante la condivisione della conoscenza deve necessariamente confrontarsi con un duplice problema: da un lato la *formalizzazione della conoscenza* coinvolta nel processo considerato, dall'altro la *formalizzazione della struttura di gestione* del processo di progettazione collaborativo.

Nelle pagine seguenti viene presentato un *modello di rappresentazione della conoscenza progettuale per l'edilizia* denominato BKM (*Building Knowledge Management*), elaborato a seguito di un lavoro di ricerca condotto nel corso di oltre dieci anni, in stretto contatto con i più avanzati centri di ricerca internazionali², sulla base dello studio delle attuali e più significative ricerche nel settore, delle loro potenzialità e dei loro limiti, come sinteticamente indicato nel capitolo precedente.

Questo modello risulta essere estremamente compatto, ma al tempo stesso flessibile e versatile, capace di rappresentare tutti i concetti coinvolti durante il processo di progettazione e di migliorarne la reciproca comprensione tra tutti gli attori coinvolti (Carrara et al, 2009; Fioravanti e Loffreda, 2009).

Nei capitoli seguenti se ne illustreranno le principali acquisizioni teoriche e tecniche e nelle parti conclusive di questo libro se ne darà un esempio di implementazione e di applicazione.

Uno degli aspetti fondamentali di ogni tipo di rappresentazione risiede nella specificità della stessa e nell'obiettivo cui tale rappresentazione è orientata: in altri termini, nell'uso cui essa è destinata.

Nel caso in esame la presente trattazione è orientata a definire strutture di rappresentazione applicate all'architettura e all'edilizia e, più in particolare, al processo di progettazione che caratterizza la genesi di un organismo architettonico complesso.

Il campo, pur ampio, risulta in questo modo sufficientemente definito ed individuato. Tuttavia la complessità dei processi progettuali e soprattutto la natura prototipale propria della progettazione degli oggetti architettonici rendono piuttosto complessa l'individuazione di modelli invarianti.

In primo luogo, come precedentemente illustrato, la natura multidisciplinare degli attori specialisti che vengono coinvolti in un processo di progettazione complica il problema della rappresentazione univoca: l'obiettivo di definire uno strumento di supporto alla collaborazione tra gli attori implica l'analisi sia delle conoscenze

specialistiche degli attori coinvolti sia dei processi di interazione tra queste, individuando gli elementi quanto più possibile invariati e comuni a più conoscenze specialistiche distinte.

Al fine di consentire durante il processo a ciascun attore specialista di (ri)-modellare le entità e le regole assunte nel proprio dominio di conoscenza, il *modello* BKM si avvale di un linguaggio formale basato sulle *ontologie*, facile da compilare e applicabile ad ogni entità rappresentata.

L'impiego delle Ontologie per la definizione della Conoscenza in un processo di progettazione consente l'impiego della logica dei predicati per la definizione semantica dei concetti coinvolti.

La logica dei predicati, prevalentemente impiegata per la formalizzazione di codici informatici, è caratterizzata dall'impiego di un linguaggio che coinvolge entità, proprietà, attributi e regole.

La definizione di ciascuna di queste caratteristiche genera una rete di concetti "interconnessi" fra loro mediante proprietà e regole e, di fatto, è in grado di rappresentare in maniera strutturata, un insieme complesso di concetti.

Strutture di Conoscenza compiutamente e coerentemente così definite consentono quindi interrogazioni, *queries* e ragionamenti mediante motori inferenziali che possono verificare vincoli, regole specialistiche di dominio e regole inter-dominio per verifiche di congruenza entro il singolo dominio specialistico o di tipo multidisciplinare sulla soluzione progettuale sviluppata dai molteplici attori coinvolti.

La formalizzazione di un'ontologia, sia essa riferita ad entità spaziali o tecniche, ha lo scopo di rendere esplicito il loro significato associando a queste un insieme strutturato di classi/concetti/entità e relazioni tra queste.

Per trarre il massimo vantaggio da un'ontologia, è importante esprimere i concetti secondo una logica compiuta e formalmente coerente, in modo da consentire all'attore (agente umano o software) una visualizzazione di dati associati a *descrizioni logiche*, in modo tale da fornire una descrizione logicamente strutturata dei dati ottenuti con gli abituali strumenti di progettazione.

Le *descrizioni logiche* sono una tipologia di logica definita per esprimere la conoscenza in termini di concetti, relazioni e procedure di ragionamento automatico in termini computazionali (Lenzerini, 2005; Poggi et al, 2008).

La formalizzazione adottata per la rappresentazione della conoscenza nel modello BKM è in grado di caratterizzare le entità relative all'edificio, attraverso le relazioni funzionali che intercorrono tra di esse e che appartengono alla famiglia delle descrizioni logiche.

La concezione di fondo del modello BKM è basata sui seguenti assunti: l'oggetto dell'attività di progettazione è la risultante di un sistema complesso, dinamico e interattivo, di numerose *entità*, caratterizzate ciascuna da un *significato*, da un insieme di *proprietà* e da un insieme di *regole* che ne definiscono le relazioni con le altre

entità e con le possibili variazioni della stessa nel corso del processo progettuale. Per le modalità con le quali si è usi organizzare la progettazione le entità possono essere convenientemente raggruppate nei quattro sottoinsiemi illustrati nella parte seconda di questo volume: *processo, attori, contesto e prodotto*.

Qualsiasi entità ontologica (nel senso più ampio) coinvolta nel processo di progettazione è compiutamente descrivibile mediante queste tre caratteristiche principali: *Significato, Proprietà, Regole (Meaning, Properties, Rules)*, che rappresentano una sintesi dei concetti necessari per la sua caratterizzazione formale.

Questo modello estremamente compatto consente un approccio dinamico e ricorsivo alla formalizzazione della conoscenza, essendo in grado di essere impiegato per rappresentare sia entità estremamente semplici che entità estremamente complesse a loro volta composte, ove necessario, da più entità di più basso livello (processo cosiddetto di *assembly*).

A qualsiasi livello di complessità ogni *entità* potrà essere pertanto sempre espressa attraverso il medesimo modello, in grado di rappresentare tutti i concetti, i dati e le relazioni ad essi collegate, ritenuti significativi per il tipo di oggetto e la fase del processo di progettazione considerata.

Possiamo dire che, a tutti i livelli di complessità/astrazione, il contenuto della tripletta *Meaning-Properties-Rules* può essere considerato come una sorta di “*gene della conoscenza*” dell’entità presa in esame.

Ogni entità, relazionata alle altre attraverso un meccanismo di “combinazione” (*assembly*), porterà alla definizione di una soluzione progettuale il cui set di “*geni*” costituirà il “*genoma della conoscenza*” del prodotto finale.

Si mostrerà nel seguito come questo *modellatore della conoscenza* sia in grado di rappresentare qualsiasi entità nell’ambito dell’architettura e dell’edilizia in genere, secondo le differenti prospettive dei diversi attori specialisti.

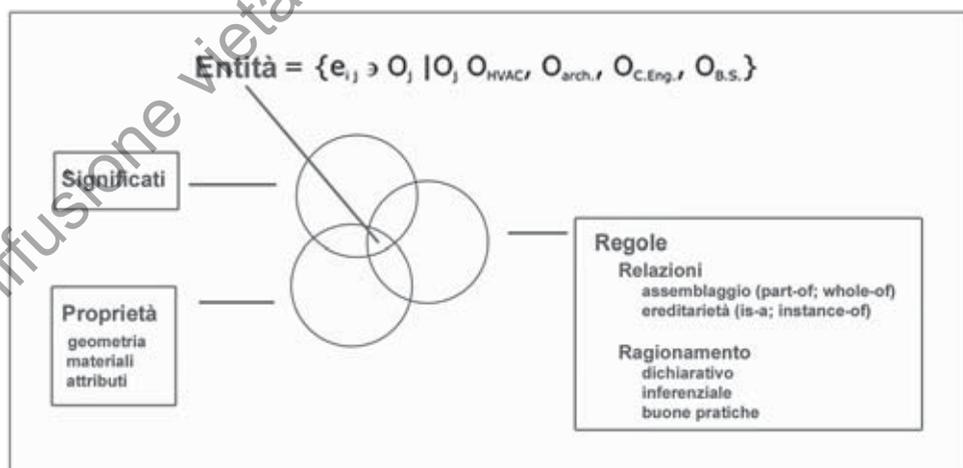


Figura 8. *Il Modello per la Rappresentazione delle Entità.*

Vedremo come gli architetti, gli ingegneri e tutti gli attori del processo di progettazione, fino al cliente e agli utenti finali, utilizzando questo modello siano in grado di rappresentare le entità di proprio interesse nei termini dei significati per essi peculiari (specialistici e in genere distinti per ciascuno di loro), delle proprietà e delle regole ed evidenziare in questo modo i requisiti e gli obiettivi di ciascuna proposta progettuale sviluppata da ogni attore.

Nella costruzione di una Struttura di Conoscenza assume particolare importanza il processo di “*istanziamento*” (*instantiation*) di un concetto, consistente nella generazione di un nuovo concetto, “figlio” del precedente, sulla base della attribuzione di valori specifici alle proprietà, regole e significati dell’entità in esame.

Partendo quindi da un concetto astratto (prototipo), è possibile istanziare un elemento concreto (oggetto o individuo) da impiegare nel processo progettuale.

La struttura di Conoscenza può essere definita mediante distinti processi generativi che possono essere attivati interattivamente ed iterativamente secondo necessità dello specifico caso affrontato:

- *Approccio dichiarativo*: le entità vengono prima definite in termini di significati, di requisiti e performance, quindi vengono istanziate compilando tutti i valori richiesti e stabilendo collegamenti, relazioni e regole tra loro; un modello geometrico delle soluzioni del progetto è quindi rappresentato sulla base delle proprietà geometriche associate ad ogni entità.
- *Approccio deduttivo*: in questo secondo caso, la rappresentazione geometrica è il primo passo; in qualsiasi fase del processo di progettazione ogni attore associa significati, proprietà e regole per ogni entità che definisce geometricamente. In questo caso alcuni dei valori richiesti dalla struttura di conoscenza potranno essere dedotti dalla rappresentazione geometrica, (adiacenze, relazioni di prossimità con altre entità e quanto altro deducibile dal sistema sulla base di una specifica rappresentazione geometrica definita).

Nel seguito del presente capitolo e nei successivi si illustrano i concetti fondamentali del modello BKM, cominciando dalle caratteristiche della tripletta *Meaning, Properties, Rules*, mentre nel capitolo 3.5 e seguenti se ne illustrano le tecniche che ne permettono l’implementazione e la conseguente applicazione nell’uso.

Il modello di conoscenza sopra esposto consente di migliorare la condivisione delle conoscenze e la collaborazione tra gli attori attraverso due diversi approcci progettuali che possono essere attivati interattivamente ed iterativamente secondo necessità dello specifico caso affrontato.

Il valore aggiunto di tale modello di rappresentazione della conoscenza è relativo a due ambiti principali distinti:

- *Ambito di conoscenza specialistica* la corretta formalizzazione delle conoscenze specifiche aiutano ogni attore in quanto consentono di controllare direttamente la

coerenza, la congruenza e la coerenza delle soluzioni da lui proposte nel corso della produzione della soluzione progettuale;

- *Ambito di conoscenza comune* questa consente di controllare e verificare la congruità di ogni soluzione progettuale specialistica nei confronti di tutte le altre soluzioni specialistiche prodotte dagli altri attori, mettendo in evidenza i nodi critici, i conflitti e le possibili modifiche, riducendo quindi i costi e i tempi di sviluppo di una soluzione complessiva coerente.

I suddetti ambiti di conoscenza rappresentano insiemi di concetti, entità, proprietà, regole e relazioni interconnessi fra loro, con livelli di approfondimento specifici e semplificazioni legate alla efficacia ed operatività degli strumenti impiegati.

Il loro impiego nella pratica progettuale comune è riscontrabile nel corso delle riunioni tecniche in cui ciascun singolo specialista si muove costantemente dall'uno all'altro ambito per la definizione delle proprie soluzioni specialistiche e la loro traduzione agli altri specialisti.

Nel successivo capitolo, incentrato sulle dinamiche di Gestione della Conoscenza, saranno illustrati i meccanismi proposti per l'attivazione, traduzione, o più semplicemente per il filtro della Conoscenza tra i vari specialisti e saranno discussi in maniera più approfondita i vantaggi di una formalizzazione esplicita dei due distinti ambiti.

Poiché le *entità* del progetto comuni a tutti gli attori (e i concetti ad esse associati) sono da questi condivisi e convenuti, il sistema contribuisce ad evitare incomprensioni e perdita di dati, attivando e favorendo la collaborazione, intesa come condivisione dei problemi (vedi Parte I).

Mediante la presa di coscienza delle problematiche di ciascuno, il singolo attore può non solo elaborare o modificare soluzioni progettuali all'interno del proprio dominio disciplinare specialistico, ma anche interagire con i domini altrui e proporre modifiche delle soluzioni altrui.

Mediante l'impiego di un "*livello deduttivo*" (*deductive layer*) in grado di verificare e valutare le regole tra le entità considerate provenienti dalla medesima Ontologia, il sistema consentirà ai progettisti di utilizzare in maniera corretta i diversi e molteplici livelli di astrazione e favorire pertanto una reale "*interoperabilità di concetti*".

Combinando le problematiche riscontrate nel processo progettuale con le precedenti esperienze progettuali, gli attori possono essere maggiormente consapevoli delle implicazioni della soluzione proposta e preparati, per tempo, a eventuali interventi sul progetto.

La rappresentazione delle entità potenzialmente presenti negli oggetti di interesse nel dominio considerato, così come quella delle caratteristiche ad esse associate, si avvale del *formalismo delle ontologie*.

Alla tripletta Meaning-Properties-Rules impiegata per la definizione generale di qualsiasi entità da rappresentare, si affiancano i concetti di *Classe*, *Proprietà* e *Regole* propri del formalismo delle *ontologie*.

L'estrema libertà espressiva e rappresentativa garantita dal linguaggio delle ontologie consente la definizione di entità complesse, proprie del dominio della progettazione architettonica, ammettendo inoltre la presenza di incoerenze interne e incongruenze nella rappresentazione, che caratterizzano i processi generativi dei progetti in genere sino alla compiuta definizione dell'oggetto prefigurato.

Nei successivi paragrafi si analizzeranno nello specifico le peculiarità di ciascun elemento della tripletta MPR per chiarirne i contenuti e le caratteristiche discriminanti.

Significato (Meaning)

Il macro insieme "*Meaning*" include tutti gli aspetti dichiarativi associati al significato delle entità rappresentate, comprendendo tutti i significanti associati ai simboli impiegati per la rappresentazione dell'entità stessa:

- Nome della classe;
- Definizione/i condivisa/e da tutti gli attori coinvolti nell'Ontologia considerata (*Common Building Ontology, CBO, e/o Specialist Building Ontology, SBOs*).

Ciò implica che tutto il sapere tecnico necessario per la progettazione di un oggetto edilizio viene direttamente connesso alle entità costituenti, presenti nella specifica *ontologia* considerata; in tal modo si stabilisce una struttura relazionale tra tutti i concetti, i metodi e gli strumenti di progettazione, valutazione e controllo propri delle entità e del dominio disciplinare considerato.

Persino a livello di "significato" il modello di rappresentazione BKM è strutturato in maniera flessibile, dinamica e cosiddetta "*rule-dependant*" ossia dipendente dalle regole, in modo tale che, con riferimento al contesto, ai vincoli, agli obiettivi e alle esigenze degli utenti finali, i significati associati alle entità possano modificarsi, segnalare inconsistenze e vincoli violati dagli attori.

Tanto i *significati comuni*, quanto quelli *specialistici* sono affetti dal contesto nel quale l'entità cui sono associati è collocata; in seguito all'attivazione di sistemi di verifica e controllo di consistenza, congruenza e coerenza, la formalizzazione dell'entità diventerà quindi più appropriata al contesto.

Ad esempio, una "finestra" sarà associata al nome di una classe (*Window*) e a molteplici definizioni (non esaustive) ciascuna dipendente dal contesto differente nel quale tale entità potrebbe essere impiegata.

Essa potrebbe essere definita: 1) quale interfaccia tra interno ed esterno; 2) come una superficie trasparente su un muro (contesto architettonico); 3) come un punto cruciale per le trasmissioni termiche (contesto energetico); 4) come un carico unifor-

memente ripartito su un muro o su una trave (contesto strutturale); e/o con tante altre definizioni quante lo specifico progetto ne richiederà.

Sarebbe utopistico porsi quale obiettivo la formalizzazione di tutte le possibili definizioni per ciascuna entità e, soprattutto, ciò escluderebbe ogni possibilità di approccio creativo alla progettazione.

La creatività, in tale prospettiva, può pertanto essere definita come l'abilità di evidenziare *significati innovativi* attribuiti a ciascuna entità "significante" nello specifico contesto progettuale considerato.

Al fine però di esser definito effettivamente creativo l'apporto progettuale dovrà però risultare utile, efficace, ripetibile e dovrà incrementare il livello di conoscenza dello stato dell'arte fino a quel punto stabilito nel dominio di applicazione.

Proprietà (Properties)

Tale macro insieme include tutti gli aspetti descrittivo/comportamentali relazionati alle entità considerate, definiti attraverso valori specifici associati agli attributi stessi:

- Proprietà geometriche (forma, dimensioni, posizione);
- Proprietà fisiche (matericità e attributi connessi);
- Proprietà comportamentali (relativamente agli aspetti strutturali, energetici, acustici, illuminotecnici, etc).

Questi possono essere computati mediante l'impiego di metodi, algoritmi e/o procedure di calcolo quali:

- metodi di calcolo: operazioni più complesse delle precedenti e caratterizzate dalla computazione mediante parametri/valori di altre entità coinvolte nella medesima soluzione progettuale;
- formalizzazione di Algoritmi associati alle entità: semplici operazioni matematiche per la computazione di valori attraverso altri parametri noti della medesima entità considerata;
- algoritmi e software esterni: operazioni complesse che necessitano di software esterni o di algoritmi complessi per la loro corretta determinazione; tali software esterni saranno definiti con valori standard (default) e/o attivati mediante input provenienti da parametri e/o valori e/o regole presenti nella stessa rappresentazione formale e attraverso processi, procedure e simulazioni iterative.

Per meglio chiarire cosa si intenda per *Proprietà* si consideri che rientrano in tale macro insieme tutti quegli aspetti descrittivi di una generica entità che sono rappresentabili mediante un valore.

Ad esempio, la lunghezza di una parete, di un tavolo, di un edificio, associa al concetto dell'entità un valore numerico di tipo "double" (che in linguaggio informatico rappresenta numeri reali) della proprietà "*Lunghezza*".

Il concetto di Proprietà è pertanto trasversale rispetto alla struttura delle entità ed è quindi applicabile a diversi concetti, adattandosi di volta in volta al contesto di

applicazione (sistema di riferimento, unità di misura, arrotondamenti) preventivamente definito dall'utente.

Regole (Rules)

Le regole rappresentano le “*sinapsi*” che collegano ciascuna entità alle altre, molteplici e distinte, cui essa è relazionata all'interno del progetto e attraverso le quali si diffonde all'interno della Struttura di Conoscenza, sia essa complessiva che rappresentativa di una soluzione progettuale particolare.

Questo tipo di rete complessa e del tipo “*molti a molti*” è composta fondamentalmente da due tipologie fondamentali di connessioni:

- regole relazionali (*Relationships*);
- regole di ragionamento (*Reasoning*).

Le *regole relazionali* tra le entità possono essere:

- collegamenti tra entità di livello inferiore ed altre caratterizzate da una crescente complessità quale risultato di “assemblaggio” o
- composizione di molteplici entità, o viceversa (*Part-Of, parte di, Whole-Of, insieme di*);
- relazioni gerarchiche che regolano la stratificazione generale delle entità in termini di rapporti Padre/Figlio, Prototipo/*Instance* (Is-A, è un, *Instance-Of, instance di*).

Le *regole di ragionamento* possono essere caratterizzate da:

- algoritmi e codici in linguaggio formale per l'analisi, la verifica e la valutazione di concetti associati a entità specifiche mediante procedure di inferenza di tipo “*If-Then*” (se-allora);
- regole dipendenti dal contesto, riferite alla normativa vigente, che diventeranno pertanto vincoli inderogabili per le entità cui tali regole saranno associate;
- regole di consistenza, composte da algoritmi finalizzati alla verifica della consistenza dei valori, dei parametri, degli attributi, delle *instance*, delle relazioni e delle proprietà, con riferimento particolare al significato associato a ciascuna entità nel contesto specifico in cui questa è collocata al momento della verifica;
- regole empiriche, cosiddette di “buona pratica” progettuale, formalizzate sotto forma di codici, e concetti che rappresentano parte dei processi di ragionamento che ciascun attore nel proprio personale dominio disciplinare elabora durante il processo di progettazione.

Pietro N. Maggi in un fondamentale testo sul processo edilizio [Maggi, 1994] asserisce che “ogni edificio può essere considerato come un insieme strutturato di entità spaziali e tecnologiche scelte tra quelle definite nella fase precedente di meta-progettazione ed è il risultato del processo progettuale funzionale (spaziale) combinato con le scelte tecnologiche in termini di dimensioni e forma, con particolare attenzione al contesto in cui esso è collocato”.

Di fatto l'oggetto della fase di meta-progettazione di un intervento è il siste-

ma edilizio, analizzato nei suoi complessi aspetti di comportamento e di funzionamento.

A sua volta il *sistema edilizio* si presenta come *sovra-sistema*, cioè insieme integrato e coerente, del sistema *ambientale* e del sistema *tecnologico*.

Le *unità ambientali*, definite nei loro comportamenti, si integrano nelle *unità edilizie* del sistema ambientale. Gli *elementi tecnici* definiti a loro volta nei loro comportamenti, si integrano nei *subsistemi edilizi* del sistema tecnologico.

I *modelli di comportamento* sopra menzionati sono espressi per il tramite dei requisiti e delle specificazioni di prestazione sia a livello ambientale che tecnologico.

Le strutture della conoscenza

Al fine di stabilire quali informazioni vadano scambiate tra gli attori nel corso del processo di progettazione e quanto (quali parti) delle informazioni e della conoscenza specialistica di ciascuno attore debba risultare “*comune*” ad altri (o a tutti) gli attori coinvolti nel processo, risulta assai efficace il formalismo logico rappresentato dalle *reti semantiche*.

Le *reti semantiche* costituiscono una classe di sistemi di rappresentazione tipici dell’IA. L’idea fondante impiega come strumento di rappresentazione un grafo, in cui ad ogni nodo è associata un’entità concettuale e in cui le relazioni fra le entità concettuali sono rappresentate mediante archi che connettono i nodi.

Tale rappresentazione consente di evidenziare, rispetto a una specifica relazione considerata, i rapporti tra le molteplici entità coinvolte nella rappresentazione.

In particolare, con l’ausilio della formalizzazione mediante ontologie è possibile individuare la struttura gerarchica definita tra le classi e modellarla per meglio sovrapporsi alla struttura reale rappresentata.

Le strutture di Conoscenza rappresentano pertanto un insieme strutturato di entità (concetti) legati fra loro da regole fondamentalmente di tipo gerarchico e di appartenenza (IS-A). Ciascuna entità non è però caratterizzata dalla sola definizione semantica, bensì contiene l’intera rappresentazione formale del proprio significato, delle proprietà e delle regole di vario livello che la caratterizzano.

La flessibilità del modello BKM aggiunge un’ulteriore caratteristica; essendo il modello ideato per adeguarsi al contesto applicativo mediante regole di contesto, è possibile visualizzare strutture differenti in relazione a particolari condizioni diverse.

Sarà quindi possibile visualizzare strutture distinte per ciascuno degli attori coinvolti o ad esempio strutture che mostrino entità diverse in funzione del contesto fisico in cui si concretizzerà la progettazione, mostrando pertanto tipologie, nomenclature e attributi propri del sito in esame.

Con tale formalismo sono state organizzate in strutture logiche le entità di ciascun dominio (*Realm*) di interesse della progettazione architettonica ed edilizia, che nella Parte II sono stati individuati in: *Processo, Attori, Contesto, Prodotto*.

Per ogni dominio le varie entità sono tra loro gerarchicamente connesse in una struttura ad albero di cui costituiscono le foglie. A ciascuna entità sono associate le

relative proprietà, le regole, e più in generale i concetti corrispondenti. A loro volta regole e proprietà creano legami sinaptici tra entità e concetti di domini diversi, creando un modello di rappresentazione di conoscenza di ciascun dominio che chiameremo *struttura di conoscenza*.

Ciascuna *struttura di conoscenza* assume un carattere generale nei confronti di tutti gli attori del processo per quanto attiene il grafo della rete semantica, e l'individuazione delle entità (significative per il settore progettuale considerato). Al contrario significati, proprietà, regole e concetti associati a ciascuna unità assumono caratteristiche e valori direttamente legati alla conoscenza specifica dell'attore che ne fa uso (*actor-dependent*).

Tutti questi fattori sono analizzati in termini quantitativi e qualitativi per trovare invarianti al fine di ottimizzare la costruzione delle reti semantiche, creando *cluster di conoscenza* in rapporto agli interessi specifici di ciascun attore: valori specifici che soddisfano un particolare requisito, oppure un insieme strutturato di requisiti, in una situazione particolare, che rappresentano il comportamento (o le prestazioni) della classe/i nello specifico della conoscenza dell'attore i-esimo.

Di queste proprietà delle strutture di conoscenza se ne farà ampio uso nel seguito per consentire la collaborazione progettuale iterativa e interattiva tra gli attori: si mostrerà infatti come durante le diverse fasi del processo di progettazione gli attori potranno scambiarsi solo le informazioni necessarie e sufficienti per il destinatario, utilizzando come riferimento la comune strutturazione delle entità.

Un'altra peculiarità del modello BKM è la *scalabilità*: il modello consente di includere, successivamente all'avvio del processo, nuove categorie di attori (diverse tipologie di progettisti e/o soggetti coinvolti nel processo di progettazione), di classi e di competenze necessarie per lo specifico processo di progettazione, compresi gli aspetti specialistici e le peculiarità di ciascuno di essi.

Ciò non solo consente di rimediare a inevitabili lacune nel processo di definizione e compilazione della struttura di conoscenza originaria, da parte degli attori secondo le proprie necessità, bensì consente l'estensione ed espansione della rappresentazione stessa a futuri sviluppi della tecnica, della tecnologia e dei materiali impiegati in edilizia.

Un altro aspetto di notevole importanza risiede nella natura stessa del processo progettuale: nella pratica progettuale, gli attori coinvolti potrebbero, come spesso accade, aver già collaborato precedentemente.

Ciò implica che la "*povertà semantica*" dei contenuti della *Struttura di Conoscenza Comune* di partenza, potrebbe risultare un limite più che un ausilio.

Gli attori progettisti potrebbero infatti aver già raggiunto, in precedenti esperienze lavorative, un affiatamento e una reciproca comprensione su concetti, termini, approcci progettuali e significati associati ad entità che superano l'iniziale impostazione delle definizioni delle entità nella *Struttura di Conoscenza Comune*.

A tal proposito si ritiene necessario operare un ulteriore distinzione tra la *Strut-*

tura di Conoscenza di Progetto (Project Dependent Knowledge) e la *Struttura di Conoscenza Originaria* (Project Independent Knowledge).

La *Struttura di Conoscenza Originaria* contiene tutti e soli gli elementi ritenuti noti alla maggioranza degli operatori del settore edilizio, nei vari domini specifici.

Con ciò si intende che la *Struttura di Conoscenza Originaria* dovrà contenere l'insieme delle entità edilizie (che in seguito specificheremo suddividersi in entità fisiche ed entità spaziali), delle proprietà che risultano indispensabili agli attori coinvolti per comprendersi e per collaborare sulle medesime entità e dei diversi sistemi di relazioni sottesi dalle medesime entità e dalle relative proprietà.

La *Struttura di Conoscenza di Progetto*, oltre a contenere la *Struttura di Conoscenza Originaria* (che ne è quindi un sottoinsieme), contiene tutti gli elementi (entità, proprietà, relazioni) che, nel corso della o delle collaborazioni precedenti con i medesimi attori (o con alcuni di essi) sono stati impiegati.

A discrezione degli attori, anche nel corso del processo progettuale, sia le differenti *Strutture di Conoscenza Specialistiche*, che la *Struttura di Conoscenza Comune*, possono essere ampliate in diversi modi: innalzando il livello semantico in esse contenuto, aggiungendo delle proprietà non previste dalle rispettive *Strutture di Conoscenza Originarie*, o addirittura aggiungendo nuove entità non contemplate.

Con tale operazione, indubbiamente legata al progetto e pertanto “*project dependent*”, gli attori possono ampliare lo spettro di conoscenza condiviso con gli altri. Possono così migliorare il livello di collaborazione all'interno del processo di progettazione e creare un proprio personale “*standard di comunicazione*” basato su una struttura comune, relativa alla *Struttura di Conoscenza Originaria*, ma adattata alla specifica esperienza di progettazione condivisa.

Nel seguito, per ciascun dominio si illustreranno sinteticamente le entità considerate, la loro struttura gerarchica e le principali regole di inferenza che possono essere considerate ed applicate per supportare la progettazione.

Dominio <Processo>

Il Dominio <Processo> è costituito da una serie di entità riferite all'insieme di *risorse e attività* concernenti la programmazione, la progettazione, la realizzazione e la gestione del prodotto edilizio.

In particolare tale dominio include tutte le fasi di progettazione, dal progetto preliminare, a quello definitivo, sino al progetto esecutivo e costruttivo; sono inoltre presenti le attività di gestione, di uso e manutenzione dell'edificio nonché le attività strettamente legate alla costruzione e realizzazione del bene edilizio.

Il Dominio <Processo> è pertanto una complessa macro-classe che include:

La progettazione, che include tutte le fasi dallo studio di fattibilità alla progettazione esecutiva, in ciascuna delle quali cambia il livello di approfondimento richiesto,

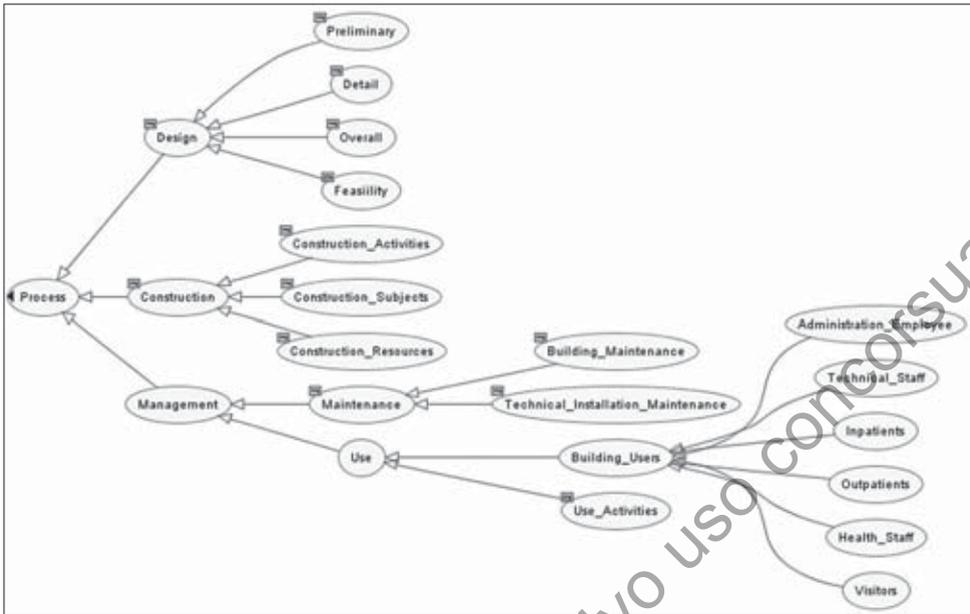


Figura 9. *Struttura della Conoscenza: il Processo.*

le modalità di rappresentazione, gli attori coinvolti, le relazioni con il contesto, per la prefigurazione attenta e accurata del prodotto finale.

La costruzione, che include le relazioni tra gli enti coinvolti, le tipologia di attività e risorse disponibili per la realizzazione del prodotto finale.

La gestione, successiva alla realizzazione, in cui l'importanza di una corretta valutazione a priori delle modalità d'uso e mantenimento del prodotto permettono un'ottimizzazione dei costi di costruzione e quindi di migliorare le *performance* dell'edificio.

Ciascuna entità costituente il Dominio (*Realm*) <Processo> rappresenta un aspetto legato alla gestione dell'intero processo di definizione, realizzazione e gestione del bene edilizio.

Si trovano quindi all'interno della Classe <Costruzione> le sottoclassi <Attività>, <Soggetti> e <Risorse> propri del processo di costruzione; allo stesso modo, quali sottoclassi della <Gestione>, sono definiti <Uso> e <Manutenzione> dell'edificio.

La definizione analitica delle classi esposte non è qui dettagliata, rinviando gli approfondimenti allo sviluppo successivo del modello. Si evidenzia peraltro la collocazione all'interno della Classe <Uso> della sotto-classe fondamentale riguardante gli <Utenti> dell'edificio (*Building_Users*).

In tale classe sono collocate le categorie (sotto-classi) di Utenti che andranno ad occupare, utilizzare, interagire con l'edificio oggetto della progettazione. Tali categorie, così come tutte le entità della Struttura di Conoscenza saranno modellate secondo il modello BKM e pertanto ad esse saranno associati significati specifici, proprietà, regole e di conseguenza, capacità, possibilità e limiti di interazione con le entità edilizie progettate.

Questo particolare ramo di sviluppo della modellazione e formalizzazione della Conoscenza è ancora in essere e promette ampi sviluppi nella modellazione e simulazione del funzionamento degli edifici nelle fasi di progettazione.

In tal modo sarà possibile effettuare verifiche dell'effettiva rispondenza del progetto alle reali esigenze dei suoi futuri occupanti e utilizzatori finali attraverso lo sviluppo di sistemi di simulazione del comportamento degli utenti, di cui si fa cenno nelle conclusioni del presente volume.

Dominio <Attori>

Il Dominio <Attori> include tutti i soggetti/attori che nelle diverse fasi di progettazione (definite nel Dominio <Processo>) e a diversi livelli di dettaglio (relativamente alla specifica fase di progetto) sono coinvolti a lavorare sul prodotto, sul contesto o sul processo, nelle varie fasi di programmazione, progettazione, costruzione e gestione del prodotto finale, come amministrazioni pubbliche, committenti, progettisti, collaudatori, imprese, strutture di manutenzione e gestione, acquirenti pubblici e privati, ecc.

Ogni attore è in grado di interagire con l'oggetto di interesse influenzando e modificando anche il processo e la soluzione progettuale (nel senso più ampio) in relazione al contesto in cui si inserisce.

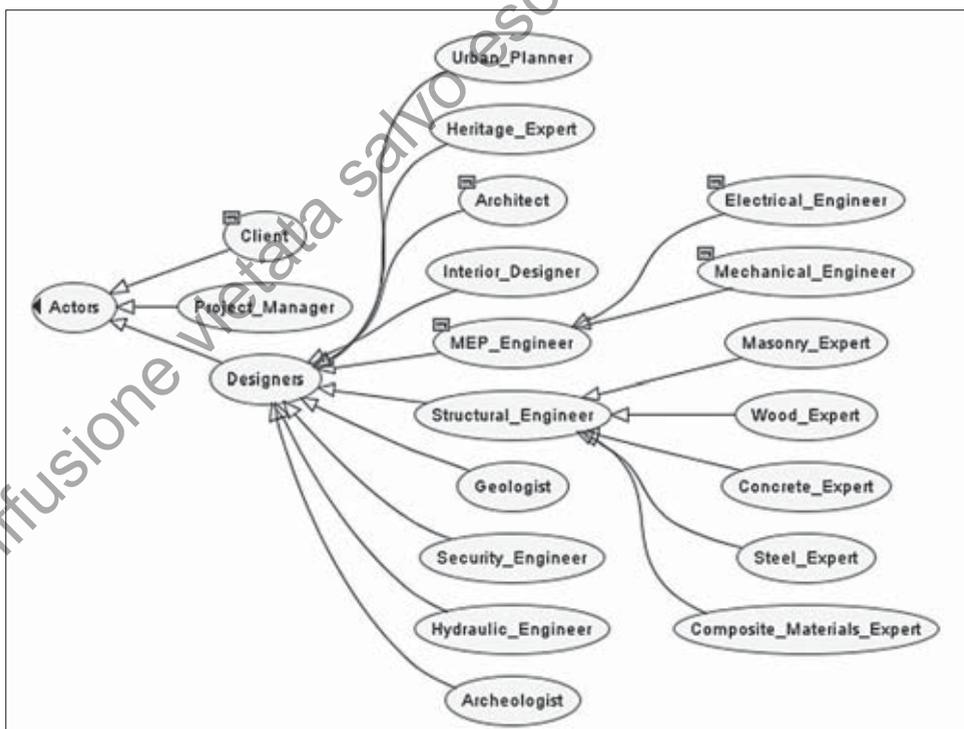


Figura 10. *Struttura della Conoscenza: Gli Attori.*

A differenza degli Utenti (Building_Users) precedentemente descritti nel Dominio Processo come sotto-classe della classe <Uso>, in questo dominio vengono collocati tutti i soggetti (umani, simulati, agenti informatici) che intervengono *attivamente* nel processo progettuale interagendo con le entità edilizie e editando, modificando, istanziando valori, attributi, proprietà, regole ed entità.

Nello specifico gli <Attori> sono stati distinti in tre macro categorie per distinguere l'ambito principale di competenza:

- *Cliente/Committente*: finanze e budget di progetto nonché approvazione finale sulle scelte di progetto (di fatto, come nella reale pratica progettuale, “*decide chi paga*”);
- *Project Manager*: gestione del processo progettuale e controllo del rispetto dei tempi e del budget fissato dal Cliente;
- *Designer/Progettisti*: in genere l'insieme di professionisti che con differenti specializzazioni, competenze, risorse, requisiti e vincoli, contribuiscono alla modellazione del progetto proponendo molteplici soluzioni progettuali tanto specialistiche (interne al dominio di ciascuno), quanto condivise e comuni da sottoporre al benessere del Cliente.

A ciascuna delle classi di progettisti definite, corrispondono quindi proprietà e regole che più propriamente corrispondono alle peculiarità dell'attività di ciascuno:

- definiscono i limiti di competenza;
- stabiliscono priorità decisionale rispetto ad altri progettisti (tale caratteristica nello specifico, è regolamentata dal Project Manager che, gestendo l'intero processo, può stabilire quale tra i progettisti ha, nella specifica fase progettuale, la priorità rispetto agli altri);
- individuano tempi e modalità di partecipazione al processo progettuale, suggerendo ad esempio, secondo precedenti statistiche, esperienze progettuali e letteratura, in quali fasi del processo progettuale o in quali circostanze di contesto è opportuno coinvolgere taluni profili specialistici piuttosto che altri (archeologi, strutturisti, geologi).

Dominio <Contesto>

A differenza di altri prodotti industriali, ogni edificio nella sua unicità rappresenta la soluzione progettuale sviluppata da un team di progettisti per soddisfare le specifiche esigenze di un committente e degli gli utenti finali in un luogo e un tempo specifico.

Ogni edificio è sempre influenzato da fattori esterni che contribuiscono in maniera più o meno rilevante a modellarne la soluzione attraverso vincoli, limitazioni, suggerimenti e altri aspetti da tenere in giusta considerazione.

Tutti questi aspetti vengono inclusi nel Dominio <Contesto>, perché non fanno strettamente parte della soluzione progettuale e non sono quindi parte del <Prodotto>.

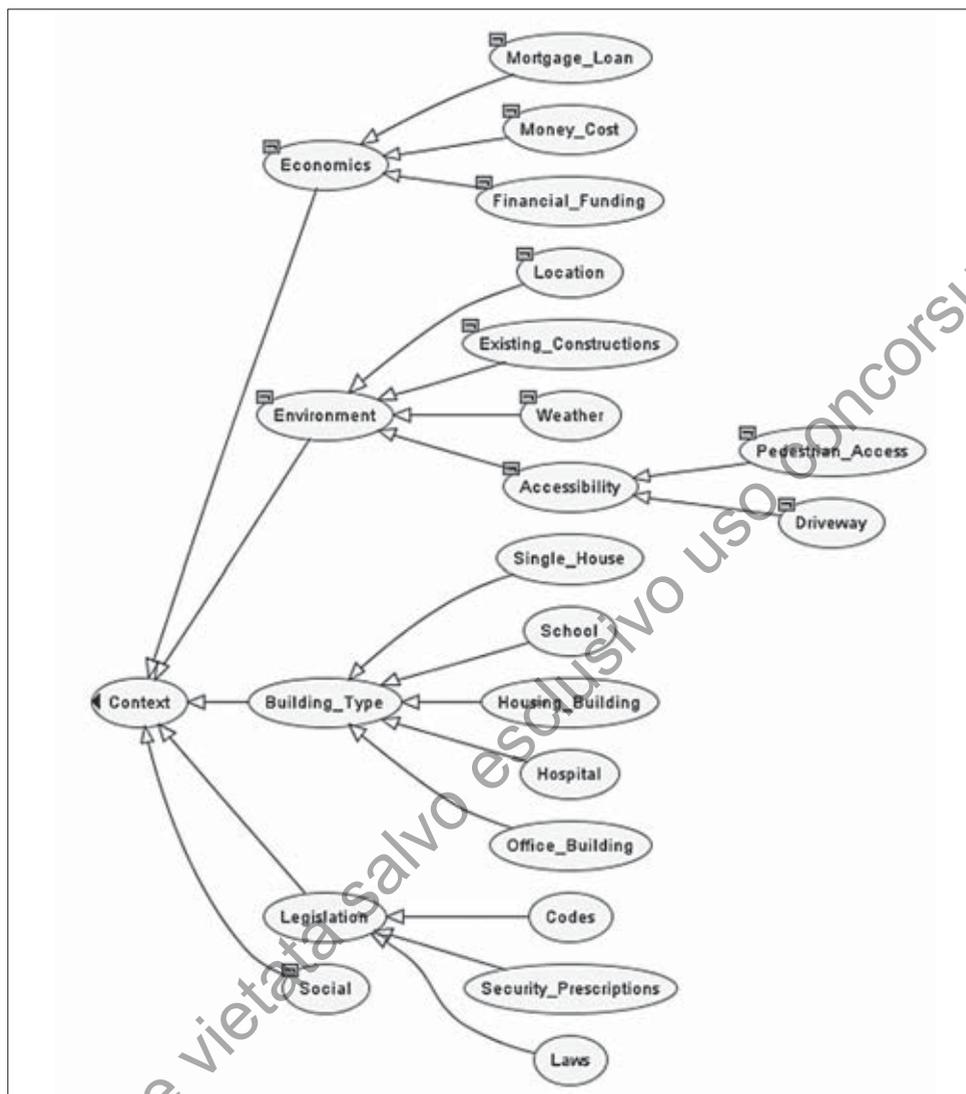


Figura 11: *Struttura della Conoscenza: Il Contesto*

Il contesto nel quale si colloca un oggetto o un intervento edilizio, nel processo di progettazione può essere valutato a priori e/o essere usato come punto di partenza imponendo vincoli e offrendo opportunità.

Il Dominio <Contesto> è stato modellato tenendo conto delle entità: fisiche, sociali, economiche e giuridiche e individuando le relazioni che lo legano al prodotto in relazione alle diverse fasi del processo e agli attori coinvolti.

Le entità componenti il Dominio <Contesto> contengono informazioni multidisciplinari che si differenziano nelle varie fasi progettuali.

Non è quindi possibile in questa sede e a questo livello prendere in considerazione e modellare l'intera gamma di entità di un contesto. Tuttavia l'identificazione di una serie di entità predefinite consente l'istanziamento di base di un contesto in relazione allo sviluppo e alla verifica del modello proposto.

All'interno del Dominio <Contesto> troviamo quindi le definizioni delle articolazioni che intervengono ad influenzare la soluzione progettuale.

- Contesto economico: in cui potranno essere definiti da parte del Cliente e del Project Manager (dominio Attori) tanto il budget, quanto le modalità di finanziamento dell'operazione edilizia, al fine di poterne controllare gli effettivi profitti e rapporto costi/benefici;
- Contesto ambientale: che consentirà la definizione e descrizione del reale contesto fisico in cui sarà collocato il bene oggetto della progettazione; questa sotto-classe comprenderà quindi il sito, inteso quale punto geografico, ma comprensivo di tutte le caratteristiche orografiche, le eventuali preesistenze edilizie (da mantenere e valorizzare o meno), le caratteristiche termo-igrometriche della zona in esame al fine di fornire dati di progetto utili ai progettisti energetici e di gestione del benessere nell'edificio, nonché l'accessibilità all'area e quindi gli aspetti più propriamente di urbanizzazione del lotto;
- Contesto tipologico: in questa sottoclasse sarà definita la tipologia di edificio che sarà oggetto della progettazione e quindi l'insieme delle caratteristiche spaziali e funzionali che dovrà soddisfare;
- Contesto legislativo: l'insieme di norme, leggi, codici, manuali e ogni altro tipo di vincolo normative applicabile alla specifica tipologia di edificio considerate e nello specifico contesto fisico (Stato, regione o provincia) in cui si opera;
- Contesto sociale: infine, ma assolutamente fondamentale, il contesto sociale in cui si opera definisce l'insieme di usi, costumi, tradizioni e peculiarità della popolazione che al termine del processo di costruzione utilizzerà il bene finale e che pertanto lo apprezzerà e rispetterà tanto più quanto questo risponderà alle proprie aspettative ed esigenze.

Dominio <Prodotto>

Il Dominio <Prodotto> rappresenta il risultato della progettazione ovvero l'edificio.

Il Dominio del Prodotto è strutturato principalmente in due diverse Macro-Classi:

- *Dominio degli Spazi*;
- *Dominio dei Componenti* - insieme di componenti che delimitano e/o definiscono gli spazi.

La prima e principale partizione del dominio Prodotto si rifà alla definizione consolidata di *Organismo Edilizio* (Carrara, 2000): un organismo edilizio è un insieme strutturato di spazi, denominato *Sistema Ambientale*, posto in essere da un insieme strutturato di elementi fisici componenti, denominato *Sistema Tecnologico*.

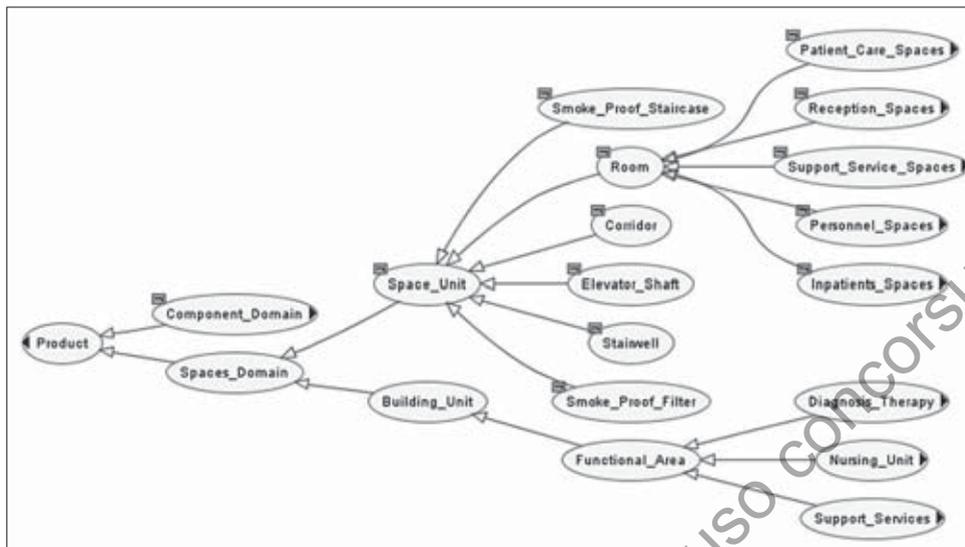


Figura 12. *Struttura della Conoscenza: Il Prodotto- Dominio degli Spazi.*

Si è operata pertanto una prima suddivisione delle entità costituenti il “prodotto” finale, l’*Organismo Edilizio*, in funzione della loro *tangibilità*, ovvero di una *regola* che suddivide l’insieme delle entità costituenti l’Organismo Edilizio, nella sua generalità *project-independent*, in due sottoinsiemi logicamente e computazionalmente ben definiti:

- insieme di ciò che *non* è tangibile (*Dominio degli Spazi*);
- insieme di ciò che è tangibile (*Dominio dei Componenti*).

Nel pieno rispetto della logica dei predicati pertanto la semplice regola introdotta suddivide in maniera chiara le entità coinvolte nel processo di progettazione edilizia, mantenendo l’apparente completezza del sistema e consentendo quindi ulteriori suddivisioni successive.

Appare evidente però che tale suddivisione netta dei domini fisico-spaziali è solo apparente in quanto elementi appartenenti a domini differenti saranno legati tra loro da un fitto sistema relazionale di tipo “a *semireticolato*”, in inglese “*semilattice*” (tradotto spesso impropriamente come “semilattice”), anche detto “*molti a molti*”.

Ad ogni entità sarà quindi associata una definizione che ne esplicita il “*significato*”. Anche in questo caso la relazione tra una entità e le molteplici definizioni ad esse associate (ciascuna relativa alla Struttura di Conoscenza Comune o a una delle molteplici Specialistiche) sarà del tipo “*molti a molti*”, creando dunque un fitto reticolo di collegamenti tra significanti e significati.

Tale definizione semantica dell’entità (fisica o astratta che sia) rappresenta pertanto il cuore dell’approccio collaborativo al problema della progettazione.



Figura 13. *Struttura della Conoscenza: Il Prodotto- Dominio dei Componenti.*

All'interno del Dominio degli Spazi vengono individuate due distinte macro Classi in grado di rappresentare classi di equivalenza di elementi spaziali.

Con il termine classi di equivalenza si intende un insieme di elementi (oggetti edilizi, spazi, organismi edilizi) tra loro equivalenti riguardo il soddisfacimento di un insieme di requisiti assegnati.

I requisiti relativi agli aspetti spaziali sono associabili ad entità di seguito definite:

- *Unità Ambientali*: classi di equivalenza di spazi che si conformano ai requisiti associati con gli ambienti individuati, in termini di dimensioni, condizioni ambientali e attitudine al soddisfacimento (spaziale) delle funzioni che in essi saranno ospitate;
- *Unità Edilizie*: classi di equivalenza di insiemi di spazi che si conformano ai requisiti associati con gli insiemi strutturati di Unità Ambientali oppure, ricorsivamente, di altre Unità Edilizie.

Per quanto detto, si definisce Unità Ambientale una classe di equivalenza di spazi tutti soddisfacenti il medesimo insieme di requisiti ed Unità Edilizia un insieme strutturato di Unità Ambientali o di Unità Edilizie di livello gerarchico inferiore.

Metodi e tecniche di rappresentazione della conoscenza

La conoscenza posseduta dagli esperti dei vari settori della progettazione, che siano ricercatori o professionisti di qualità riconosciuta, insieme a quella sviluppata durante i processi di progettazione di ogni specialista, è una risorsa enorme, che si fa fatica anche solo ad immaginare, e che i computer possono aiutare a capitalizzare e ad accrescere, se opportunamente formalizzata.

Vincoli normativi, manualistica, metodi e regole di buona pratica, suggerimenti progettuali raccolti dalle esperienze pregresse, protocolli per la gestione del processo, caratteristiche prestazionali dei prodotti per la costruzione, questo e molto di più costituisce il corpo della conoscenza per la progettazione.

La conoscenza formalizzata può essere usata in diverse applicazioni, sia interne ai domini specialistici, sia per la comunicazione tra dominî.

All'interno del singolo dominio specialistico permette l'automazione di numerose operazioni (definizione di vincoli e verifica delle soluzioni progettuali) attraverso il livello deduttivo mentre, nell'interazione tra dominî disciplinari distinti, consente non solo uno scambio di dati fra le macchine, ma garantisce anche la corretta interpretazione da parte degli attori dei significati e dei ragionamenti ad essi collegati.

La rappresentazione formale della conoscenza non si auto-giustifica, ma è funzionale sia alla creazione e all'uso di nuova conoscenza, sia alla modifica di una realtà già formalizzata.

Come si è visto che la conoscenza deve essere rappresentata per essere "impiegata", ciò vale ancor di più per quella conoscenza *tacita* o *implicita* che caratterizza fortemente il processo progettuale e che deve, in un modo o in un altro, diventare esplicita.

L'*operabilità* della conoscenza ne richiede la sottomissione a qualche meccanismo di trattamento fissato e riconosciuto, sia mediante la "riduzione" della conoscenza a informazione, sia mediante il ricorso a strumenti avanzati di intelligenza artificiale, potenzialmente capaci di rappresentare la complessità e le stratificazioni del dominio nell'universo del discorso preso in considerazione (Bugliolo, 2000).

Con questo obiettivo si sono esplorati metodi e tecnologie per la rappresentazione della conoscenza e si è individuato nella *formalismo* delle *Ontologie*, un sistema avanzato di mediazione tra attori, automatici e/o umani.

Riconosciuto il ruolo centrale che le *ontologie* occupano nei processi di ragionamento ed interpretazione del problema progettuale, si è mostrato come un approccio basato su ontologie formali, fondate su una Struttura di Conoscenza compatta e al contempo estremamente potente quale il modello BKM, permetta ai progetti-

sti di accedere con più fluidità dalle informazioni sui dati direttamente alla conoscenza delle entità che essi modellano.

Nell'ambito della presente trattazione si impiegherà il termine *ontologia* con la seguente definizione: *una modellazione formale della concettualizzazione di un dominio di una porzione della realtà che risulti d'interesse.*

Tale definizione sottintende:

- il *ragionamento* e l'esecuzione, operazioni fondanti il processo/prodotto progettuale;
- il riferimento implicito ad una *comunità*, come quella degli specialisti che condivide interessi nel campo dell'edilizia ed è chiamata a collaborare;
- una *applicazione* ad un ambito di intervento, ovvero la validazione dell'ontologia attraverso il suo utilizzo in casi reali specifici.

Nell'ambito della progettazione tale specifica formale andrà a costituire una *ontologia di progetto*.

Definiamo con questo termine un insieme consensuale e formalmente organizzato di informazioni indipendenti che descrivono un campo d'esistenza del problema progettuale con la finalità di permettere la simulazione e la comunicazione e la simulazione tra gli attori, siano essi persone o agenti software.

I partecipanti in un processo progettuale avranno quindi differenti ontologie, sia per differenze nella modalità di formalizzazione sistemica, sia nella diversità della porzione del reale interessata, e/o per scopi e finalità distinte.

È verosimile che partecipanti il cui lavoro gravita in aree simili e su compiti simili (per es. due ingegneri strutturalisti all'interno di una particolare organizzazione) abbiano abbinamenti più vicini per le loro ontologie, mentre quelli provenienti da differenti parti dell'industria con responsabilità e conoscenze molto differenti avranno grandi differenze tra le loro ontologie.

In un suo fondamentale libro Hofstadter (Hofstadter et al., 1979) asserisce che “prima che si possa usare una qualunque regola, si deve avere una regola che insegni ad usare quella regola; in altre parole, ci sarebbe un'infinita gerarchia di livelli di regole, per cui è impossibile arrivare ad usare una qualsiasi regola.

Analogamente, prima che si possa capire un qualunque messaggio, si deve avere un messaggio che ci insegni a capire quel messaggio; in altre parole, ci sarebbe un'infinita gerarchia di livelli di messaggi, per cui è impossibile arrivare a capire un qualsiasi messaggio.”

Tutti sappiamo che questi paradossi non corrispondono a verità perché, usualmente, le regole vengono usate e i messaggi vengono capiti.

Hofstadter tuttavia li usa per dimostrare le limitazioni dell'hardware, ossia per spiegare che la nostra intelligenza non è incorporea bensì risiede nei nostri cervelli, che sono oggetti fisici.

Allo stesso modo, nella ricerca di un modello generale di rappresentazione degli elementi che contribuiscono alla definizione del processo di progettazione edilizia, si è proceduto a una analisi relativa all'individuazione dei campi principali ed indispensabili per la definizione formale delle entità coinvolte nella progettazione collaborativa.

La formalizzazione del sapere tecnico (che qui chiamiamo *Conoscenza*) inevitabilmente passa per un processo di codifica e individuazione di tali campi che individuano in modo univoco le caratteristiche dell'entità presa in considerazione.

Il mondo dell'edilizia, pur se per alcuni aspetti si presenta stabile e ricco di punti fermi, sempre riconoscibili nel corso degli anni, risulta d'altro canto, altrettanto dinamico in relazione alle tecniche e alle tecnologie costruttive impiegate. Inoltre, le molteplici evoluzioni dei materiali impiegati, soprattutto negli ultimi tempi, spesso hanno ritmi notevolmente più rapidi del processo stesso.

In molti casi i nuovi materiali, con caratteristiche, proprietà e peculiarità specifiche rendono le precedenti classificazioni obsolete e in molti casi inadatte allo scopo.

Per tali motivi lo strumento *Struttura di Conoscenza* proposto è caratterizzato da una natura abbastanza flessibile da consentire successive modifiche e specificazioni in relazione al progetto specifico e all'evoluzione delle soluzioni impiegate.

L'approfondimento dei problemi legati sia alla accuratezza delle informazioni necessarie per una struttura ontologica relativa ad un organismo edilizio sia alla natura delle informazioni necessarie per la corretta rappresentazione di un'entità edilizia, ha portato alla definizione di un nuovo modello di rappresentazione della conoscenza, che trova la sua espressione nel presente modello BKM.

In realtà la *tipologia di rappresentazione* influisce solo parzialmente sul *modello di rappresentazione* della conoscenza. Bisogna tuttavia tenere sempre presente che anche la migliore struttura di dati e il miglior modello di rappresentazione, per il solo fatto di essere un modello formale, non potrà mai, nel rispetto del Teorema di Gödel, essere completo e rappresentare quindi la completezza della realtà che mira a rappresentare.

Il teorema di Gödel infatti dimostra che ogni sistema formale di rappresentazione non può in alcun modo rappresentare in maniera completa il fenomeno reale ad esso associato.

Il primo teorema di incompletezza di Gödel dimostra che qualsiasi sistema che permette di definire i numeri naturali è necessariamente incompleto: esso contiene affermazioni di cui non si può dimostrare né la verità né la falsità.

Il secondo teorema di incompletezza di Gödel afferma inoltre che nessun sistema coerente può essere utilizzato per dimostrare la sua stessa coerenza.

Tali argomentazioni e analisi hanno sviluppato nel tempo la convinzione degli autori della necessità di un modello fondato sulla possibilità delle entità che lo costituiscono di adattarsi al contesto e modificarsi tanto nei significati quanto nelle proprietà e nelle regole ad esso associati. Si ha quindi che la “dinamicità” rappresenta per le entità (e per le Strutture di Conoscenza stesse) la possibilità di modifica ricorsiva della propria stessa definizione.

È in relazione a particolari condizioni di contesto, fisico, sociale, economico, di processo (fase specifica), che le entità si adattano e in funzione dell’attore specialista presentano uno o più significati distinti.

Sulla base della suddetta caratteristica si è individuata la suddivisione in *Rappresentazioni Statiche* e *Rappresentazioni Dinamiche*, a loro volta caratterizzate da livelli diversi in senso “verticale” (dal meno specifico al più dettagliato) ed in senso “orizzontale” (tra ambiti apparentemente molto lontani fra loro, ma che rientrano sempre nel “mondo della rappresentazione”).

Alcune entità avranno quindi caratteristiche di staticità intese come l’invariabilità della loro definizione (ad esempio entità geometriche, proprietà legate al contesto fisico o legislativo), altre invece presenteranno molteplici significati e valori attribuiti alle proprietà ad esse associate nell’intero corso del processo di progettazione (si veda a tal proposito l’esempio della finestra nei diversi domini specialistici, riportato nei paragrafi precedenti).

Al fine di favorire la condivisione del sapere tecnico, di migliorare la collaborazione tra gli attori e di rispecchiare quanto più possibile il processo di progettazione collaborativo per come avviene nella realtà professionale, il *modello BKM* consente due approcci progettuali che possono essere interattivamente ed iterativamente impiegati compatibilmente con il caso specifico affrontato:

- *Processo progettuale dichiarativo*: le entità sono preventivamente definite in termini di *Significati*, *Specifiche* e *Prestazioni*; quindi tali entità prototipali vengono istanziate e compilate in tutti i valori richiesti e necessari alla loro corretta definizione (in termini di coerenza, consistenza e congruenza), stabilendo collegamenti, relazioni e regole tra queste; infine tali entità vengono rappresentate mediante un modello di rappresentazione fondato sui valori attribuiti alle proprietà geometriche associate alle entità formalizzate.
- *Processo progettuale deduttivo*: in questo caso la rappresentazione geometrica rappresenta la prima fase all’approccio progettuale; in ciascuna fase successiva del processo ciascun attore può associare significati, proprietà e regole a ciascun ente geometrico rappresentato. In questo tipo di approccio alcuni dei valori richiesti e necessari alla corretta definizione della *struttura di conoscenza* sono dedotti dalla rappresentazione geometrica (proprietà geometriche, topologiche, contestualizzazione, etc).

Dopo numerose ricerche e diversi tentativi, la scelta per la modellazione delle en-

tità è caduta su uno strumento “open-source”: *Protégé Ontology Editor* e la scelta per l’acquisizione delle informazioni e la formalizzazione di conoscenza di dominio sul linguaggio OWL, *Ontology Web Language*, sviluppato dall’Università di Stanford.

Nei paragrafi seguenti si illustreranno i criteri e le modalità per formalizzare mediante Ontologie le caratteristiche distintive di ogni Entità contenuta in una Struttura di Conoscenza, espresse dalla tripletta Significato, Proprietà, Regole (Meanings, Properties, Rules).

Formalizzazione del Significato

Nel seguito si svilupperà la trattazione della formalizzazione della conoscenza relativa al Dominio “*Prodotto*”, che è il più direttamente connesso alla progettazione dell’oggetto edilizio.

Come già affermato in precedenza, soggetti specialisti di domini disciplinari differenti attribuiranno (potenzialmente) significati diversi a medesime entità dando vita a quello che viene comunemente definito dalla comunità scientifica, il problema dei “*multiple meanings*” (*significati multipli*).

Nel modello BKM si stabilisce e definisce una *Struttura di Conoscenza Condivisa* (*Common Knowledge Structure* CKS) in cui tale problema viene annullato dall’accordo preventivo da parte dei soggetti coinvolti.

In tal modo, sulle entità contenute in essa (e solo in esse al principio, ma con la possibilità di ampliare la stessa CKS con successivi accordi durante l’evoluzione del processo progettuale) tutti gli attori coinvolti converranno, e attribuiranno pertanto al medesimo significante, lo stesso significato.

Sarà su queste entità che verterà l’intero protocollo collaborativo, su queste entità verranno verificati conflitti e inconsistenze.

Ciascun attore, evidentemente, avrà necessità di utilizzare concetti, ragionamenti, proprietà e regole che potrebbero non essere condivisi con alcuno degli altri attori coinvolti e pertanto avrà un certo numero di entità proprie del suo ambito disciplinare che potrebbero essere causa di conflitti interni, ma anche con le entità condivise.

Proprio questo tipo di conflitti rende necessaria una analisi approfondita delle dinamiche di condivisione dei significati. Al fine di risolvere tale problema si è studiato un approccio basato sulla *Condivisione e Mapping delle Ontologie*, quale strumento di verifica e validazione della struttura proposta.

Ciascun attore disporrà di una propria Struttura di Conoscenza, inclusiva di tutti i concetti (significati, proprietà e regole) necessari per lo sviluppo delle proprie soluzioni progettuali. Al fine di rendere possibile la condivisione di significati tra le diverse strutture di conoscenza, queste ultime saranno preventivamente confrontate con

l'intento di individuare affinità, punti di contatto e concetti di cui è necessaria la condivisione per una efficace comprensione reciproca tra due o più soggetti coinvolti.

Il risultato di tale operazione di *Condivisione* delle strutture di conoscenza specialistiche e *Mapping* dei concetti in esse contenuti porta alla definizione di una sorta di Matrice dei concetti condivisi tra gli attori; tale processo, come si vedrà nel seguito della trattazione di questo libro, favorisce le operazioni di Filtro dei concetti, migliorando la vicendevole comprensione tra attori specialisti distinti su concetti complessi.

La linea di separazione tra il trattare un'entità come un concetto e trattarlo come un'instance (ossia l'associazione di valori finiti a proprietà, significati e regole per definire, descrivere e rappresentare uno specifico elemento reale) è solitamente una decisione personale di chi sviluppa una ontologia legandola ad un contesto applicativo (esempio: nelle specifiche IFC la classe <muro> prevede la proprietà con valore booleano (*true/false*) di essere "esterno"; nella presente trattazione, invece, la classe <muro> è considerata come *padre* di una famiglia di sottoclassi quali *tamponatura*, *partizione*, *muro portante*, *muro esterno*, *muro di sostegno*, etc., e ciò vale per ogni Struttura di Conoscenza specialistica, ove estende la sua ricchezza di significati,).

In rapporto alle "situazioni" specifiche, in un processo progettuale vengono considerati solo ben determinati oggetti, posti in relazione reciproca, alle cui proprietà sono assegnati valori specifici e attributi.

Considerando che *la formalizzazione di una ontologia è necessariamente orientata all'uso*, le ontologie - parziali - di progetto sviluppate in questa illustrazione sono concepite per un uso esemplificativo.

Nel *Dominio degli Spazi* consideriamo pertanto le Entità:

- Spazio
- Unità Edilizia
- Unita Ambientale
- Stanza
- Zona
- Piano
- Edificio

La classe <Spazio> sarà quindi caratterizzata da una tripletta *Meanings-Properties-Rules* che ne definisce le peculiarità e ne individua gli aspetti discriminanti che la distinguono da una qualsiasi delle altre classi costituenti la struttura di conoscenza.

In particolare la classe Spazio rappresenta l'insieme di tutte le entità non tangibili che rappresentano un ambito (di spazio fisico) circoscritto e confinato da entità invece tangibili e rientranti invece nel dominio dei componenti.

Di fatto, l'unica regola inferenziale associate alla classe Spazio è relative alla tangibilità o meno dell'entità edilizia considerata; successive specificazioni consentono

ulteriori suddivisioni e classificazioni sulla base di ulteriori regole discriminanti.

Ogni struttura di rappresentazione necessita un orientamento d'uso, un obiettivo e, nel nostro caso, si tratta della ricerca di una rappresentazione orientata alla progettazione collaborativa e alla vicendevole comprensione e scambio di concetti tra soggetti aventi specializzazioni distinte.

Con tali specifiche si definiscono le Unità ambientali ed edilizie: le prime quali classi di equivalenza di elementi spaziali rispondenti specifici vettori di requisiti ed esigenze funzionali, spaziali e topologiche; le unità edilizie quali insiemi strutturati di unità ambientali e anch'esse rispondenti a specifici requisiti di più alto livello.

Il processo di formalizzazione della conoscenza legata ai diversi concetti necessita della definizione di una meta-struttura originaria che stabilisca le modalità di compilazione dei valori ad esse associati:

Definizione del significato: a ciascuna entità, è associata una stringa di testo che descriva in linguaggio corrente comune una definizione dell'entità considerata, convenuta tra gli attori o proposta dai formalizzatori iniziali dell'ontologia;

Campi attributi: si procede quindi alla definizione di campi che ospiteranno gli attributi di ciascuna entità; ogni attributo avrà a sua volta una propria definizione ed una tipologia dei valori che saranno attribuiti ad esso;

Campi proprietà ad oggetto: allo stesso modo di quanto fatto per gli attributi, si potranno definire proprietà ad oggetto, relazioni tra classi distinte, relazioni gerarchiche, logiche o di ogni tipologia necessaria alla formalizzazione efficace dell'ontologia;

Regole e algoritmi: infine codici, algoritmi, regole e programmi per la definizione di valori da attribuire ad attributi, per la corretta identificazione di significati o per verifiche di coerenza e congruenza delle soluzioni progettuali proposte.

Così come precedentemente esposto per le classi Spazio, Unità Edilizie ed Ambientali, si procede con le definizioni delle classi Stanza, Zona, Piano ed Edificio.

Ad esempio, nel caso della classe Stanza, considerando la semplificazione di un sistema di riferimento con assi tri-ortogonali, si può immaginare che la regola discriminante che consenta l'individuazione di una *instance* di Stanza sia:

“Ogni entità, sottoclasse di Spazio, che risulti confinata da almeno n° 3 instance della classe Muro (definita all'interno del dominio dei Componenti), da una instance della classe Pavimento e da una della classe Soffitto, è una instance della classe Stanza”.

Con riferimento alla formalizzazione del *significato* si deduce pertanto che alla classe *significante* <Stanza> sarà associato il significato di ogni porzione di spazio delimitata da entità componenti come sopra specificato.

Formalizzazione delle Proprietà

La sola dichiarazione dell'ambito da rappresentare, include molteplici concetti che, necessariamente, dovranno essere modellati e correttamente rappresentati.

Bisogna innanzitutto ricordare che l'intera struttura rispetta le teorie sopra espo-

ste della *suddivisione* dei Domini e della *modularità* degli stessi, pertanto le due Super-Classi (classi principali di cui tutte le altre della medesima ontologia sono figlie), saranno:

- Spaces
- Components

In tal modo, la netta separazione in termini di entità spaziali ed entità fisiche che contribuiscono alla definizione dei medesimi spazi è chiara, leggibile e rispetta le teorie proposte per la modellazione degli organismi edilizi.

In prima *instance*, si considera il *Dominio degli Spazi (Spaces)* analizzando quelle che sono le entità che compongono il prototipo dimostrativo; per semplicità e chiarezza interpretativa, si espongono di seguito le entità facendo riferimento all'attore specialista che, principalmente, ma non esclusivamente, ha competenza e interesse nell'interazione con le entità stesse, evidenziando le peculiarità di ciascuno Spazio.

Facendo riferimento alla ormai consolidata teoria delle *Classi di Equivalenza* (insiemi di elementi aventi le medesime caratteristiche prestazionali relativamente ad uno specifico vettore di specifiche) si avrà una prima suddivisione degli Spazi relativamente al livello gerarchico-funzionale cui questi sono destinati: si avranno pertanto *Unità edilizie* ed *Unità Ambientali*.

Queste saranno strutturate sempre secondo il modello proposto e saranno pertanto definite come segue:

Unità Edilizia

Meanings

Classe di equivalenza di sistemi complessi di unità ambientali o di altre unità edilizie finalizzato al soddisfacimento di esigenze prestazionali complesse.

Properties

Length
Width
Height
X Position
Y Position
Z Position
Superficie
Volume

Rules

Is-A Space
Part Of Unità Edilizia
Has Unità Edilizie

Has Unità Ambientali
 Communication with Space
 Calcolo della Superficie
 Calcolo del Volume
 Capacità di persone
 Comunicazione con l'esterno (accessibilità)
 Dimensioni tali da consentire la presenza di persone (visitabilità)
 Verifica delle condizioni interne (abitabilità, vivibilità)

L'insieme delle caratteristiche sopra esposte risulta solo parzialmente comprensibile, pertanto si esplicitano di seguito i significati associati ad alcuni termini introdotti.

Innanzitutto l'esempio riportato fa riferimento alla già definita *Common Knowledge Structure*, ossia a quella quota di Conoscenza che tutti gli attori hanno in comune sull'entità rappresentata; inoltre, la struttura sopra riportata, immaginando che sia del tutto priva di valori nei campi di ciascuna caratteristica, rappresenta quella che in precedenza è stata definita la *Conoscenza Project Independent Knowledge*, ossia quella quota di Conoscenza relativa all'entità modellata che prescinde dal particolare processo progettuale, ma che, invece, risulta comune a tutti gli eventuali processi in cui tale entità è introdotta e che pertanto si compone di un ampio numero di "formule aperte".

Proprio per tali motivazioni, la definizione associata al termine Unità Edilizia appare piuttosto generica e, soprattutto, impiega altri termini di cui potrebbe non conoscersi il significato ed ai quali, per l'appunto, rimanda per la corretta comprensione del concetto esposto.

Nel campo *Properties*, invece, si introducono le caratteristiche e gli *aspetti descrittivi* dell'entità modellata. Vi si trovano pertanto:

- *concetti dimensionali*: di lunghezza, larghezza ed altezza;
- *concetti posizionali*: esplicitati in termini di coordinate del punto di inserimento dell'entità stessa, e che consentiranno alle regole (altra caratteristica del modello formale) tramite inferenze di determinare le relazioni topologiche con altre entità spaziali e verificare la rispondenza alle specifiche programmatiche;
- *concetti dedotti da operazioni matematiche* elementari per la definizione di altre caratteristiche dimensionali di carattere non dichiarativo, ma deduttivo: come ad esempio la determinazione del volume, del confronto con valori normative derivanti dai parametri definiti nel dominio del Contesto per il controllo delle condizioni di abitabilità.

Ciascuna proprietà sarà caratterizzata a sua volta da una meta-struttura così costituita:

- *Nome della proprietà*: univoco nell'intera ontologia e pertanto nella struttura di conoscenza; solitamente il nome scelto dovrà essere evocativo della azione o del valore che la proprietà potrà assumere. A differenza delle classi che, di norma, iniziano con la lettera maiuscola, la prima lettera di ogni proprietà è minuscola.

- la; nel caso in cui si tratti di proprietà di tipo dato (attributo) solitamente il nome è tutto minuscolo, mentre nel caso di proprietà relazionali, gerarchiche, logiche, o di qualsiasi altro tipo che implichi la relazione con un'altra classe, si avrà il nome costituito da due parole distinte, la prima rappresentante il verbo di relazione e la seconda riportante con lettera iniziale maiuscola la classe cui ci si relaziona (ad esempio *has_Wall*, ha muro, riferito ad esempio ad un *instance* di uno spazio).
- *Dominio di applicazione*: insieme di classi cui la proprietà si applica. Con tale definizione, di cui è possibile anche l'omissione, determina le classi di cui la proprietà contribuisce alla definizione; nel processo di istanziazione (definizione di una entità reale) di un oggetto di una delle classi presenti nel dominio, sarà quindi possibile associare valori alla proprietà definita. Qualora si proceda alla definizione di valori associati a proprietà di oggetti non appartenenti a classi interne al dominio della proprietà stessa il sistema di verifica risconterà una incoerenza formale nella definizione dell'ontologia evidenziando tale conflitto agli attori del processo che provvederanno alla sua risoluzione, modificando la definizione dell'oggetto, o della struttura di conoscenza stessa.
 - *Range*: rappresenta la tipologia di valori che può assumere la proprietà. In particolare, per le proprietà di tipo dato, si avrà la possibilità di associare tipi stringa, numero intero, numero reale, booleano, mentre nel caso di proprietà di tipo oggetto (relazioni tra classi) si potranno associare le classi i cui oggetti potranno essere valori ammissibili quale completamente del campo proprietà. Con riferimento al precedente esempio si avrà pertanto che gli oggetti della classe *Wall* potranno essere oggetti "validi" quali campi valore della classe *has_Wall* e pertanto la classe *Wall* comparirà nel Range della proprietà *has_Wall* mentre la classe *Stanza* comparirà nel suo Dominio.

Formalizzazione delle Regole

Le Regole, come si evince anche dall'esempio, rappresentano di fatto il nucleo concettuale della rappresentazione delle entità.

Nel caso delle Unità Edilizie si nota infatti una prima regola di carattere ereditario (*Is-A*) che stabilisce appunto un rapporto Padre/Figlio tra la classe in oggetto e la classe di ordine superiore da cui questa proviene.

L'applicazione di questo tipo di regole ai concetti modellati e formalizzati consente la definizione di una struttura gerarchica che non solo genera rapporti e relazioni concettuali ma, con il linguaggio delle Ontologie, garantisce l'*ereditarietà* delle proprietà e delle regole ad esse associate.

Tale ereditarietà non ha soltanto valore meramente dichiarativo, bensì implica l'*ereditarietà* dell'intera Struttura composta da tutte le Proprietà e le Regole della classe Padre nei confronti della classe Figlio.

Si può pertanto immaginare che le proprietà dimensionali (length, width, height) ed anche le proprietà posizionali (x, y, z) non siano proprie della classe Unità Edilizia, ma siano ereditate dalla superclasse Space.

Successivamente si trovano esplicitate regole di *carattere relazionale* e specificamente di appartenenza a sovra-insiemi strutturati di ordine superiore o, nel caso delle proprietà *Has*, di composizione mediante classi di ordine inferiore (*assemblies*).

In questo modo si stabilisce una stretta relazione tra le entità componenti e le entità composte che, rispettando la medesima Struttura Formale di Rappresentazione, consentono la modellazione tanto di entità semplici quanto di entità complesse e composte da diverse entità di minor complessità: si parla in questo caso di *assembly* di entità.

Si trovano inoltre regole di *carattere topologico* che implicano le relazioni di comunicazione e/o adiacenza dell'Unità Edilizia rappresentata con altri generici Spazi ad essa adiacenti, o con essa comunicanti.

Associando a tale Regola, il "tipo" Spazi, si vuol specificare che l'Unità Edilizia potrà "confinare" con qualsiasi entità della classe Spazi o con qualsiasi *instance* di una sua sottoclasse, indicando così tutte le possibili entità spaziali rappresentabili.

Si vuole pertanto affermare che una generica Unità Edilizia, ha la potenzialità (e quindi condizione *non necessaria*) di confinare con un qualsiasi tipo di Spazio.

Infine si introducono algoritmi anche relativamente complessi, che fanno riferimento a regole di valutazione, analisi e controllo; tale sistema di regole ha l'obiettivo di verificare la coerenza, la congruenza e la consistenza di quanto dichiarato in precedenza con il significato associato all'entità stessa, pena la segnalazione di errori o di avvisi (*warning*) all'attore che ha proceduto all'inesatta istanziazione.

Nell'esempio della definizione della Unità edilizia riportato nei paragrafi precedenti si indicano banali operazioni matematiche di calcolo per la determinazione dei valori di Superficie e Volume dell'Unità Edilizia rappresentata; nelle proprietà infatti, essendo possibile specificare soltanto il "tipo" associato al campo di valore, si immagina di aver associato il tipo "Float" ossia numeri in virgola mobile e pertanto numeri Reali.

Tale campo può pertanto assumere una duplice valenza:

Dichiarativa, nel caso in cui l'attore stesso, al momento dell'istanziamento dell'oggetto proceda alla dichiarazione appunto dei valori associati a tali proprietà;

Deduttiva, qualora invece l'attore proceda alla definizione delle sole dimensioni (*Length, Width, Height*) dell'entità in termini dichiarativi e domandi alle regole associate all'entità stessa il calcolo dei valori da associare alle restanti proprietà quando possibile (ossia se risultano presenti tutti i dati in input necessari a tale determinazione).

Potenzialmente però può accadere che l'attore, non solo proceda alla definizione dichiarativa delle dimensioni dell'entità istanziata, ma voglia dichiarare anche i valori di Area e Volume (facendo riferimento all'esempio di cui sopra) ad essa associati per favorire, ad esempio, un approccio parametrico degli altri progettisti e demandando a successive fasi della progettazione la verifica ed il controllo di consistenza della soluzione proposta.

In tal caso, il sistema, avendo modellato la struttura di definizione comprensiva di *Regole di controllo*, provvede alla segnalazione di tali inconsistenze e, senza alcuna ingerenza, evidenzia i punti in cui i campi non risultano validi in attesa di eventuali correzioni.

Non necessariamente tali correzioni devono essere immediate e tantomeno devono necessariamente arrivare dal medesimo attore che ha generato tali inconsistenze; è proprio sulla gestione delle inconsistenze che avviene il maggior stimolo per le diverse soluzioni progettuali specialistiche.

In particolare, come precedentemente accennato, ogni intervento mirante alla risoluzione di conflitti da parte di uno o più attori può avvenire tanto sulla singola *instance*, correggendo i valori associati alle sue proprietà, quanto sulla intera struttura di conoscenza, modificando eventualmente quelle regole, concetti, vincoli o limiti che nel corso del processo progettuale si sono riscontrati essere limitativi e di ostacolo al processo stesso.

Un concetto merita di essere affrontato più nello specifico: la natura della trattazione della Struttura di Conoscenza mediante linguaggio formale di tipo ontologico, impone determinate attenzioni ulteriori.

Il linguaggio per la definizione delle Ontologie, cosiddetto OWL Ontology Web Language, è nato principalmente per la “definizione” e “descrizione” di un determinato ambito circoscritto del Reale e pertanto di “qualcosa” di già esistente.

L’idea innovativa di impiegare tale potente linguaggio per il nostro scopo ha evidenziato alcune sue peculiarità che, per i nostri fini, necessitano ulteriore attenzione.

L’impiego di un linguaggio di natura descrittiva e pertanto principalmente dichiarativo, genera una serie di conflitti nel momento in cui impiegato in un processo di natura progettuale.

In un ambiente in cui le entità non sono ancora definite in via univoca fino all’emissione del progetto stesso, ciascun concetto potrebbe modificare alcune delle proprie caratteristiche, delle proprietà, delle relazioni e/o delle regole fino ad un istante prima della pubblicazione della versione finale; addirittura alcune entità potrebbero cambiare il proprio significato, finanche l’appartenenza all’una o all’altra classe della Struttura di Rappresentazione stessa.

Tale problematica implica che l’estrema flessibilità necessaria ad un ambiente di progettazione richiederebbe un linguaggio formale altrettanto flessibile, tuttavia il potenziale del linguaggio OWL, unito alla sua rigida flessibilità consente, se si seguono attentamente alcuni accorgimenti, l’impiego per le finalità che ci siamo proposti.

Per chiarire quali potrebbero essere le problematiche in caso di una superficiale definizione dell’Ontologia in fase di sviluppo è opportuno presentare un semplice esempio.

Nel linguaggio OWL esistono fondamentalmente quattro livelli gerarchici per le Regole associate ad una determinata classe:

- Condizioni di ereditarietà
- Condizioni di necessità
- Condizioni necessarie e sufficienti
- Condizioni potenziali

Le *Condizioni di ereditarietà*, come si evince dal termine stesso rappresentano l'insieme delle Regole che vengono ereditate dalla (o dalle) classe/i Padre/i della classe in esame.

Tali regole si applicano a tutte le *instance* della classe in esame e, qualora anche una di queste non fosse rispettata ci sarebbe la segnalazione di inconsistenza da parte del sistema.

Le *Condizioni di necessità* (o necessarie) rappresentano invece l'insieme delle Regole, proprie della particolare Classe in esame e pertanto non valide per le *instance* della/e Classe/i Padre/i bensì solo e soltanto per le *instance* della classe in esame e per le *instance* di tutte le classi di essa Figlie che ne erediteranno pertanto tale Regola.

Tali regole, di qualsiasi natura dovranno quindi essere necessariamente rispettate da tutte le *instance* della Classe in esame pena la segnalazione tramite *warning* dell'eventuale inconsistenza riscontrata. L'effetto pertanto è il medesimo delle Regole ereditarie, con la sola differenza della "provenienza" della Regola stessa.

Le *Condizioni necessarie e sufficienti* rappresentano invece un ulteriore livello gerarchico nella definizione delle Regole: tali condizioni infatti costituiscono l'insieme di una serie di proposizioni rispettanti la logica dei predicati che non solo impongono condizioni necessarie per la consistente istanziazione di entità della Classe in esame ma, inoltre, creano uno stretto legame tra il rispetto di tale condizione e la stessa appartenenza alla Classe.

In pratica, il rispetto della condizione necessaria e sufficiente *implica* l'appartenenza alla Classe cui tale condizione è associata.

In ultimo si hanno le cosiddette *Condizioni potenziali* che rappresentano invece l'insieme delle Condizioni, Proprietà e Regole che possono essere associate e/o applicate alle *instance* della Classe cui sono associate. Il mancato rispetto di tali condizioni non implica alcun effetto da parte del sistema.

La spiegazione di tale aspetto cruciale del linguaggio formale impiegato, consente di comprendere meglio le problematiche associate ad una applicazione non consapevole dello stesso.

In alcuni casi, infatti, è opportuno specificare condizioni necessarie per determinate classi o addirittura immaginare di poterle elevare al livello di sufficienza per favorire il lavoro dei motori inferenziali che saranno associati al sistema per incrementarne efficienza ed efficacia.

L'impiego di tali potenti proposizioni, potrebbe però creare casi particolari che, nel caso di Ontologie di dimensioni notevoli, risulterebbero difficilmente individuabili.

Si immagini ad esempio di voler specificare la definizione della classe Stanza impiegando una condizione di sufficienza; tale esempio rappresenta di fatto, uno dei primi tentativi percorsi per l'individuazione di tale definizione.

Si potrebbe affermare che una Stanza è costituita, nel sistema di assi cartesiani tri-ortogonali ipotizzato precedentemente, da almeno 4 muri, un soffitto e un pavimento e si potrebbe pertanto costruire una Condizione necessaria e sufficiente che affermi:

“Stanza è tutto ciò che è composto da almeno 4 muri, almeno un soffitto ed almeno un pavimento”.

Tale proposizione, apparentemente significativa, in realtà contiene moltissime imprecisioni: innanzitutto, dal punto di vista concettuale, immaginando di costruire un oggetto del genere, mancherebbe di altre entità assolutamente necessarie alla definizione di stanza: ad esempio manca una modalità di accesso a tale ambiente.

A questo punto si entra in un vortice di concetti e discorsi filosofici sulla natura delle cose e sulla loro “vera” essenza, discorsi peraltro propri della trattazione di tipo ontologico della descrizione del Reale.

Tuttavia, cercando di mantenere la chiarezza e la praticità del discorso e soprattutto l'obiettivo della presente trattazione, si potrebbe obiettare che basti aggiungere un elemento di accesso alla definizione per conservarne la validità.

La definizione potrebbe dunque modificarsi nel modo seguente:

“Stanza è tutto ciò che è composto da almeno 4 muri, almeno un soffitto, almeno un pavimento ed ha almeno un punto di accesso”.

A questo punto sembrerebbe aver raggiunto l'obiettivo ma, in realtà, non si è operato affatto nella direzione giusta.

Per assurdo si può immaginare l'istanziamento di un oggetto della classe muro, di dimensioni infinitesimali, così come per le altre *instance* e creare quindi una scatola con un buco che ne garantisce per così dire l'accesso; per semplicità si immagina una scatola delle scarpe con un buco.

È corretto definire tale oggetto ‘stanza’? È corretto associare a determinate entità etichette, significati e quindi concetti anche se non specificiamo dimensioni, rapporti di scala, matericità e altre proprietà indispensabili per la loro corretta definizione?

Questi sono solo alcuni dei quesiti che sono sorti seguendo tale tipo di approccio e il tentativo ulteriore di specificare via via sempre più in dettaglio, ognuna delle caratteristiche costituenti la definizione, inevitabilmente si scontra con il teorema di Gödel sulla completezza di una rappresentazione del Reale mediante linguaggi formali: la definizione si allungherebbe sempre più, aumentando di complessità e strutturandosi sempre più, pur rimanendo eternamente incompleta.

In ulteriore analisi, la tipicità del linguaggio formale OWL e l'impiego di cardi-

nalità, ossia di numerazioni massime o minime associate alle entità componenti, suggerisce un altro livello di critica dell'approccio descrittivo di questo tipo.

Imporre quale condizione necessaria e sufficiente ad esempio il minimo numero di muri a quattro, significherebbe che qualsiasi entità, anche più complessa, per logica inferenziale, sarebbe una Stanza; quindi due stanze in realtà, secondo tale definizione sono una Stanza, tre stanze sono una Stanza e così via, fino a stabilire che un intero edificio complesso, in realtà è una Stanza³ L'esempio qui riportato, seppure apparentemente privo di logica e palesemente assurdo illustra in maniera evidente i rischi che si incontrano nella fase implementativa del modello proposto.

Anche in questo caso, come nel precedente, tentare di ovviare sulla cardinalità risulterebbe un inutile spreco di tempo ed energie in quanto non esiste alcun numero massimo, né minimo, che possa soddisfare l'estrema flessibilità di un organismo architettonico: è possibile immaginare, infatti stanze costituite da un numero elevatissimo di giaciture dei muri che la circondano, così come è possibile immaginare un intero edificio costituito da soli tre muri (o addirittura da un unico muro curvilineo).

Infine, l'applicazione di motori inferenziali a una struttura di tipo ontologico, impone attenzione ulteriore anche nella definizione di quelle che vengono definite *Classi "Disjoint"*.

Si definiscono tali le classi le cui *instance* sono esplicitamente specificate come entità distinte, diverse, disgiunte. Tale ulteriore specificazione, apparentemente non significativa, limita in parte eventuali inferenze non volute da parte dei motori inferenziali.

Ad esempio, nel caso precedente, imponendo che la classe Stanza è disgiunta dalla classe Edificio, pur impiegando un motore inferenziale, questo non potrebbe affermare che una generica *instance* costituita da quattro muri, un pavimento e un soffitto, è un Edificio bensì soltanto una Stanza e che tale *instance*, pertanto, non può coincidere con il concetto di Edificio essendo da questo disgiunta.

Tuttavia, ciò non toglie che il sistema non rilevi l'incongruenza dovuta alla presenza di una *instance* edificio avente le caratteristiche sufficienti per esser definito stanza e che invece non appartenga a tale classe, procedendo pertanto alla segnalazione tramite *warning* all'attore stesso.

In pratica, l'impiego delle *Classi "Disjoint"* serve a definire non solo cosa sia una determinata entità, ma anche cosa *non* sia.

In seguito alle analisi sopra esposte si è pertanto riconosciuto che il modo ottimale per la definizione del "significato" delle entità consiste *nell'approccio funzionale*, ossia facendo riferimento alla funzione, alla destinazione d'uso, alla prestazione fornita dall'entità stessa.

La potenzialità espressiva, descrittiva e di rappresentazione del modello BKM, risiede fondamentalmente nella chiara suddivisione degli "atomi" di Conoscenza, che costituiscono i diversi concetti, e nella loro "manipolazione" mediante l'impiego di molteplici tipologie di Regole.

È appunto nelle *Regole* che risiede la maggior potenzialità della struttura complessiva di conoscenza, costituente il modello BKM.

3.3 La gestione della conoscenza nel processo progettuale

La rappresentazione della conoscenza, come noto, non si autogiustifica, nemmeno in arte, in matematica o in filosofia (anche se alcuni addetti sostengono il contrario), ma è funzionale al suo utilizzo, alla creazione di nuova conoscenza e alla modifica di qualche realtà.

Viceversa, per essere usata efficientemente, la conoscenza deve essere rappresentata. Il che vale ancor di più per quella tacita o implicita, che deve, attraverso una modalità ripetibile, generalizzabile ed efficace, diventare esplicita.

Se ne può dedurre, quindi, che la rappresentazione della conoscenza è necessariamente orientata come un vettore alla soluzione di problemi cioè, in definitiva, all'azione. Questa operatività nell'ambito del *knowledge management* applicato all'edilizia, ha come obiettivi integrati e spesso contrastanti, la qualità sociale e ambientale del processo/prodotto, vincolata da logiche di sostenibilità economica.

Come si è argomentato nei capitoli precedenti, la conoscenza, opportunamente formalizzata, per essere convenientemente gestita richiede adeguate metodologie e tecniche, così da consentire il processo interattivo e iterativo della collaborazione progettuale.

Nelle pagine che seguono si illustra un metodo di gestione della conoscenza progettuale che opera sulle *strutture di conoscenza* formalizzate secondo le modalità presentate nei paragrafi precedenti, al fine di consentire la collaborazione interdisciplinare tra gli attori del processo di progettazione.

Metodi e tecniche di gestione della conoscenza

La metodologia proposta disciplina lo sviluppo, l'implementazione e l'uso del sistema proposto, consentendo rispettivamente:

- ai *progettisti* di modellare, senza dover intervenire direttamente su codici di programmazione, le proprie strutture di conoscenza (o ri-modellare quelle esistenti) per rispondere ad esigenze provenienti dal progetto specifico (*Project Dependent*);
- agli *esperti di dominio* (prodotto/contesto/attori/processo) di definire, con il supporto tecnico degli ingegneri della conoscenza, ben formulate e complete strutture di conoscenza, indipendenti dallo specifico progetto (*Project Independent*), utilizzabili dagli utenti finali (p.es. i progettisti) per le applicazioni specifiche;
- agli *ingegneri della conoscenza* e agli esperti informatici di integrare le diverse strutture di conoscenza con i modelli di dati utilizzati dai software specialistici per la progettazione.

Nel quadro precedentemente delineato, illustrando le modalità generali per la *representazione* della conoscenza progettuale, si sono anche evidenziati alcuni problemi fondamentali della *gestione* della conoscenza per garantire una reale, efficiente ed efficace collaborazione progettuale tra i domini disciplinari.

Di seguito si inquadrano brevemente le categorie di obiettivi che danno luogo ai *work-packages* del lavoro di ricerca affrontato, sviluppato e implementato nei suoi aspetti sostanziali:

- la rappresentazione dell’oggetto nella forma significativa per l’attore specialista operante in un dato momento della progettazione;
- la sua trasmissione, traduzione e interpretazione nell’universo semantico di un altro attore che viene chiamato a (o che sceglie di) intervenire nel processo decisionale;
- la modificazione e integrazione della rappresentazione secondo le scelte operate dal soggetto intervenuto;
- la verifica delle prestazioni complessive e locali, della consistenza, della coerenza e della congruenza del risultato parziale;
- la individuazione dei conflitti e la loro risoluzione anche con il supporto di ragionamenti automatizzati.

Ognuno di questi punti è un capitolo complesso che va affrontato e risolto con adeguate metodologie e tecniche specifiche.

Si è detto che, ad ogni fase e sotto-fase della progettazione, la soluzione proposta è espressa in un modello del quale va data adeguata rappresentazione. Quel che accade nella realtà è che ciascun attore “vede” l’oggetto complesso che si va progressivamente progettando/valutando dal proprio punto di vista disciplinare.

Pertanto il modello (temporaneo e spesso incoerente) dell’oggetto viene rappresentato attraverso una molteplicità di “viste” che sono peculiari di ciascun attore, sia esso l’architetto, ovvero lo strutturista, l’impiantista, il valutatore economico, il progettista della sicurezza e così via.

Va qui evidenziato che nei progetti complessi, quel che in questa trattazione viene per semplicità identificato al singolare come “attore” è a sua volta costituito da un insieme strutturato, più o meno articolato, di soggetti con competenze spesso differenziate all’interno dello stesso campo professionale.

La rappresentazione dell’oggetto da gestire nel processo progettuale multidisciplinare sarà pertanto *multipla*, perché numerosi sono gli attori; *dinamica*, perché si evolve nel tempo; *interattiva*, perché deve potersi modificare direttamente in base alle azioni dei vari attori che intervengono.

Del modello unico integrato che si viene costruendo va pertanto formulata una rappresentazione parziale che deve essere adeguatamente trasmessa e contestualmente tradotta nel linguaggio e nel campo di interesse dell’attore che di volta in volta interviene.

Tale “pacchetto significante” deve poter essere *interpretato* e solo allora modificato in accordo con diversi aspetti, come ad esempio, gli intendimenti progettuali, le conoscenze specialistiche spesso basate su esperienze di casi analoghi, il raggiungimento degli obiettivi, il rispetto dei vincoli interni (del settore) ed esterni (dell’oggetto nel suo insieme).

Basti pensare alla trasformazione, non solo grafica, di elaborati architettonici in

elaborati strutturali e impiantistici che costituiscono rappresentazioni tradotte, parziali e arricchite di uno stesso oggetto complesso.

Le modificazioni apportate alla rappresentazione parziale del modello vanno a loro volta integrate in una rappresentazione complessiva dell'oggetto: in questa serie di operazioni nascono situazioni di *conflitto* che vanno individuate e risolte all'origine, secondo un metodo che consenta di procedere in forma convergente verso una soluzione soddisfacente.

Un intendimento della progettazione collaborativa assistita da computer (*Computer Aided Collaborative Architectural Design*) è che queste operazioni possano essere effettuate in modo automatico avvalendosi di metodi e tecniche sia informatiche che di quel dominio dell'Intelligenza Artificiale denominata *Ingegneria della Conoscenza (Knowledge Engineering)*.

Come anticipato nella Parte Seconda la macchina automatica non si sostituisce all'uomo, ma lo affianca per una sorta di simbiosi operativa. Il calcolatore è impiegato in un'attività volta a supportare l'attore nelle attività di concepimento dell'artefatto, registrando e recuperando le competenze, attuando le regole basate sull'esperienza di progettazione e lasciando aperta all'intuizione del progettista la gestione dei livelli di ragionamento che implicano un maggiore grado di astrazione.

Appare utile rimarcare che, soprattutto nell'ambito del *design* non esiste un'unica e conclusiva definizione di *Knowledge Engineering*, come anche non esiste un metodo unificato per gestire la conoscenza (*Knowledge Management*).

Nei termini più generali il concetto può riferirsi ai metodi e alle tecniche orientate alla preservazione e all'utilizzo, spesso condiviso, della conoscenza: è un processo avviato in tempi remoti, portato avanti dall'antichità con la realizzazione di biblioteche e lo sviluppo di strumenti di comunicazione.

Nei tempi più recenti, contestuali alla rivoluzione digitale, si usa definire comunemente *Knowledge Management* quel campo di ricerca teorica e applicativa che sviluppa e implementa il ciclo della conoscenza all'interno di una comunità di pratica o d'apprendimento tramite gli strumenti dell'informatica (ICT).

Nel nostro contesto definiamo *Gestione della conoscenza progettuale (Design Knowledge Management)* l'insieme dei processi sistematici e organizzativi operanti sulla base di una conoscenza strutturata, efficientemente rappresentata, orientati alla sua acquisizione, alla conservazione, al trasferimento, al riuso e valorizzazione, per accrescere la qualità complessiva del progetto, consentendo una migliore collaborazione tra gli attori del processo.

La conoscenza interpreta l'informazione relativa a una data situazione per decidere come gestirla: attribuisce in pratica un *significato* a una *situazione specifica*.

Vale la pena di notare che se l'informazione è un dato acquisito dal destinatario di un messaggio e da questo, per quanto correttamente possibile, soggettivamente decodificato e recepito, a maggior ragione la conoscenza non è in sé oggettiva, ma ancor più dipende dall'essere (e ovviamente dall'esistere) di colui che lo percepisce,

che, interpretandolo, ne fa un che di altamente soggettivo e, in ultima analisi, di culturale (se non talvolta spirituale).

La gestione della conoscenza impiegata nella progettazione riguarda in particolare la gestione dei processi di comunicazione e di ragionamento che avvengono tra gli attori.

Le principali finalità della gestione della conoscenza nel processo progettuale si possono riassumere nei seguenti termini:

- gestire il flusso delle informazioni mantenendo i valori semantici (attraverso la gestione delle ontologie specialistiche nelle basi di conoscenza);
- facilitare la mediazione di tali informazioni (attraverso la comunicazione filtrata da e per un'ontologia condivisa);
- sviluppare ed accelerare una interazione dinamica e creativa tra gli attori (produttori\ consumatori di informazioni).

Al fine di conseguire tali obiettivi è necessario che l'ambiente "collaborativo" garantisca:

- la comunicazione e l'acquisizione di informazioni sicura e non ambigua;
- la presenza di tante conoscenze "specialistiche" tante quante ne richieda la complessità del prodotto progettato;
- la presenza di una conoscenza "comune" che sia convenuta da tutti gli attori coinvolti al fine di consentire la corretta interpretazione e comprensione delle informazioni scambiate;
- una quota parte di conoscenza "specialistica" che sottoinsieme di attori ritengano "condivisibile";
- una diretta connessione semantica tra la conoscenza condivisa, quella comune e quella specialistica di ciascun attore.

Un limite fondamentale dei metodi e delle tecniche attualmente in uso sta nel fatto che queste sono in genere focalizzate verso una singola organizzazione, sia essa ad esempio uno studio di progettazione, un'agenzia o un ufficio tecnico della pubblica amministrazione, piuttosto che rivolta ad un ambito inter-organizzativo. D'altra parte, tutte le definizioni proposte riconoscono che la complessità ambientale, l'incertezza, e la variabilità sono tra i problemi centrali che le organizzazioni si trovano ad affrontare e che uno dei compiti principali è quello di ridurre questa complessità, incertezza e variabilità fino a giungere ad un livello gestibile.

Nei paragrafi che seguono, si delineano e si approfondiscono alcuni aspetti metodologici e tecnologici della gestione della conoscenza.

Si sviluppa la trattazione delle metodologie operative e delle tecniche per la gestione della conoscenza nel processo di progettazione, mostrando come si applichi all'organizzazione degli spazi di lavoro ai vari livelli di aggregazione, all'analisi dei passaggi elementari e alla determinazione del flusso di dati scambiati.

Si affronta dapprima un aspetto necessario per governare le dinamiche di gestione: si definisce la struttura organizzativa dell'ambiente operativo, individuando gli *spazi di lavoro* in coerenza con i diversi livelli di interazione tra gli attori.

Si trattano successivamente le modalità di funzionamento del livello gestionale che svolge principalmente i compiti relativi alle due categorie seguenti:

- *l'interoperabilità semantica* intesa come la mappatura e integrazione dei modelli di conoscenza diversi; traduzione dei significati assegnati da diversi domini ontologici alle stesse entità progettuali;
- *il ragionamento ontologico* ricerca semantica e i processi di inferenza per eseguire valutazioni e suggerimenti di decisioni progettuali.

A tal fine si identificano i punti chiave del metodo proposto per supportare il trasferimento di conoscenza insieme ai dati ad essa collegati:

1. *Organizzazione degli Spazi di Lavoro collaborativo*, distinti in Spazi di Lavoro Privato (Ambito Specialistico) e Spazio di Lavoro Condiviso (Ambito di Condivisione/Interazione e Collaborazione);
2. *Filtro In/Out* per l'interoperabilità dei soli dati e concetti di interesse (e comprensibili) per i diversi Attori;
3. *Processi di Reasoning* sulle soluzioni progettuali, a partire da un sistema di avvisi in tempo reale in caso di violazione di regole specialistiche tra i domini disciplinari, sino a giungere alle inferenze di suggerimenti progettuali.

1 - Organizzazione degli spazi di lavoro collaborativo

Lo spazio di lavoro di una organizzazione collaborativa è strutturato secondo tre livelli:

- Spazio di Lavoro Privato dell'attore specialista (*Domain Expert*);
- Spazio di Lavoro Condiviso con il gruppo di collaboratori (*Collaborative Team*);
- Spazio di Lavoro Comune con tutti gli operatori del progetto (*Collaborative Enterprise*).

Si intende per Spazio di Lavoro l'ambiente virtuale e fisico, organizzato per supportare l'operatività collaborativa degli attori.

Uno Spazio di lavoro è una struttura software e hardware, orientata a fornire le regole, gli strumenti, i servizi e i collegamenti atti a garantire i processi specialistici e collaborativi funzionali al progetto.

La configurazione di uno Spazio di Lavoro riguarda due principali livelli di problemi gestionali, diversi, ma correlati: l'interfaccia con l'utente e il sistema di gestione dei dati.

L'interfaccia utente delle aree di lavoro riguarda il raggruppamento delle finestre per realizzare l'integrazione di alcune applicazioni, il cui scopo è quello di ridurre l'ingombro e rendere il desktop più facile da navigare.

Il sistema gestionale delle informazioni, riguarda software che permettono di organizzare in basi di dati, processare e scambiare i file di interesse (per un determinato compito quale *debugging, parsing, filtering, reasoning, etc.*). Tale *file system* me-

morizza la vista dell'utente dei file archiviati nel *repository* della configurazione gestionale.

In entrambi i casi, lo Spazio di lavoro agisce come un ambiente in cui un attore può operare, isolato dal mondo esterno, ma efficacemente collegato in remoto, per la durata dell'attività progettuale.

Spazio di Lavoro Privato dell'attore specialista

All'interno di questo spazio di lavoro si prevede l'utilizzo degli strumenti progettuali di analisi e verifica con cui l'attore è abituato a lavorare, integrati con un livello semantico di Conoscenza Specialistica strutturata (ontologia specialistica + vincoli di progetto).

Ogni attore dispone nel proprio Spazio di Lavoro Privato (*Domain Expert*) di un data-base di dominio dove vengono raccolte e collegate le *instance* che costituiscono la propria versione della soluzione progettuale specialistica, della cui consistenza con quella condivisa egli è responsabile.

Un database gestionale governa i collegamenti (*DB-Link*) tra le informazioni prodotte in ambito BIM (es. Data-base di *Autodesk Revit*) e le informazioni semantiche che popolano il sistema BKM (es. la Knowledge-base delle ontologie editate in *Protégé*).

Le funzionalità e l'anatomia dello spazio di lavoro privato, coerentemente con

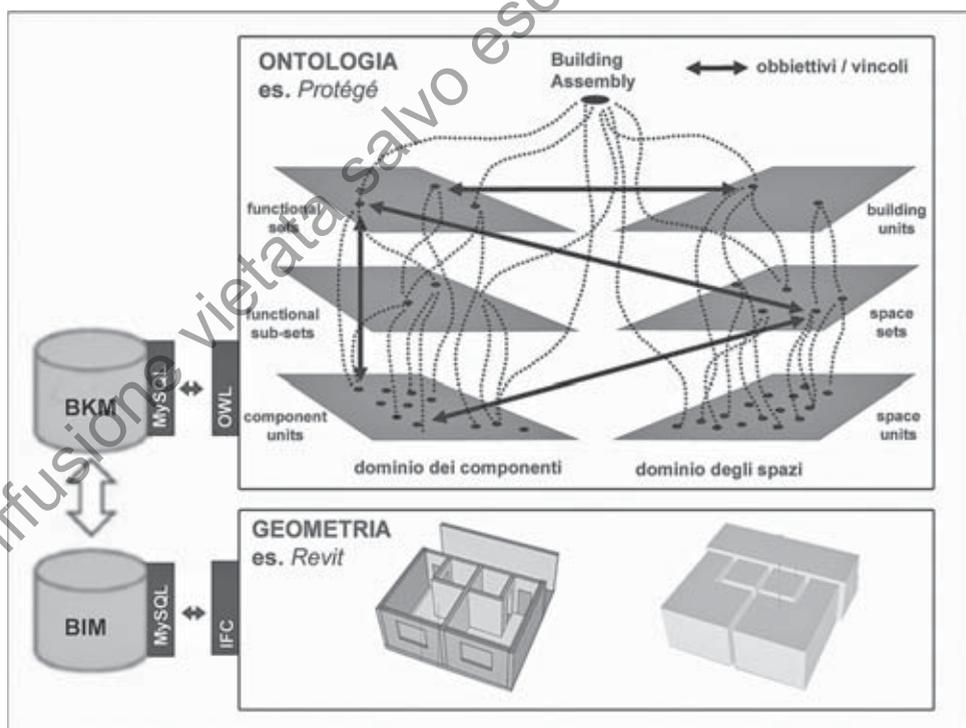


Figura 14. Collegamento tra le Reti di Conoscenza BKM e gli oggetti BIM.

la descrizione delle classi strutturate secondo il modello BKM sono illustrate nella figura 14.

Una efficace ed efficiente gestione della conoscenza nel processo di progettazione richiede adeguati strumenti tecnologici di tipo informatico che nel loro insieme chiameremo *Piattaforma* e che sarà dettagliatamente descritta nei capitoli seguenti.

L'implementazione di una piattaforma ICT a supporto della collaborazione deve prevedere la possibilità di integrare tutti gli strumenti progettuali tradizionali che caratterizzano lo Spazio di Lavoro specialistico di ogni attore chiamato a collaborare. Una piattaforma basata su ontologie formalizzate, come quella dell'infrastruttura proposta fornisce un valore aggiunto assimilabile a quello di un sistema esperto sovrapposto al modello BIM, che tipicamente difetta della computabilità di quel portato di complessità che invece appartiene ai sistemi relazionali.

Nello Spazio di Lavoro Privato l'attore attiva con un protocollo di interrogazione manuale o automatico (*query*) il sistema basato sulla conoscenza che, attraverso un'analisi mirata, seleziona le informazioni disponibili (*parsing*), e le sottopone al lavoro dei motori inferenziali. Quest'ultimi, operando dei ragionamenti automatici, ma attivabili/disattivabili a piacere, verificano la consistenza e deducono informazioni utili e conoscenza implicita.

Spazio di Lavoro Condiviso con il proprio gruppo di collaboratori

Un gruppo di attori, chiamati a prendere decisioni progettuali in maniera collaborativa rappresenta un tipico esempio di *Collaborative Team* finalizzato a un obiettivo condiviso, qual è lo sviluppo e la realizzazione del progetto, o quantomeno ad alcuni aspetti di esso.

Lo Spazio di Lavoro Condiviso, è uno spazio collaborativo che garantisce l'accessibilità dell'informazione e consente una gestione stratificata della conoscenza: la comunicazione e i processi di scambio tra il *Collaborative Team* si realizzano attraverso protocolli di strutturati, dipendenti dal dettaglio richiesto dalla fase progettuale, nonché dalle dichiarazioni di interesse reciproco formalizzate tra il gruppo di specialisti interessati.

Il gruppo dispone di un'interfaccia che permette di dialogare attraverso la piattaforma che raccoglie le *instance* della soluzione globale di gruppo.

Nello Spazio di Lavoro Condiviso risiede la *Struttura di Conoscenza Condivisa* che è indipendente dal progetto e che associa un livello semantico alle *instance* presenti nel data-base condiviso; ogni attore ha a disposizione un sistema di interrogazione semantico (*Query sandbox*) che richiama le informazioni d'interesse e le traduce arricchendole dei significati specialistici di dominio, collezionando così un portato di informazioni e conoscenza, dipendenti dal progetto, da processare nel proprio Spazio di Lavoro Privato.

Il Data-Base Condiviso, gestito dalla piattaforma, è dipendente dal progetto e man-

tiene le ultime soluzioni progettuali salvate dagli attori. Ogni entità nel database Condiviso è ridotto a una forma “lean”, essenziale, costituita dai valori geometrici, proprietà, relazioni e vincoli comprensibili da tutti gli attori specialistici del Collaborative Team.

Spazio di Lavoro Comune con il resto degli operatori del progetto

L'insieme dei gruppi specialistici del progetto che si troveranno a negoziare nelle sessioni progettuali condividerà un ulteriore spazio di lavoro, quello dell'ambiente virtuale. Lo Spazio Comune, ove poter interagire con la Committenza, con un Project Manager e con gli altri gruppi in tutte le fasi del ciclo edilizio.

La creazione di conoscenza inizia con la condivisione di un'idea di un soggetto con gli altri operatori dell'organizzazione. Il processo collaborativo si sviluppa con il supporto delle tecnologie capaci di condurre l'idea attraverso un percorso ciclico di proposta, feedback e modifica che parte dall'individuo, si condivide con il team di specialisti e poi si discute con il resto della Collaborative Enterprise.

La diffusione di sistemi software, quali wiki, forum, bacheche, blog, etc. rappresentano un primo successo di questo approccio. Si può osservare che l'attuale generazione di strumenti semantici per la gestione della conoscenza, è capace di promuovere la creazione di conoscenza attraverso procedure di analisi e modifica durante il ciclo di vita, passando attraverso un processo di approvazione all'interno dell'organizzazione (conoscenza condivisa e concordata).

L'ambiente virtuale che supporta tale livello è un ambiente di scambio e apprendimento che consente, in modo intuitivo, di progettare, amministrare, supportare e diffondere la formazione di nuova conoscenza.

Le tecnologie di riferimento a cui si fa riferimento per supportare il problema multidisciplinare della progettazione edilizia sono quelle originariamente sviluppate per l'apprendimento a distanza, implementandole in relazione alle esigenze della comunità costituita dai gruppi di progettisti e di altri attori chiamati a collaborare e a prendere decisioni.

Dal punto di vista tecnologico la piattaforma collaborativa deve garantire fluidità dello scambio tra gli Spazi di Lavoro citati, garantendo l'integrazione e la gestione dei ruoli che gli attori iterativamente ricoprono e le diverse responsabilità (amministratore, owner, co-owner, editor, docente, tutor, ecc.), lavorando per gruppi supportati da una ampia offerta di applicazioni modulari per le attività previste nel *problem solving* tipicamente progettuale (Forum, Diari, Blog, FAQ, Risorse, Sondaggi, Compiti, Chat, Workshop, ecc.).

In tal senso, la piattaforma gestionale dovrà supportare anche gli standard dei *Content e Learning Objects* (Oggetti per l'Apprendimento)⁴ per la creazione di percorsi formativi trans-disciplinari, fondati sui principi del *Learning Design*, così da consentire a coordinatori e project-manager, sia in ambito professionale, che accademico, va-

lidae possibilità di tracciamento delle attività degli attori e delle attività e crea in automatico report dettagliati sulla storia del progetto.

2 – Interoperabilità dei dati e dei concetti: filtro In/Out

Ogni processo di progettazione collaborativa tra diversi specialisti comporta una molteplicità di entità, significati e, in generale, di concetti tra questi interamente condivisi, parzialmente condivisi o non condivisi.

Prima della condivisione con gli altri attori, siano essi tutti i partecipanti alla “Collaborative Enterprise”, o uno dei “Collaborative Team”, vale a dire un sottoinsieme di tecnici direttamente interessati dagli specifici aspetti del problema progettuale, i dati e i concetti sono sviluppati da ciascuno specialista nel proprio “linguaggio specialistico” di dominio e, di solito, la soluzione progettuale sviluppata non è del tutto comprensibile agli altri attori coinvolti.

Nel processo di progettazione tradizionale, durante le riunioni di progetto, gli attori spiegano le proprie soluzioni sviluppate cercando di “tradurre” segni, simboli e disegni in un linguaggio comprensibile agli altri attraverso la semplificazione dei significati coinvolti, eliminando dei dettagli inutili per gli altri specialisti.

Nel processo di progettazione collaborativa supportato da conoscenza il problema dell’interoperabilità tra i software per la progettazione è fortemente legato, ma non si sovrappone completamente, a quello dell’interoperabilità tra i concetti.

Se le applicazioni riescono a raggiungere la capacità di interpretare il significato (computazionale) delle informazioni scambiate, a quel punto il compito è quello di permettere ai progettisti di poter comunicare, ragionando in base alla propria conoscenza, sulle asserzioni formulate dagli altri partecipanti, cioè associando i propri significati concettuali agli insiemi di entità che costituiscono le soluzioni progettuali scambiate.

Nella progettazione come noto, i progettisti dispongono della libertà di scegliere, più o meno consapevolmente, un qualsiasi sistema di classificazione ad essi congeniale. Questi modelli specifici di dominio si basano su vocabolari “controllati”, definibili attraverso le diverse ontologie specialistiche, siano esse relative all’ambito dell’Architettura, dell’Ingegneria delle strutture, dell’Ingegneria degli impianti, giusto per citarne alcuni.

Anche se due attori adottassero lo stesso standard di comunicazione, potrebbero comunque sussistere difficoltà di interoperabilità (si tratta in questo caso dell’interoperabilità in senso pieno, cioè comprensiva del livello dei dati e del livello concettuale).

Per garantire l’interoperabilità, infatti, la macchina deve “comprendere” che tra un sistema descrittivo e un altro esiste una certa relazione. Per superare questa difficoltà è necessario definire metodi e tecniche per rappresentare e dedurre le relazioni che incorrono tra le diverse parti che strutturano la soluzione progettuale globale (significati, proprietà, regole), sia che corrispondano in tutto o in parte, sia che non corrispondano affatto.

Un esempio: due attori, un architetto e uno strutturista, hanno l'esigenza di collaborare e vogliono scambiarsi le relative proposte di soluzioni progettuali. Supponiamo che abbiano adottato entrambi lo standard IFC, ma che abbiano deciso di avvalersi di due sistemi di classificazione concettuale diversi (magari perché l'IFC non prevede alcuni oggetti o proprietà specialistiche). Entrambi hanno scelto delle ontologie che si adattano alle rispettive esigenze (magari facendole personalizzare da un ingegnere della conoscenza, o acquisendole da un portale on-line di servizi per la progettazione). Se per esempio si volesse effettuare una ricerca (*query*) per tipi di elementi costruttivi, come farà la macchina a cercare contemporaneamente nelle due basi di conoscenza (e relative basi di dati) una "parete ventilata" ed un "setto strutturale"?

Ovviamente, l'adozione di uno stesso standard descrittivo (come ad esempio l'IFC) certamente costituisce un'ottima classificazione di riferimento, anche se non esaurisce i problemi di interoperabilità concettuale.

La soluzione che si ritiene più efficiente nel consentire una efficace interoperabilità tra due modelli concettuali consiste nel realizzare un *sistema di filtraggio*, basato su protocolli di mappatura, che consenta ad un attore di trasferire solo quella parte di tutta la conoscenza associata alla propria soluzione progettuale che sia comprensibile dall'attore ricevente.

Il modello di gestione qui descritto consente di mantenere per ciascuno degli attori coinvolti la possibilità di impiegare strumenti normalmente utilizzati, linguaggi e simboli specialistici e, solo nella fase di condivisione-collaborazione, attivare sistemi di *traduzione/filtro* in ingresso e uscita per interagire fattivamente con gli specialisti operanti nel processo progettuale.

Questo tipo di modello non si discosta molto dai convenzionali processi di progettazione multidisciplinari. Infatti nella realtà operativa il compito del filtraggio e della traduzione è affidato alla conoscenza, alla esperienza professionale, all'abilità logico deduttiva di ognuno dei progettisti che collabora al progetto.

Un meccanismo analitico "*intelligente*" non deve sostituire il ruolo intuitivo del progettista, ma operando in sinergia, dovrà supportare discretamente, e al momento giusto, alcuni processi formalizzabili, facilitando le occasioni creative.

Nel modello qui ipotizzato, discusso e implementato, ogni attore dispone di un proprio *agente-filtro* che, caratterizzando la prospettiva specialistica, facilita un approccio olistico ai problemi e alle opportunità progettuali. Con questa visione operativa, a partire dal controllo della correttezza di regole progettuali, la macchina può svolgere anche compiti più evoluti sino a spingersi all'output di suggerimenti ad-hoc di soluzioni progettuali.

Mediante opportuni operatori software, atti a modellare e gestire la molteplicità dei collegamenti tra i domini del progetto, si rende possibile la selezione di entità, da ciascuna delle conoscenze coinvolte, con relative proprietà e regole specialistiche, preservando la specificità di ciascun dominio, consentendo al tempo stesso l'interoperabilità dei concetti e lo scambio proficuo ed efficace di conoscenza in maniera intellegibile e sempre comprensibile all'attore ricevente, in quanto formalizzata secondo la medesima struttura formale.

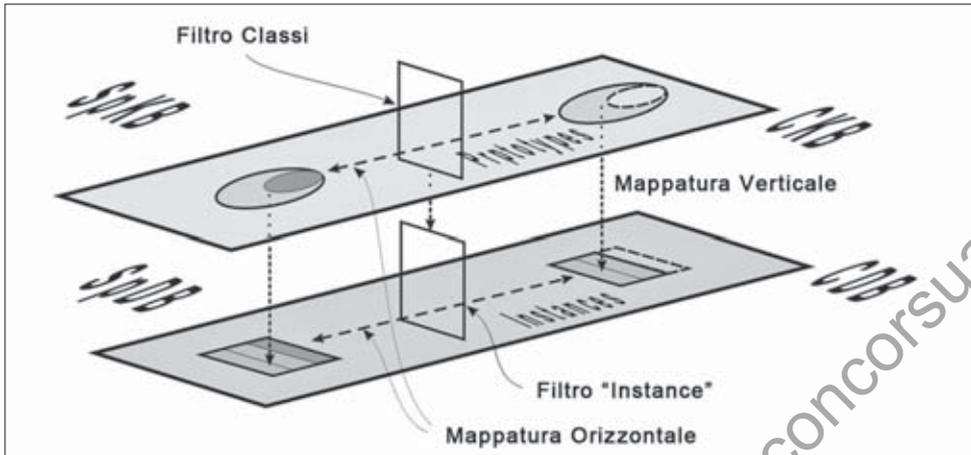


Figura 15. Schema del modello di mediazione nell'infrastruttura collaborativa

Per raggiungere questo risultato si rende necessaria l'integrazione/fusione di due categorie gestionali con un processo chiamato di "mediazione":

- la mediazione "verticale", tra i diversi livelli di rappresentazione, che collega *il concetto al dato*, attraverso i progressivi livelli di complessità e astrazione, permettendo di associare una descrizione completa all'interno del singolo dominio specialistico, per esempio realizzando e gestendo il collegamento dei database delle informazioni di progetto con le basi di conoscenza strutturate e formalizzate attraverso le ontologie;
- la mediazione "orizzontale", tra i diversi domini specialistici, che realizza una mappatura *interdisciplinare* tra le conoscenze, gestendo i collegamenti tra la stessa entità significativa e le proprietà ad essa associate da attori diversi, allo stesso livello di intelligenza (ontologia con ontologia, dato con dato, prototipo con prototipo, *instance con instance*).

In questo modello generale il compito cruciale di tradurre le soluzioni di progettazione locale sviluppate da ciascun attore specialista e la loro integrazione nel modello condiviso e Comune della soluzione progettuale complessiva – e viceversa – è svolta da meccanismi di *filtraggio* che stabiliscono e governano il legame tra le strutture di conoscenza.

I *filtri*, modulati su misura delle varie esigenze progettuali, eseguono la mappatura tra quelle specialistiche per mezzo della struttura condivisa. Si comportano in modo diverso in due direzioni: quando l'oggetto logico è tradotto nella struttura di conoscenza condivisa, sarà semplificato; al contrario, verrà arricchito da tutti i "semantemi" specifici dell'ontologia degli attori coinvolti (Carrara e Fioravanti, 2008).

Il filtro, dopo essere stato personalizzato sulle esigenze di ogni attore, se viene attivato nella direzione dallo Spazio di Lavoro Privato verso quello Condiviso screma automaticamente la versione da rendere pubblica di tutte le annotazioni, commenti, schizzi, calcoli e altre rappresentazioni private, proprie di ogni partecipante, usa-

te durante la progettazione specialistica, dati che si rivelerebbero inutili ai propri colleghi.

Se attivato nella direzione inversa, ovvero dallo Spazio di Lavoro Condiviso a quello Privato, il filtro opererà in maniera simile: quando ogni attore si trova a importare gli input generati e condivisi dagli altri, esso ripristinerà il collegamento con le ontologie specialistiche, operando di fatto l'interpretazione delle entità condivise, attraverso la traduzione sotto forma di rappresentazioni specifiche di ogni dominio.

La mediazione "orizzontale"

Le entità che costituiscono la soluzione progettuale intesa come funzione di prodotto/processo/contesto/attori, come approfondito in precedenza, sono rappresentate mediante la tripletta MPR (Meanings, Properties, Rules) e tra loro sono organizzate attraverso *Strutture di Conoscenza*, ove ogni conoscenza specialistica e la corrispondente conoscenza generale sono rappresentate attraverso una specifica Struttura di Conoscenza.

Si sono definite due categorie di Strutture della Conoscenza, ovvero quella Comune e quella Specialistica. In termini metodologici, una volta codificate le *strutture di conoscenza*, formalizzate le *entità e relazioni*, è possibile la costruzione dei *filtri*, mettendo a sistema le corrispondenti proprietà e regole associate alla medesima entità in due o più strutture di conoscenza. In questo modo gli "n" attori specialisti, afferenti ad altrettanti domini, potranno contare sull'automatica assegnazione dei propri *significati* alle medesime entità *significanti*.

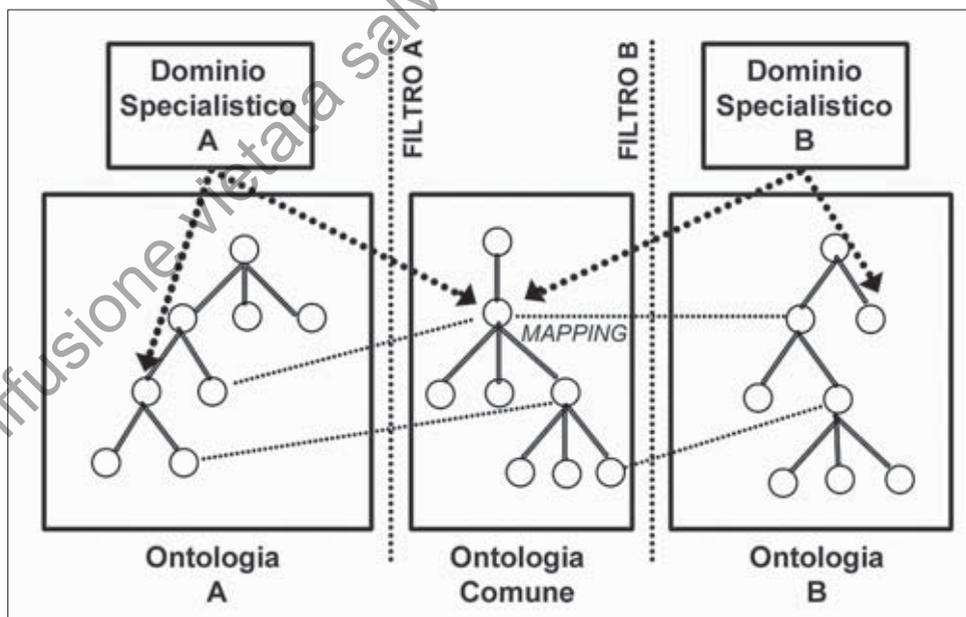


Figura 16. Schema illustrativo delle connessioni tra le strutture della conoscenza progettuale.

Le relazioni che incorrono tra le entità appartenenti alle diverse *Strutture di Conoscenza* vanno a costituire delle *Reti di Conoscenza* trans-disciplinari, capaci di mettere a sistema domini differenti.

Si deve infatti considerare che le relazioni tra le entità sono plurime: esistono dipendenze gerarchiche e topologiche, tali che una entità appartenga ad un'altra della medesima struttura disciplinare, ma anche molti altri tipi di relazioni, intese come sistemi di regole funzionali alla collaborazione tra ambiti settoriali.

Un ulteriore aspetto che dovrebbe essere considerato e che spesso viene sottostimato, è che le regole di relazione non vengono applicate meccanicamente o pedissequamente a tutte le entità di una classe o a quelle di classi inferiori, ma dipendono effettivamente da come queste entità sono correlate tra loro e dalla dipendenza reciproca nella storia del progetto individuale.

Affinché sia possibile identificare le relazioni tra le conoscenze, ovvero definire una Rete di Conoscenza, è utile identificare alcune principali categorie di Regole Relazionali:

- *Regola di dominio*, definita nell'ambito specialistico, il cui controllo di settore si opera nello spazio di lavoro privato;
- *Regola condivisa tra domini*, definita in accordo tra il singolo specialista con gli altri collaboratori più affini all'ambito problematico, il cui controllo, di carattere più frequente si opera nello Spazio di lavoro Privato, prima di pubblicare nello spazio di lavoro condiviso;
- *Regola condivisa generale*, definita in accordo tra tutti gli specialisti, per la verifica nello Spazio di lavoro Comune la soluzione condivisa dal singolo specialista verso le soluzioni condivise da tutti gli altri.

Attraverso la definizione di queste regole è possibile modellare le Reti di Conoscenza realizzando così la mappatura tra le conoscenze strutturate.

Tecnicamente, la definizione e attivazione dei collegamenti tra entità appartenenti a domini differenti da luogo rispettivamente a:

- *una Rete di Conoscenza Comune* (CKN - Common Knowledge Network), che viene attivata da ciascuno specialista coinvolto attraverso la selezione delle Entità (concetti) a cui è interessato, insieme alla dichiarazione di interesse verso talune loro proprietà e regole;
- *diverse Reti di Conoscenza Specialistiche* (SpKNs - Specialists' Knowledge Networks), che vengono attivate tra le entità che appartengono alle strutture di conoscenza specialistica più affini al medesimo ambito problematico, ciascuna delle quali comprende tutte le Entità selezionate dalla Rete di Conoscenza Generale, aggiungendo i concetti Privati (Specialistici) dei settori di interesse.

Al termine di una attività di selezione operata da ogni singolo attore, che può comunque contare su dei valori predefiniti di default, il sistema di filtraggio individua tutte le classi in comune tra i diversi attori, creando in questo modo una vera e propria Matrice di Entità che rende possibile il collegamento e la traduzione delle

informazioni tra lo Spazio di Lavoro Privato, gestito da ciascuno specialista, e lo Spazio di Lavoro Comune.

Quando gli attori selezionano / deseleggono le entità a cui sono interessati, si crea una tabella bidirezionale che evidenzia e registra le entità condivise dagli attori coinvolti nel processo progettuale.

Il Filtro in pratica memorizza una matrice di corrispondenza (*Entities-Actors Couples Matrix - EACM*) che mette a sistema le Strutture di Conoscenza attraverso le coppie Attore-Entità, scelte da ciascuno di essi, includendone i significati, le proprietà e le regole.

Sulla base di questo assunto, è possibile risolvere il problema centrale della gestione collaborativa del progetto, supportando il *trasferimento selettivo della conoscenza*.

La definizione delle relazioni tra strutture specialistiche e l'attivazione di un meccanismo di selezione, consente a ciascun attore specialista di comunicare la propria soluzione progettuale agli altri attori trasferendo solo e soltanto quanto di questa sia comprensibile dalla conoscenza dell'attore corrispondente.

Una volta definite le relazioni tra strutture di conoscenza, ogni attore è supportato nella verifica di consistenza della propria soluzione sia all'interno che all'esterno del proprio dominio specialistico.

La mediazione "verticale"

La gestione del quadro concettuale che arricchisce l'intelligenza delle entità di progetto prodotte dai modelli di informazioni dei software CAD correnti, di cui il BIM costituisce l'esempio più avanzato, è implementabile mettendo a sistema il livello di rappresentazione del dato con quello del concetto.

La descrizione completa della semantica formalizzata attraverso le ontologie del singolo dominio specialistico e raccolta nelle rispettive basi di conoscenza deve essere associata alle informazioni di progetto raccolte nei rispettivi data-base.

Per realizzare tale connessione bisogna analizzare i sistemi "classificatori" ai diversi livelli di astrazione e creare relazioni tra i concetti presenti indipendentemente dalla loro forma di rappresentazione.

Condizione necessaria, ma non sufficiente, per realizzare la mappatura verticale è l'esistenza di una tassonomia delle entità sostanzialmente condivisa (p.es. IFC), di un accordo sulla struttura gerarchica, sui significati e sugli obiettivi disciplinari, garantendo sempre la possibilità di modificare entro certi limiti le caratteristiche di una entità nell'insieme.

La mappatura verticale è orientata a supportare la capacità di interpretare il significato legato ai dati, associando automaticamente ad essi i concetti che appartengono ad una ontologia specialistica. Ricostruendo la struttura che lega ad ogni singola entità altre entità note, essa fornisce i valori semantici sia al software che ne fa uso per ragionamenti e verifiche, sia al progettista, presentandoli in un linguaggio comprensibile.

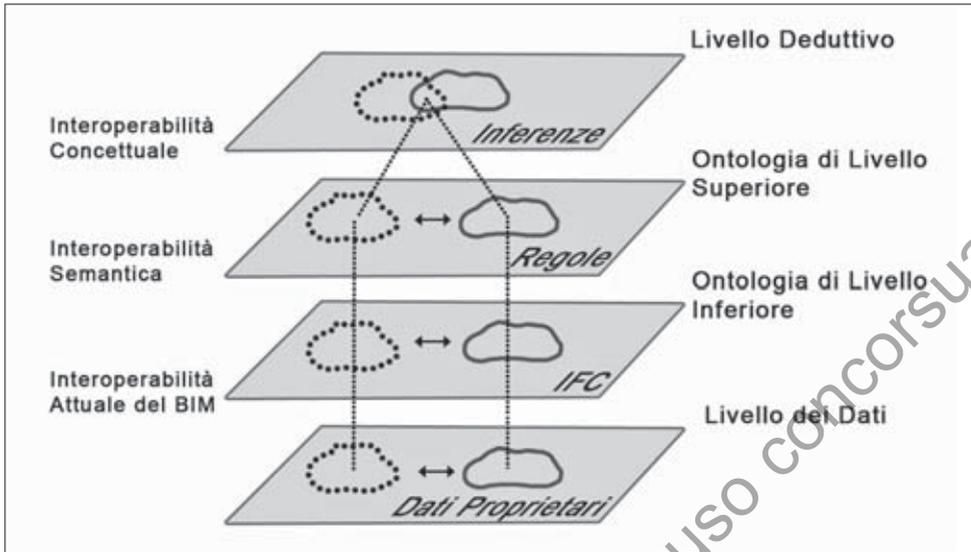


Figura 17. Collaborazione attraverso livelli di interoperabilità.

Il compito di un sistema che opera la mappatura verticale è quello di associare automaticamente un concetto che appartiene ad una ontologia con il modello di dati presente nei software specialistici esistenti. Questa trasformazione si può realizzare attraverso dei programmi di interfaccia (API) in grado di trovare delle corrispondenze tra le classi della ontologia e gli oggetti dei software.

Nella *piattaforma tecnologica di supporto al knowledge management* il filtro previsto consentirà l'interazione tra la rappresentazione delle informazioni prodotte dal software BIM (geometria con proprietà e attributi) o codificate con lo standard IFC e le informazioni ontologiche codificate in OWL, capaci di associare gli aspetti semantici locali, di dominio specialistico.

La soluzione progettuale di ogni attore specialista è formalizzata mediante la relativa Conoscenza Specialistica e sviluppata all'interno del proprio Spazio di Lavoro Privato: dal proprio Spazio di Lavoro Privato ciascuno Specialista accede alle Entità collegate alla Rete di Conoscenza Specialistica, con le relative Proprietà e Regole; l'Attore Specialista (i) condivide parte della sua soluzione progettuale e la pubblica quindi nello Spazio di Lavoro Condiviso da dove di conseguenza, gli altri attori interessati potranno recepirla e tradurla per mezzo della Rete di Conoscenza Specialistica.

In particolare si specifica che lo Spazio di Lavoro Condiviso è diverso per ogni attore in quanto per ogni Attore (i) esso comprende tutte le Entità che l'Attore (i) ha pubblicato e tutte le entità che gli altri Attori (n-i) hanno 'pubblicato' e condiviso con lui.

Ogni attore riceverà solo ciò che è in grado di comprendere, per mezzo del sistema di scansione/filtraggio che fa uso di protocolli di scambio/condivisione basa-

ti sulla matrice di corrispondenza (*Entities-Actors Couples Matrix - EACM*). Il sistema di scansione è in grado di controllare tutte le Reti di Conoscenza Specialistica in modo da controllare coppie di concetti tra tutte le ontologie specialistiche per consentire la condivisione dei dati.

I sistemi di filtraggio sono in grado di controllare tutti i dati dello specialista (i) e di inviare a ciascuno degli altri specialisti (n-i) tutti e soli i concetti di cui il ricevitore è interessato, dichiarati o inferiti dalla Rete di Conoscenza (ovvero possiede nella propria Rete di Conoscenza Specialistica il Significato, le Proprietà e le Regole della specifica Entità di interesse).

Tutte le soluzioni progettuali condivise quindi vengono pubblicate nello Spazio di Lavoro Condiviso e raccolte in una *repository condiviso* al fine di consentire a ciascun attore di prendere atto della soluzione progettuale complessiva sviluppata sino a quel punto del processo.

Il processo di progettazione collaborativa è preceduto da una sequenza di procedure propedeutiche legate principalmente al tema del progetto a agli attori coinvolti.

Tali operazioni, tra l'altro, sono atte a definire da un lato la rete generale della Conoscenza relativa alla tipologia edilizia scelta e dall'altro a identificare i domini specialistici che prenderanno parte alla fase del processo con le relative strutture di conoscenza specialistica.

Il Sistema, sulla base di una manifestazione di interesse esplicitata da parte degli attori (o semplicemente ereditata dai valori di *default*) in merito alle entità da utilizzare nel progetto, individua tutte le Classi in comune tra i diversi Attori. In tal senso si automatizza la compilazione della Matrice *EACM* che rende possibile il filtraggio delle informazioni tra lo Spazio di Lavoro Privato gestito da ciascuno specialista e lo Spazio di Lavoro Comune.

Nel momento in cui un Attore (ad es. l'Architetto) decide di includere una classe nella propria Struttura di Conoscenza Specialistica, il significato, le proprietà e le regole che vede associati a tale Entità risulteranno diversi da quelli riguardanti lo stesso oggetto riferito però ad un altro attore (ad es. l'ingegnere strutturista).

Quando gli attori selezionano/deselezionano le entità a cui sono interessati, ovvero definiscono o modificano Regole di Relazione, il Sistema di Filtraggio memorizza nella Rete di Conoscenza, sia essa Specialistica o Comune, tutte le coppie Attore-Entità, inclusi Significati, proprietà e regole, scelte da ciascuno di essi.

Si crea così la matrice di corrispondenza (*Entities-Actors Couples Matrix - EACM*) che evidenzia e registra le entità condivise dagli attori coinvolti nel processo progettuale.

Nel caso in cui una classe è di interesse per tutti gli Attori coinvolti, questa viene definita *Concetto Comune*, quando invece l'Entità viene selezionata da alcuni Attori allora si parla di *Concetto Condiviso*, infine, le classi "visibili" da un solo Attore rientrano nei Concetti Specialistici.

In sintesi, questo modello di comunicazione mediata da filtri riguarda in particolare la gestione operativa di due aspetti.

- Il primo riguarda la relazione di necessità che corre tra la rappresentazione dell'intero progetto e la rappresentazione propria di ogni individuo, che in altri termini implica la responsabilità sovraordinata del progettista rispetto all'intero progetto, nel produrre la propria soluzione.
- In secondo luogo, quando il filtro di ogni attore riceve i dati pubblicati dagli altri e non è in grado di interpretarli, va ad interrogare gli altri filtri sulle informazioni semantiche connesse ai dati pubblicati (e nel caso non riceva risposte, può intervenire la capacità tutta umana che permette di comprendere spesso anche il significato di oggetti/concetti non correttamente formalizzati).

3 - Ragionamento automatico basato sulla conoscenza

Le potenzialità del modello illustrato sono fortemente estensive degli strumenti esistenti. L'innovazione predominante è legata alla versatilità d'uso che un sistema relazionale come quello descritto in queste pagine possiede rispetto ad un sistema parametrico ad oggetti.

Tali oggetti, modellati ad esempio in un ambiente BIM, possono essere interrogati e vincolati da regole che insistono sulle singole individualità, o al massimo su insiemi costituiti da gruppi di esse.

La capacità di modellare tali oggetti o gruppi di essi per costituirne un sistema è affidata alla logica dell'attore umano, capace di assegnare tipi di relazioni tra gli insiemi e a definirne lo scopo di aggregazione.

Il BIM si basa su logiche implicite, le stesse logiche che, come discusso, attraverso il sistema gestionale del BKM è invece possibile rappresentare formalmente e quindi rendere esplicite.

Il modello in BKM ha la capacità di automatizzare i processi d'uso applicati ad insiemi di oggetti orientati, qualificati attraverso relazioni formalizzate e soprattutto legati da uno scopo definito, ovvero contraddistinti da un requisito di prestazione da soddisfare.

In pratica, con riferimento a quanto discusso all'inizio di questo capitolo, ciò che un'ontologia BKM aggiunge ai dati descrittivi BIM, è l'*orientamento*, rappresentato attraverso assiomi logici sulla natura del soggetto descritto.

Per esempio, se un modello di dati di prodotto (quale è il BIM) descrive una "porta" in termini di geometria, materiali, costi e altri parametri supplementari, un'ontologia della "porta" aggiunge concetti come: passaggio controllato, appartenente ad un percorso strutturato, la possibilità di essere bloccata o un rapporto di necessità tra una porta e la parete in cui viene assegnata o con la stanza cui permette di accedere, o tra due stanze che divide e collega (per esempio, utile per testare le norme di sicurezza antincendio, per suggerire vie di fuga verso un luogo sicuro, e più in generale per valutare la coerenza verso regole più complesse applicate al sistema relazionale).

Questa descrizione estesa aiuta a definire importanti domande e risposte, richieste

e affermazioni circa l'entità rappresentata, quali ad esempio le interrogazioni tramite motori di ricerca semantici, la verifica di un programma edilizio, una normativa edilizia, regolamenti tecnici, la disponibilità sul territorio di fornitori di un dato componente descritto nelle specifiche di prestazione del capitolato d'appalto.

Per essere più espliciti, consideriamo ciò che potrebbe accadere quando un attore specialista (agente umano o software) ha bisogno di informazioni su una porta specifica al fine di verificarne la compatibilità con gli standard antincendio: in un modello data-centrico (tipo IFC) i dati di questo oggetto saranno memorizzati in un archivio centralizzato del progetto con le specifiche di "Porta", che include un elenco definito di attributi come "Materiale", "Proprietà", "Forma", etc. L'attore è in grado di formulare una domanda appropriata e ottenere una risposta. Comunque, non è garantito che la risposta abbia un senso finito, perché se l'*instance* specifica di "Porta" nel modello centralizzato non comprende la proprietà richiesta specifica (ad esempio il fattore "tempo di resistenza al fuoco- REI") o non appartiene ad una parete o si apre sulla strada sbagliata, quella porta non potrà funzionare correttamente come un'entità per l'analisi e la gestione dei percorsi di fuga.

Diversamente, l'approccio ontologico consente - in un ambiente plurale e distribuito- di (ri) definire completamente il concetto di porta, in modo da non dipendere dall'intelligenza del dato centralizzato e parzialmente dalla applicazione che lo utilizza. Questo approccio mira a garantire risorse sufficienti per eseguire operazioni sull'oggetto porta, modellando strutture relazionali in grado di rappresentare le esigenze specifiche di progettazione, e di interpretare correttamente i risultati di queste operazioni.

Inoltre è possibile definire funzioni aggiuntive e vincoli sullo stesso oggetto "Porta" in diversi contesti specifici, fornendo - o modellando a seconda delle esigenze - requisiti funzionali specifici del dominio che ne determinano il comportamento.

L'ontologia "Porta" descrive non solo le informazioni geometriche / non geometriche, ma include la semantica (arricchita per mezzo di definizioni e relazioni), progettata per trasmettere e comprendere l'idea che c'è dietro. Le stesse considerazioni descritte per l'oggetto "porta" sono valide per qualsiasi entità geometrica o non geometrica con proprietà specifiche, incluse le prestazioni: questo approccio può essere generalizzato per la formalizzazione di tutto l'edificio in coerenza con la sua complessità di prodotto-processo (Jeong e Trento, 2008).

La condivisione di un'ontologia, adeguatamente formalizzata attraverso un linguaggio appropriato e una struttura logica coerente, rende possibile la comprensione tra i diversi attori, permettendo loro lo scambio di conoscenze.

Le informazioni così rappresentate, consentono di accedere a un altro livello, quello del *ragionamento operativo*. A questo livello, sovrapposto a quello delle ontologie formalizzate, il ragionamento verrà effettuato sui concetti (univocamente collegato ai dati) e le conclusioni saranno tratte da ipotesi formulate su determinate entità dell'edilizia.

Da una prospettiva tecnica di implementazione, le informazioni (ad esempio espresse in OWL) consentono ai motori inferenziali di verificare la consistenza dei dati su una base di conoscenza esplicita e formalizzata ed inferire deduzioni sulla conoscenza tacita sulla base di regole deduttive predefinite, o di algoritmi fuzzy, probabilistici, ecc. (ad esempio: se questa è una stanza di ospedale e se il sito del progetto è Roma, allora il sistema Ambientale è regolato dagli Standard Normativi della Regione Lazio sugli edifici ospedalieri che richiedono che la stanza abbia bisogno di 2 ricambi di aria all'ora).

In questa Parte Terza si è definito e analizzato il modello teorico BKM di Rappresentazione e Gestione della Conoscenza. Nella Parte Quarta, seguirà l'approfondimento delle tecnologie implementative per la realizzazione di una Piattaforma integrativa degli strumenti esistenti a supporto della Progettazione Collaborativa.

NOTE

¹ <http://www.ifcwiki.org>.

² BKM – Building Knowledge Modeling, Strutturare la conoscenza dell'edilizia per una nuova generazione di strumenti di progettazione. Progetto di Ricerca cofinanziato dal Ministero Affari Esteri della Repubblica Italiana e dal Ministero dell'Industria del Commercio e del Lavoro – Israele; Dicembre 2011–Maggio 2013.

³ L'esempio qui riportato, seppure apparentemente privo di logica e palesemente assurdo illustra in maniera evidente i rischi che si incontrano nella fase implementativa del modello proposto.

⁴ Due concetti chiave, attività di apprendimento' e 'learning design', sono fondamentali per gli argomenti trattati nel modulo e vale la pena di definire questi concetti fin dall'inizio.

Le attività di apprendimento sono i compiti che gli studenti si impegnano a realizzare una serie di risultati previsti. Esempi possono includere:

- Individuazione e sintetizzare una serie di risorse dal web;
- Contribuire a un 'pro e contro il dibattito' in un forum di discussione;
- Manipolazione dei dati in un foglio di calcolo;
- Costruire un rapporto di gruppo in un wiki;
- Riassumendo i punti salienti di un podcast.

Si intendono le attività di apprendimento in relazione al processo di progettazione "come una specifica interazione di discente(i) con altro(i) utilizzando strumenti e risorse specifiche, orientato verso risultati specifici" (Beetham, 2007).

"Learning design" si riferisce alla gamma di azioni associate con la creazione di una attività di apprendimento e, soprattutto fornisce un mezzo per descrivere le attività di apprendimento. Il termine design di apprendimento può riferirsi a:

- Il *processo* di attività di pianificazione, strutturazione e apprendimento sequenziamento;
- Il *prodotto* del processo di progettazione - la documentazione, rappresentazione(i), il piano, o la struttura creato durante la fase di progettazione o successivamente.

Diffusione vietata salvo esclusivo uso concorsuale

Parte quarta
UNA PIATTAFORMA PER LA
COLLABORAZIONE PROGETTUALE

Diffusione vietata salvo esclusivo uso concorsuale

Diffusione vietata salvo esclusivo uso concorsuale

4.1 La Piattaforma ABCD: *Architecture and Building Collaborative Design platform*

Il modello teorico BKM di rappresentazione e gestione della conoscenza descritto nella Parte precedente ha validità generale in quanto è in larga misura indipendente dalle tecnologie implementative e operative, soggette a continui aggiornamenti e a innovazioni industriali e di mercato.

BKM per sua natura e costituzione possiede peraltro la potenzialità di essere implementato attraverso un insieme di tecnologie ICT e integrato con funzioni complementari in modo da costituire nel suo complesso una *piattaforma tecnologica* a supporto della progettazione architettonica collaborativa denominata ABCDp: *Architecture and Building Collaborative Design platform*.

Tale possibile applicazione, basata sugli standard correnti per l'interoperabilità, è concepita in modo da permettere a ciascun componente di un team che opera nel campo della progettazione architettonica multidisciplinare collaborativa, di rappresentare in un formato appropriato la conoscenza tecnica di cui dispone e di definire e/o personalizzare regole e metodi per usarla e comunicarla. In tal modo egli potrà comunicare agli altri componenti del team la propria soluzione del problema progettuale assieme con la conoscenza usata per definirla, interagendo ciclicamente e interattivamente con gli altri attori per giungere ad una soluzione complessiva compiuta e coerente.

In accordo con quanto caratterizza il modello BKM, le due classi principali di compiti che tale piattaforma è chiamata a svolgere riguardano due aspetti principali delle problematiche legate al progetto/processo:

- *Strutturazione della conoscenza progettuale*. È orientata a facilitare il progettista nella modellazione di significati, proprietà e regole degli oggetti /concetti e dei vincoli legati al progetto, permettendo ai computer (automaticamente o su richiesta) di controllare e verificare le scelte progettuali, mettendo a confronto i valori di progetto con quelli ammessi.
- *Gestione collaborativa della conoscenza progettuale*. È finalizzata a migliorare la comunicazione tra progettisti, consentendo loro di associare ad un repertorio di strutture di oggetti / concetti condivisi, i significati che essi assumono in domini specializzati (o ri-modellarli in base ad esigenze comuni di progetto), traducendo efficacemente i significati, le proprietà e le regole delle soluzioni modellate e mettendo in evidenza eventuali vincoli incrociati di interdipendenza.

La *Strutturazione della conoscenza progettuale*, come descritto nei capitoli precedenti, è essenzialmente composta da:

- una Ontologia (definizione dei concetti/entità inclusi nella KB);
- una semantica (significato dei concetti inclusi nella ontologia);
- un insieme di proprietà (geometriche, fisiche, funzionali) e gli attributi (valori, metodi o programmi informatici) associati a ciascun soggetto;

- una serie di “relazioni di appartenenza” di ciascuna entità ad un insieme che le contiene (parte, insieme-di);
- un insieme di “relazioni di ereditarietà” (classe di) di ogni entità per i vari stati di complessità che la caratterizza;
- un insieme di “regole di compatibilità” tra le entità;
- una serie di “motori di inferenza” per verifiche di comportamento.

Ciascuno di questi aspetti è stato formalizzato in una struttura logica sintatticamente coerente che può essere implementata con strumenti ICT.

L'impiego delle Ontologie per la definizione della Conoscenza in un processo di progettazione consente l'impiego della logica dei predicati per la definizione semantica dei concetti coinvolti. Le Strutture di Conoscenza compiutamente e coerentemente definite consentono quindi interrogazioni, *queries* e ragionamenti mediante motori inferenziali che possono verificare vincoli, regole specialistiche di dominio e regole inter-dominio per verifiche sulla congruenza multidisciplinare della soluzione progettuale sviluppata dai molteplici attori coinvolti.

Per la *Gestione della Conoscenza progettuale* è stato teorizzato e formalizzato un articolato sistema di *filtri* e protocolli di semplificazione e arricchimento dei concetti legati alle singole entità.

Alla dualità del rapporto Conoscenza Specialistica – Conoscenza Comune è stato affiancato un parallelo sistema modellato su Spazi di Lavoro Privati, Spazi di Lavoro Condivisi tra sotto-gruppi di collaboratori e uno Spazio di Lavoro Comune tra tutti gli attori coinvolti (su cui si fonda la collaborazione attraverso le Reti di Conoscenza).

In termini generali, come definito nei capitoli precedenti, le *Strutture di Conoscenza*, caratterizzate da reti strutturate di entità modellate secondo la tripletta *Meanings-Properties-Rules*, consentono di rappresentare concetti complessi e soprattutto ne consentono la computazione, l'interrogazione e le verifiche di congruenza, coerenza e consistenza.

Le *Reti di Conoscenza*, che mettono in relazione le molteplici semantiche formalizzate nelle Strutture di Conoscenza, consentono invece di stabilire legami di vario livello tra Specialismi distinti.

In questa Quarta Parte si illustrano la strutturazione tecnologica e i metodi di utilizzo della Piattaforma ABCD (intesa come sistema capace di gestire la combinazione di Strutture di Conoscenza / Reti di Conoscenza), traducendola in un innovativo, efficace e potente strumento di supporto per la progettazione collaborativa in architettura e, più in generale, nell'ambito delle costruzioni.

Nella figura 19 è riportato lo schema di un sistema di supporto per la progettazione edilizia basato sulla gestione conoscenza. Si vede che la gestione del processo media tra la conoscenza indipendente dal progetto e quella che ne è dipendente, e tra la fase di intuizione (proposta) e quella di deduzione (verifica) della soluzione progettuale.

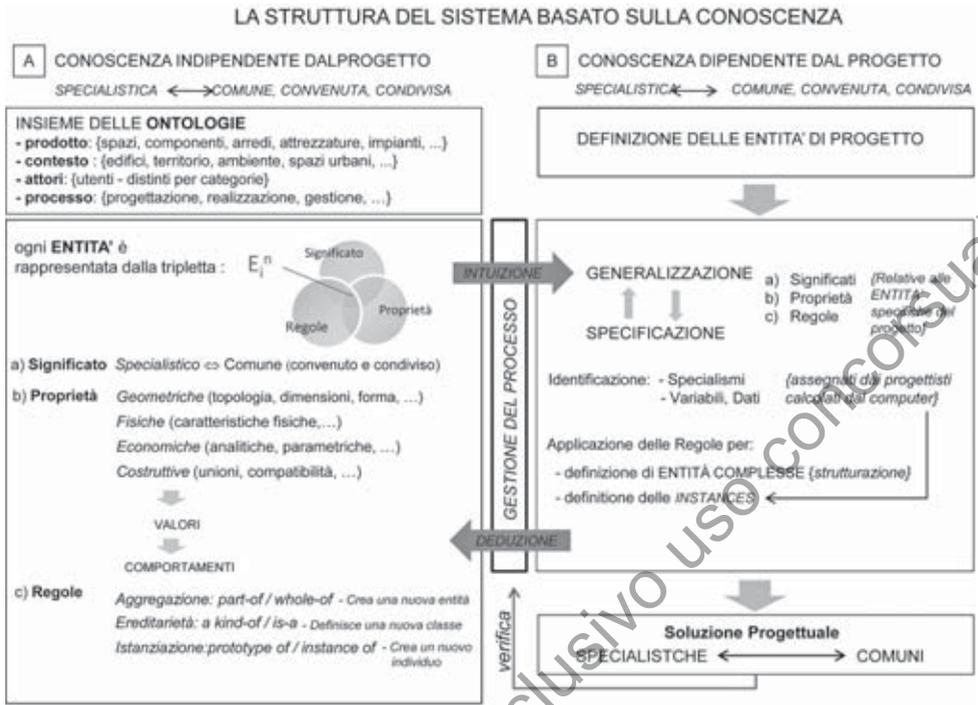


Figura 18. Schema della struttura concettuale di un sistema di supporto alla progettazione basato sulla gestione della conoscenza.

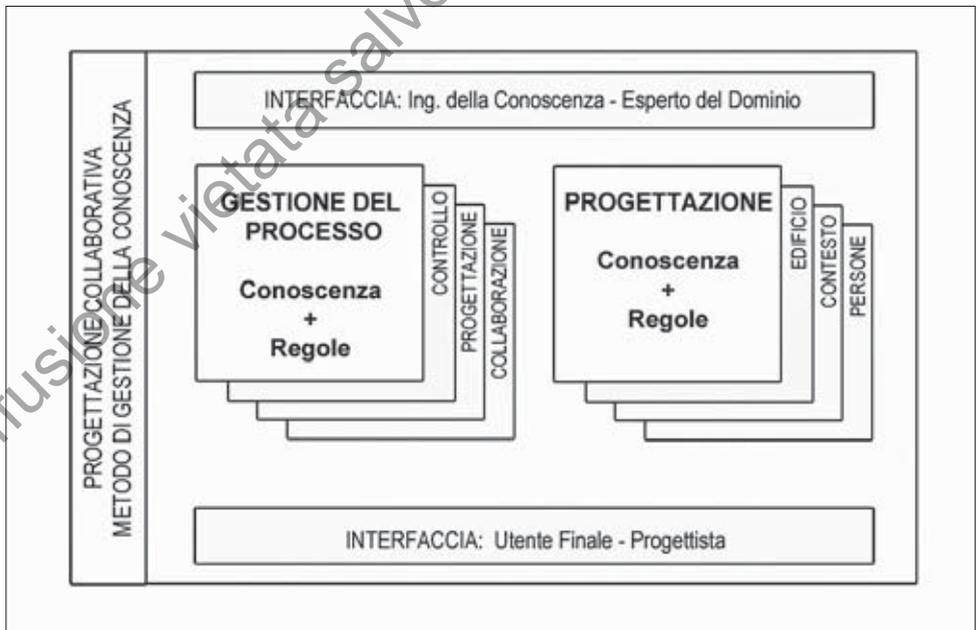


Figura 19. Anatomia della piattaforma ABCD: l'architettura concettuale del sistema.

Di seguito nella Figura 20 si rappresenta uno schema diagrammatico della costituzione della piattaforma ABCD con indicazioni per la sua implementazione.

Uno dei principali vantaggi dell'architettura della piattaforma è la sua costituzione modulare basata su componenti, il che semplifica l'aggiunta di nuove funzionalità, creando *plug-in* appropriati.

Il sistema si basa su un modello di prodotto/processo che permette la formalizzazione di:

- *know-how* tecnico coinvolto nel progetto;
- *know-how* per la gestione del processo di progettazione collaborativa.

Per quanto sopra esposto la piattaforma si articola in due aspetti fondamentali:

- Rappresentazione della conoscenza progettuale attraverso le *Strutture di Conoscenza* delle entità (oggetti/concetti) considerate nel progetto;
- Gestione del processo attraverso una infrastruttura integrativa che supporti il ragionamento e la comunicazione tra attori.

I due aspetti sono concettualmente distinti, ma strettamente interrelati nella attuazione dell'ambiente collaborativo di progettazione.

La rappresentazione della conoscenza impiegata durante l'intero processo progettuale si strutturerà dunque attraverso Strutture di Conoscenza (*Knowledge Structures, KS*).

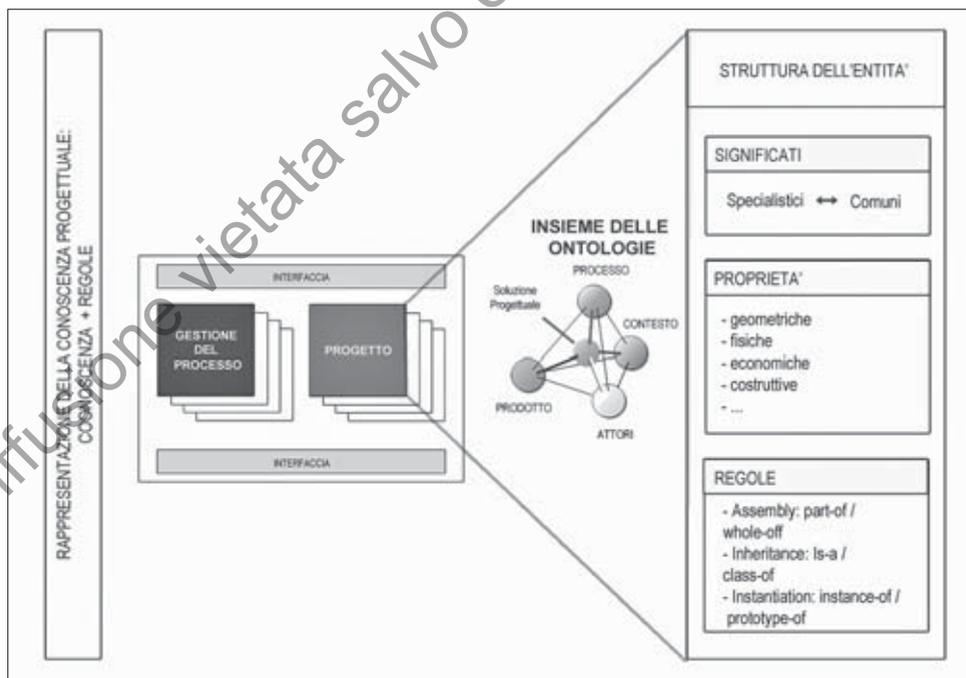


Figura 20. La piattaforma ABCD: struttura della conoscenza progettuale.

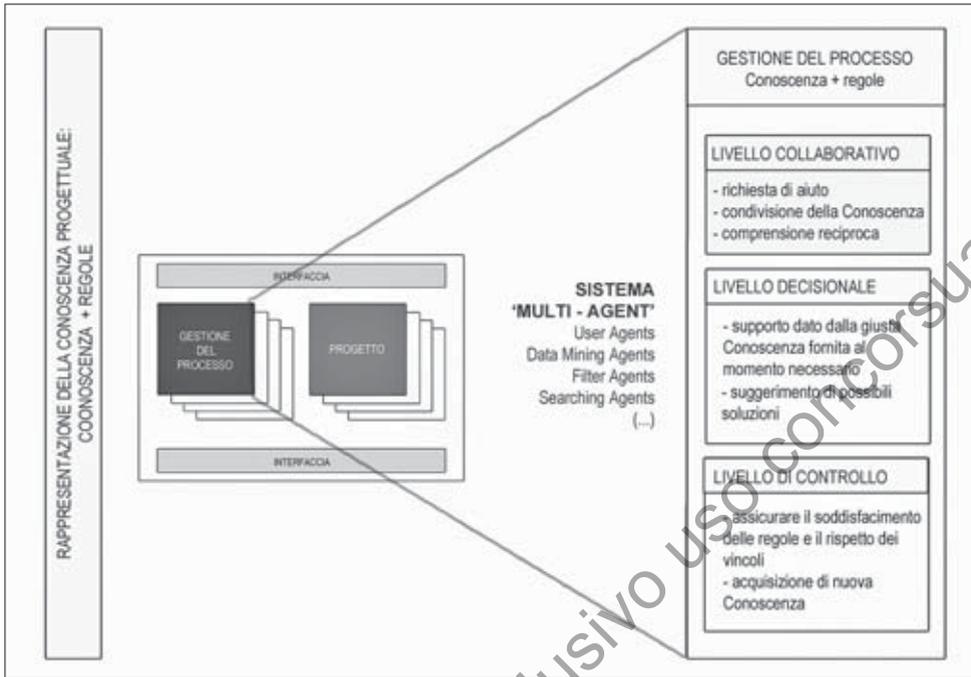


Figura 21. La piattaforma ABCD: struttura dei livelli gestionali.

Essa comprende sia la definizione strutturata delle entità considerate nel progetto con le relative caratteristiche, sia i metodi formali, generalmente basati su modelli logico-matematici, che consentono la simulazione e l'interpretazione delle soluzioni progettuali attraverso regole ben definite.

L'interoperabilità e l'efficace ed effettiva collaborazione tra i soggetti coinvolti è garantita dalla rappresentazione delle entità, applicabile a tutti i domini disciplinari, fondata sulla già descritta tripletta *Meanings* (Significati), *Properties* (proprietà) e *Rules* (Regole), che consente la modellazione formale di concetti, semantica, strutture relazionali e regole inferenziali ad essi applicate.

Come si osserva nella sintesi grafica proposta in Figura 22, le operazioni di gestione sono modellate attraverso tre componenti gerarchizzate ed integrate, di seguito illustrate.

Livello del Controllo: è il livello di base, che governa le generazioni di valutazioni più elementari. Attraverso questo modulo il sistema avvia il processo di gestione assicurando che le soluzioni progettuali prodotte soddisfino i vincoli attivi e le regole di prodotto/processo. Questo è anche il livello ove si controlla la validità e si raccoglie la nuova conoscenza prodotta nel processo.

Livello delle Decisioni: è il livello intermedio che realizza il supporto all'attività decisionale degli agenti umani o software. In particolare tale supporto consiste nel fornire la giusta Conoscenza al momento giusto, fino ad arrivare, attraverso una gam-

ma verticale di elaborazioni “intelligenti”, alla possibilità di suggerire soluzioni progettuali adeguate. La validità di queste ultime è verificata dal Livello del controllo, sia nel rispetto di vincoli e regole cogenti o di indirizzo, sia dal confronto con soluzioni progettuali pregresse.

Livello della Collaborazione: è il livello più alto, chiamato a sviluppare operazioni più complesse. L'attività governata da questo Livello si esplica trasversalmente ai diversi domini di Conoscenza specialistica. In particolare opera la comunicazione tra domini indirizzando le richieste di aiuto a quelli interessati. In seguito alla richiesta si svilupperanno i flussi di conoscenza da condividere per la risoluzione dei problemi segnalati ed infine si opererà il filtraggio delle informazioni necessarie e la loro traduzione da un dominio all'altro.

Per supportare efficientemente la collaborazione tra gli attori, ovvero per realizzare un efficace scambio di conoscenza è necessario che si individui il dato necessario, se ne verifichi la consistenza e l'attendibilità, poi lo si colleghi alle strutture di conoscenza per avviare i processi inferenziali. Il percorso si conclude con successo solo quando l'informazione giunge al destinatario e quest'ultimo sia in grado di comprenderla. Lo sviluppo di interfacce intuitive costituisce parte integrante del lavoro di implementazione del sistema.

Lo sviluppo delle operazioni, elencate si può modellare attraverso una sequenza assimilabile al modello *Collect-Process-Consume* (J. Pohl 2000) che prende l'avvio da una fase di raccolta dei dati cui fa seguito l'elaborazione degli stessi e si conclude con l'uso efficace dell'informazione.

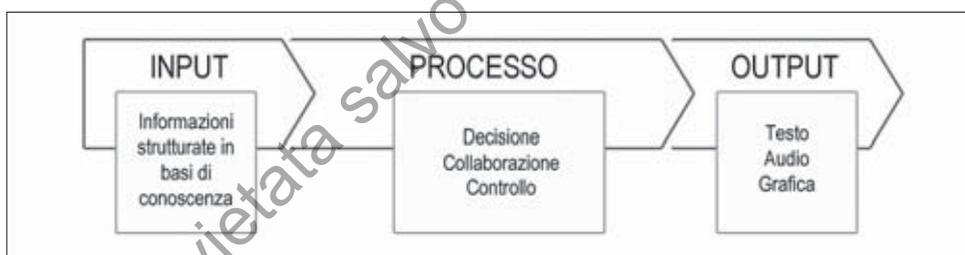


Figura 22. *Flusso di dati che caratterizza il quadro di gestione di un progetto.*

In grande sintesi il modello di piattaforma collaborativa ABCD che implementa il modello BKM è basato su:

- una rappresentazione altamente strutturata della conoscenza utilizzata durante il processo progettuale;
- dei meccanismi di inferenza che forniscono suggerimenti logici e spiegazioni (quelle necessarie ed al momento giusto) basate su questa conoscenza;
- l'analisi delle modalità di integrazione e comunicazione delle informazioni tra gli attori (umani e computer) che porta alla proposta di un metodo per facilitare lo scambio di conoscenza tra gli attori.

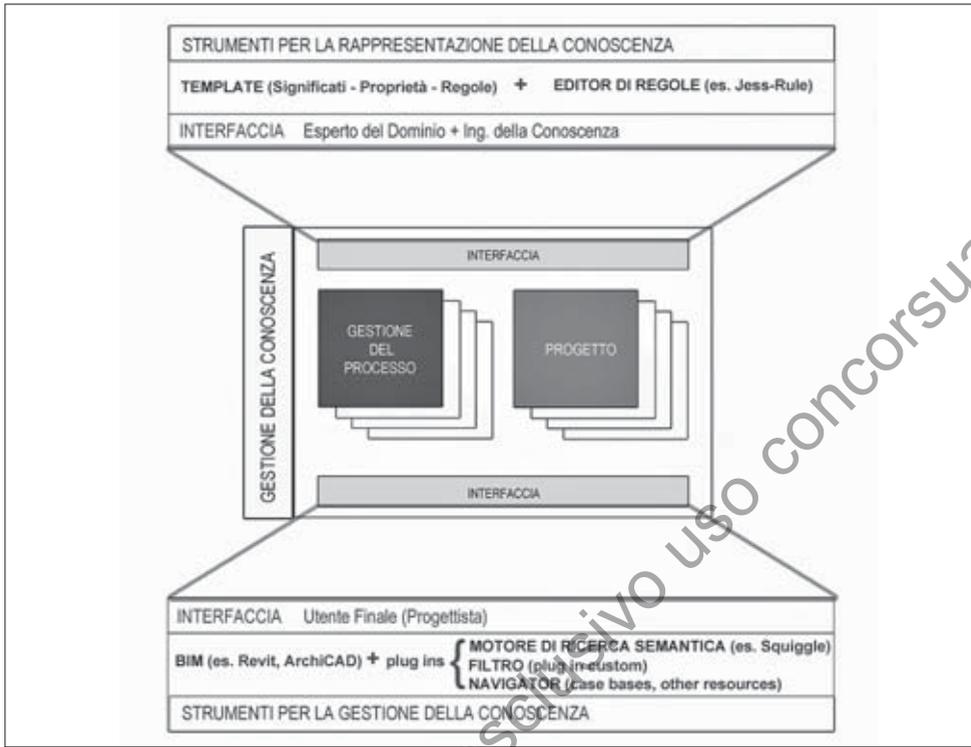


Figura 23. Flusso di dati che caratterizza il quadro di gestione di un progetto per quanto attiene ad un singolo attore.

Dal punto di vista metodologico il modello di gestione prevede l'integrazione degli strumenti per l'editazione di ontologie e regole progettuali con software CAD attualmente esistenti.

Dal momento che in molti dei casi d'uso, ma non nella loro totalità, per garantire un'efficienza operativa si desidera avere un controllo automatico sulle operazioni di verifica, la realizzazione della piattaforma, prevede un motore inferenziale che operi sulle ontologie collegato alle entità di un BIM commerciale.

La piattaforma risulta così potenziata da un livello deduttivo ove risiedono i meccanismi di inferenza che attraverso sistemi di agenti software e servizi web sarà capace di ragionare sulle entità che costituiscono le soluzioni progettuali, comunicando il significato che esse assumono in ogni contesto specialistico.

L'introduzione e il miglioramento dei meccanismi di ragionamento, attivabili a piacere, va oltre le potenzialità degli strumenti commerciali esistenti per il supporto decisionale alle attività, facilitando il progettista nel confronto interno con altri domini e la collaborazione esterna con altri specialismi.

Così come illustrata negli schemi grafici precedenti, la piattaforma realizza uno Spazio di Lavoro Privato ove si attiva la Rappresentazione e alla Gestione della Conoscenza dalla prospettiva di un attore appartenente a un singolo Dominio Specialistico.

La piattaforma ABCD, come visto, supporta il progettista nella gestione della conoscenza specialistica che include un insieme di entità in un dominio disciplinare specifico assegnante valori specifici alla semantica, alle proprietà, alle relazioni e agli attributi di ciascuna entità, e che quindi può risultare molto criptica per i non esperti di quel determinato dominio.

Tuttavia, per supportare il trasferimento di conoscenza da un dominio ad un altro evitando incomprensioni, la piattaforma deve poter supportare la rappresentazione e gestione di una conoscenza comune tra tutti gli attori, o condivisa tra alcuni di essi, tale da collegare e processare tutte le entità che devono essere conosciute, almeno a livello di base, da parte degli attori coinvolti nel singolo problema progettuale.

Nel contesto generale delle piattaforme software intese come infrastrutture capaci di erogare servizi, lo “Spazio di Lavoro” è un termine usato per le applicazioni che consentono agli utenti di scambiare e organizzare i file via Internet.

In una prospettiva di progettazione collaborativa multi-disciplinare, ovvero multi-dominio, tali applicazioni hanno diversi vantaggi rispetto ai tradizionali sistemi *client FTP* o sistemi basati sulla condivisione di cartelle virtuali, tra cui:

- Capacità di acquisire i dati relativi alla prestazione funzionale nonché i dati di versionamento.
- Organizzazione di informazioni in una interfaccia più *user-friendly* di una tradizionale struttura basata su alberi di file.
- Archiviazione sicura e upload / download dei dati (molti client FTP non sono sicuri, suscettibili di intercettazioni, o aperto ad altri abusi).
- Compatibilità con quasi tutti i *web browser* e i sistemi operativi dei computer.

Aggiornamento sul lato server, il che significa che l'utente non dovrà mai aggiornare direttamente il software.

Al di là di organizzare e condividere file, queste applicazioni possono spesso essere utilizzate anche come strumento di comunicazione aziendale, o di commessa, per l'assegnazione dei compiti, la pianificazione di incontri, e aggiornare le informazioni sui profili dei partecipanti, più o meno numerosi.

Nei capitoli che seguono si affrontano pertanto gli aspetti relativi alle tecniche di rappresentazione della conoscenza e ai protocolli di gestione dei processi di collaborazione tra più attori, considerato che la Conoscenza necessaria in un processo di progettazione è costituita da un insieme di conoscenze specialistiche in numero pari ai domini disciplinari coinvolti nello specifico processo progettuale; un insieme che dipende dal tipo e dalla fase del progetto considerato.

4.2 La formalizzazione della conoscenza in ABCDp

La Rappresentazione della Conoscenza che, come desunto da quanto esposto precedentemente, costituisce un tassello fondamentale per il raggiungimento di una Collaborazione efficace ed effettiva tra le diverse professionalità coinvolte nel Processo Progettuale, si traduce, ai giorni nostri, in una formalizzazione digitale delle informazioni e dei cosiddetti “semantemi” della Conoscenza inerente lo specifico ambito di applicazione.

A tal proposito, a seguito di molteplici approfondimenti e ricerche in tal senso, si è scelto di procedere con lo sviluppo di un sistema di Collaborative Architectural Design basato sulla conoscenza formalizzata mediante molteplici ontologie specialistiche fondate sulla medesima Struttura Rappresentativa (Meanings-Properties-Rules) in grado di consentire processi di produzione, scambio e comprensione delle soluzioni progettuali proposti e pertanto migliorare significativamente la collaborazione tra diversi specialisti (Ugwua, 2005; Fioravanti, 2008).

Gli strumenti presi in considerazione per modellare in maniera sistemica la conoscenza di un edificio e delle sue entità (componenti, parti di edifici, le caratteristiche, i vincoli, le relazioni) consentono la modellazione formale e modulare degli elementi di conoscenza: in particolare sono stati impiegati Lisp, Protégé e Altova Semantic Works (Fioravanti e Loffreda, 2009).

La prima implementazione è stata effettuata utilizzando Lisp puro. In questo modo è stato possibile manipolare le *instance* e il motore inferenziale “on-the-fly” e modificare le caratteristiche delle entità liberamente e puntualmente, ad hoc, ma a costo di una realizzazione del prototipo di studio pressoché “artigianale”.

La caratteristica principale delle entità in questo caso è legata al ‘tipo’ di entità: la ‘classe’ di appartenenza. Questa è formalizzata mediante una struttura a frame su misura, simile al modello proposto da McCarthy, mediante uno slot ISA (*Is-A*).

Il vantaggio di essere in grado di manipolare anche questo livello della struttura di un’entità (che possiamo definire un atomo di conoscenza) non solo consente di modificare l’eredità dell’ente, ma consente inoltre di creare entità assembly e combinarle fra loro. La libertà garantita da questa logica formale ci consente di comporre un oggetto di una classe (*intero - di, o assemblaggio di*) anche da oggetti di diverse classi appartenenti a domini eterogenei, per esempio Dominio degli Spazi e Dominio dei Componenti.

Nel nostro caso abbiamo implementato il sistema di spazi che, insieme con il sistema di componenti, contribuiscono a definire completamente un edificio in modo che i due sistemi (normalmente separati) possono essere interfacciati direttamente attraverso un’inversione della relazione di ereditarietà (uno slot nella struttura a *Frame*) con la classe di appartenenza.

Al momento della creazione di *instance* questa peculiarità rende possibile verificare contemporaneamente i vincoli che normalmente si trovano su piani logici “ortogonali”: Classi e *Assemblies*.

Da un punto di vista logico questo approccio non è rigoroso, ma rappresenta la “norma” nella pratica progettuale architettonica e che, di fatto, è un processo usato da secoli.

Un secondo approccio alla formalizzazione delle entità legate alla progettazione dell’edificio è stato sviluppato mediante uno strumento open - source: Protégé.

Il modello delle entità è stato formalizzato secondo una struttura triplice basata sulla Struttura di Rappresentazione univoca proposta precedentemente “*Meaning - Properties - Rules*”.

L’editor di ontologie di cui sopra non solo permette di attribuire nomi alle classi con significati estesi ad esse associati (descrizioni) e proprietà (funzioni e ambiti ai quali possono essere attribuiti valori di un ‘tipo’ specifico prefissato), ma rende anche possibile definire, all’interno dell’entità considerata, un insieme di regole associate a ciascuna Classe che determinano i rapporti tra Classi distinte e/o altre entità, *instance* o attributi, in termini di vincoli / specifiche e / o obiettivi della soluzione progettuale.

In questo caso, la distinzione tra ‘significato’ (nome e descrizione), ‘proprietà’ (slot e attributi associati) e “relazioni” della singola Entità è nitida e ben definita.

La peculiarità sostanziale del Sistema e la relativa potenzialità risiede nella formalizzazione delle Regole che, in particolare, sono formalizzate per mezzo di un kit di sviluppo software (SDK) PAL - Protégé Axiom Language - o SWRL – Semantic Web Rules Language - Plug-in.

Questi operano sulle *instance* della ontologia e stabiliscono relazioni, vincoli e specifiche associate alle entità a cui vengono applicati.

La verifica ed il controllo del rispetto dei vincoli, essendo questi separati dalla definizione intrinseca dell’entità, non è contemporanea alla istanziazione dell’oggetto e quindi i processi di verifica e controllo di coerenza e congruenza sono necessariamente successivi al completamento della istanziazione degli enti coinvolti nella soluzione progettuale (Verifica *Off-Line* o *on-demand*).

Altova SemanticWorks® è un altro strumento utilizzato per modellare entità coinvolte nella progettazione degli edifici. In questo caso, pur utilizzando lo stesso linguaggio formale - Ontology Web Language (OWL) - usato in Protégé, nessuno strumento di editing e modellazione delle regole è compreso nel “pacchetto” (protocolli if-then, cicli di verifica e / o le normali operazioni di calcolo).

Ciò implica che l’insieme di verifica e controllo dei processi progettuale deve necessariamente essere sviluppato al di fuori del processo di modellazione reale utilizzando strumenti diversi e la loro combinazione. L’utente è pertanto invitato a verificare la coerenza delle regole applicate esternamente usando l’ontologia implementata su SemanticWorks®, con il conseguente rischio di amplificazione e propagazione di errori.

L’approccio seguito è stato quello di applicare le norme formalizzate con il PAL di cui sopra, esportando queste ultime in OWL e successivamente importando le stesse in una ontologia formalizzata con il software Altova SemanticWorks.

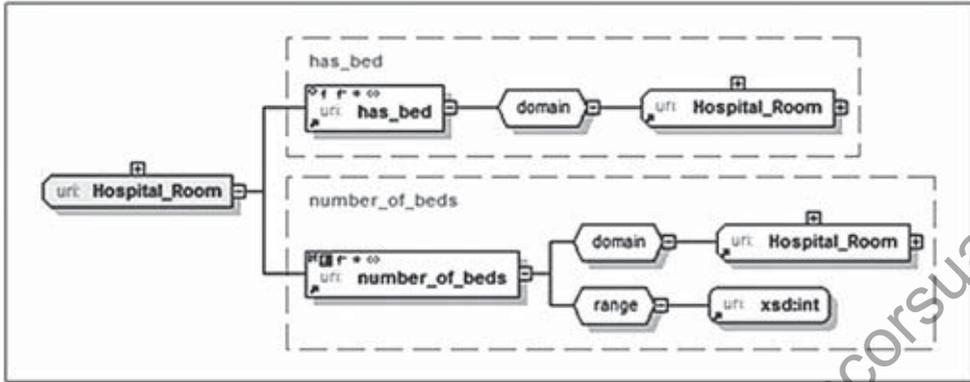


Figura 24. Esempio di implementazione di una entità mediante Ontologie.

A differenza del primo approccio proposto, la formalizzazione mediante Altova e Protégé non consente alcuna “modifica riflessiva e dinamica interna”: non consente di fatto modifiche riflessive del sistema alla propria stessa struttura, salvo mediante una nuova edizione / versione dell’intera o parziale ontologia.

Dallo *screenshot* preso da Altova Semantic Works ® si vede come l’entità stanza è modellata secondo la Struttura proposta con un nome (Hospital_Room), un Significato espresso nella forma del nome dell’Entità stessa e in una descrizione (non visibile nella finestra di visualizzazione grafica) e una serie di Proprietà.

In realtà quelli rappresentati sono solo gli attributi “propri” della Classe Hospital_Room: con questo si vuole sottolineare il carattere ereditario della programmazione ad oggetti che anche in queste strutture di tipo ontologico, persiste.

In pratica, la Classe Hospital_Room eredita tutti gli attributi delle sue cosiddette SuperClassi, ossia di tutte le classi da cui “discende”, in alcuni casi in modo totale, in altri, come si vedrà nell’immagine successiva, con alcune restrizioni.

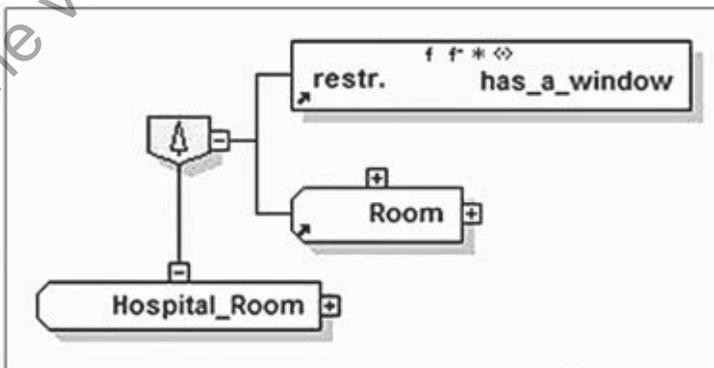


Figura 25. Rappresentazione dell’ereditarietà e della possibilità di applicare restrizioni e vincoli in Altova Semantic Works ®.

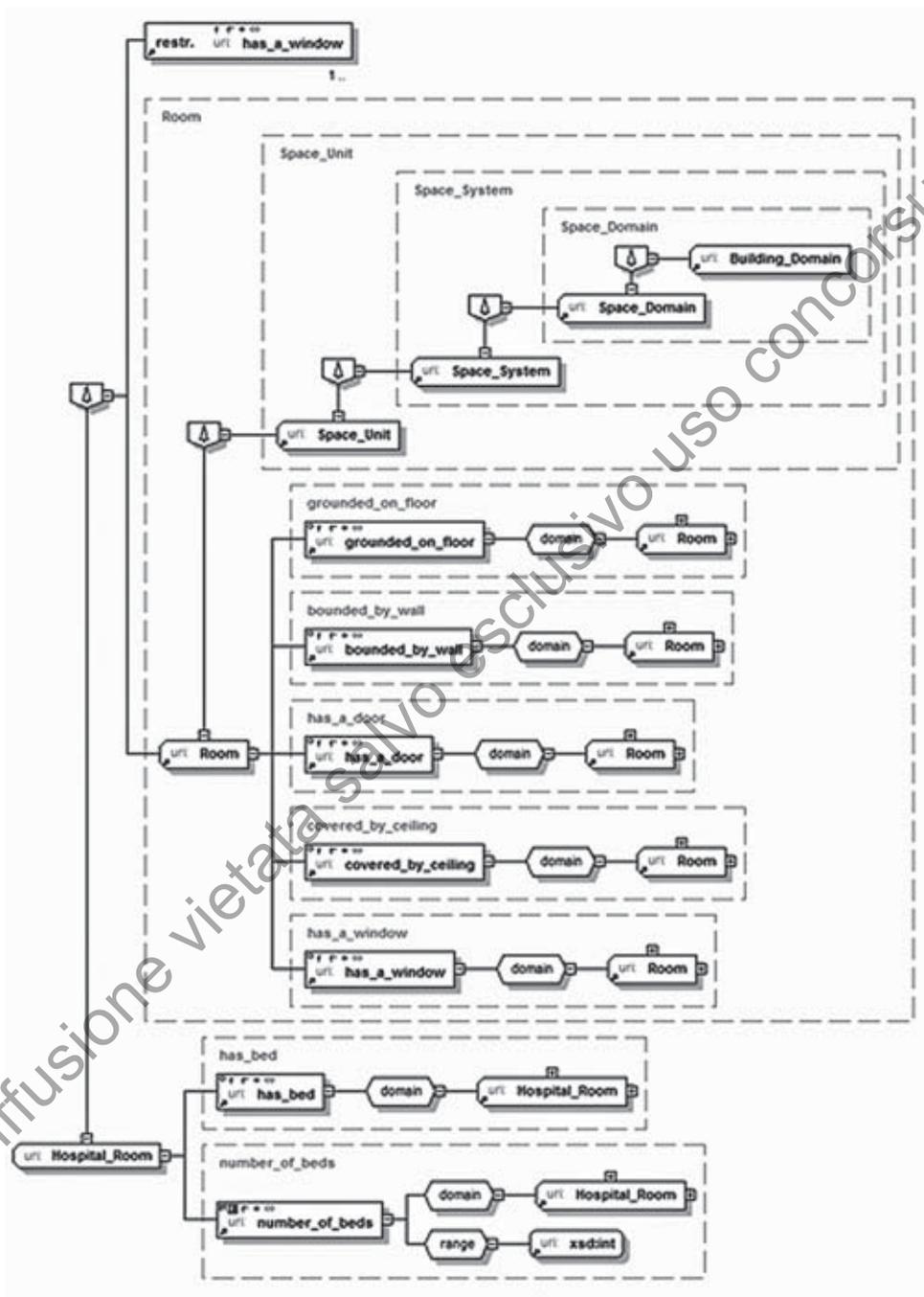


Figura 26. Ereditarietà multipla di una singola instance.

In questa immagine si evidenzia il primo grado di “inheritance” (ereditarietà) della Classe `Hospital_Room` nei confronti di un'altra Classe (in questo caso singola, ma potrebbero essere molteplici) `Room`.

Nella parte superiore dell'immagine però si nota anche una voce “restr” che rappresenta una restrizione ad uno degli attributi della SuperClasse `Room` e, più precisamente, alla proprietà `has_a_window`. Come si vede dalla figura, il numero posto in basso allo slot “restr” indica che c'è un valore pari a 1 come *cardinalità minima* di quella particolare proprietà.

Semplicemente, la proprietà `has_a_window` indica una relazione tra una determinata classe e una specifica *instance* di un'altra Classe denominata `Window`; inserendo la cardinalità pari a 1 nella restrizione all'interno della definizione di `Room`, di fatto si sta esplicitando formalmente la seguente affermazione: “Affinché una stanza possa definirsi “stanza di degenza” (o stanza di ospedale), questa dovrà avere tutte le caratteristiche di una Stanza generica, con almeno una finestra, e inoltre l'insieme delle caratteristiche proprie di una stanza di ospedale (nell'esempio riassunte nel contenere un letto ospedaliero)”; l'altro attributo “proprio” è semplicemente un contatore del numero di letti inserito.

Continuando a risalire la struttura gerarchica si evidenziano tutti i vari livelli sovrastanti fino ad ottenere un diagramma come quello riportato a pagina a fronte.

La definizione di una *Instance* (ossia della rappresentazione formale di un oggetto specifico, che corrisponda a un elemento reale nel progetto e non a un prototipo ossia ad una categoria di entità, ad una classe) in modo completo (almeno in relazione agli attributi e alle relazioni specificate) ha consentito in seguito di effettuare una serie di verifiche mediante la creazione di Regole secondo il Modello di Rappresentazione della Conoscenza proposto; tali regole, nell'ambiente di sviluppo Protégé rappresentano i cosiddetti *Constraints*.

Tali vincoli, redatti mediante il linguaggio SWRL (Semantic Web Rules Language), sono stati compilati all'interno del software Protégé, ne è stata verificata la correttezza formale ed il funzionamento (ossia il rispetto del vincolo specificato) sempre all'interno del medesimo software tramite i motori inferenziali Jess Rules ed Hermit e quindi esportati in OWL (Ontology Web Language) per essere quindi associati alle medesime classi e *instance* precedentemente create mediante Altova Semantic Works e Protégé 3.4.8.

Di fatto, ogni *Constraint* è caratterizzato da una serie di proposizioni derivate dalla logica dei predicati, rispettando delle regole di “buona formazione” per la verifica di coerenza formale e soprattutto una serie di quantificatori universali o speciali (relativi a tutti gli elementi di una determinata classe, o ad almeno un elemento di una determinata classe) al fine di esplicitare in maniera corretta la proposizione logica corrispondente alla Regola da associare alla classe in esame (fig.27).

Nell'immagine è illustrata la definizione esemplificativa di una delle regole implementata e formalizzata mediante il linguaggio SWRL.

Nello specifico, la regola riportata rappresenta un esempio di “regola di verifi-

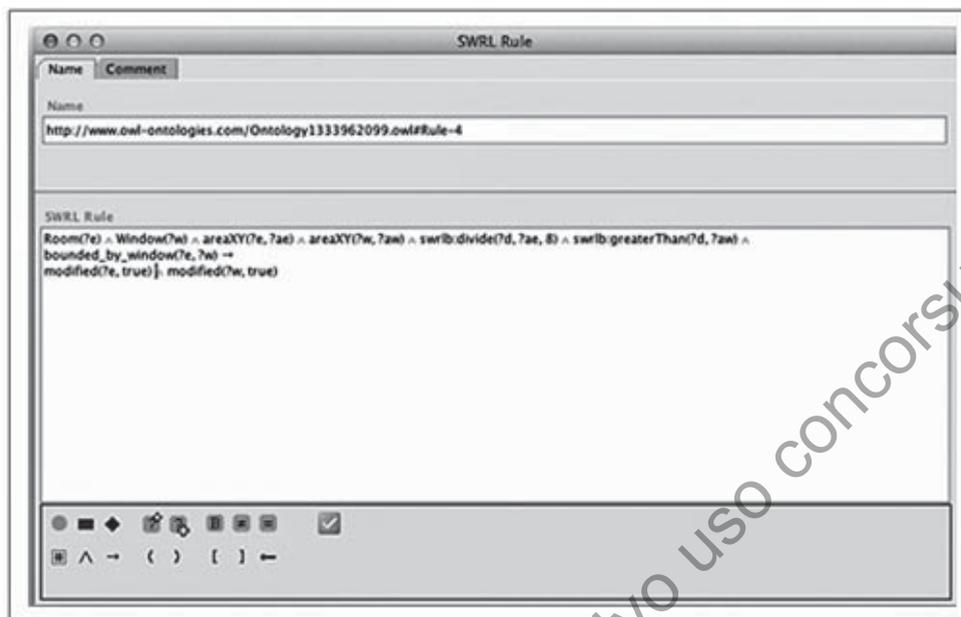


Figura 27. *SWRL Rule Definition.*

ca” interna al dominio dell’Architetto: la regola controlla, infatti, che ciascuna finestra associata ad un ambiente abbia una superficie almeno pari ad 1/8 della superficie in pianta della stanza.

La suddetta verifica porterà quindi a due distinti risultati sulla base dell’esito della stessa:

- in caso di verifica soddisfatta, non ci sarà alcun effetto sull’ontologia sviluppata e pertanto nemmeno sulla rappresentazione grafica della soluzione progettuale sviluppata;
- qualora invece la regola non fosse soddisfatta, è prevista la modifica di una apposita variabile booleana denominata “*modified*” e associata a tutte le entità dell’Ontologia implementata, associando il valore “True” alla stessa, a sottolineare che l’*instance* individuata e che non rispetta la regola dovrà essere modificata.

La combinazione di tali regole con ulteriori software specifici, sviluppati nel corso della Ricerca, ha consentito il collegamento e l’individuazione delle entità che violano le regole specialistiche, inter disciplinari e/o multi-dominio con software CAD/BIM commerciali al fine di evidenziare le entità grafiche che dovranno quindi essere analizzate e per le quali è necessario procedere allo sviluppo di una ulteriore soluzione progettuale.

Lo sviluppo del collegamento con software di rappresentazione grafica è riportato in Appendice, cui si rimanda per ulteriori approfondimenti.

Altre regole sono state implementate mediante il linguaggio PAL (Protege Axiome Language) e sono state verificate in termini di stabilità e coerenza formale all'interno dello stesso Ontology Editor.

Il vincolo sopra rappresentato, denominato “communication door between room and corridor”, non fa altro che esplicitare la necessità che: per ogni *instance* della classe Hospital_Room esista almeno una *instance* della classe Corridor ed una *instance* della Classe Door tali che la specifica “door” appartenga contemporaneamente alle due stanze”.

In maniera molto più semplice si afferma che ogni stanza di ospedale deve avere almeno una porta che apre su un corridoio.

Lanciando la verifica di questo constraint all'interno del software Protégé, in accordo con i valori specifici associati alle diverse proprietà si otterrà un risultato positivo qualora esistano contemporaneamente *instance* delle classi Door, Hospital_Room e Corridor che rispettano la proposizione specificata, negativo in caso contrario.

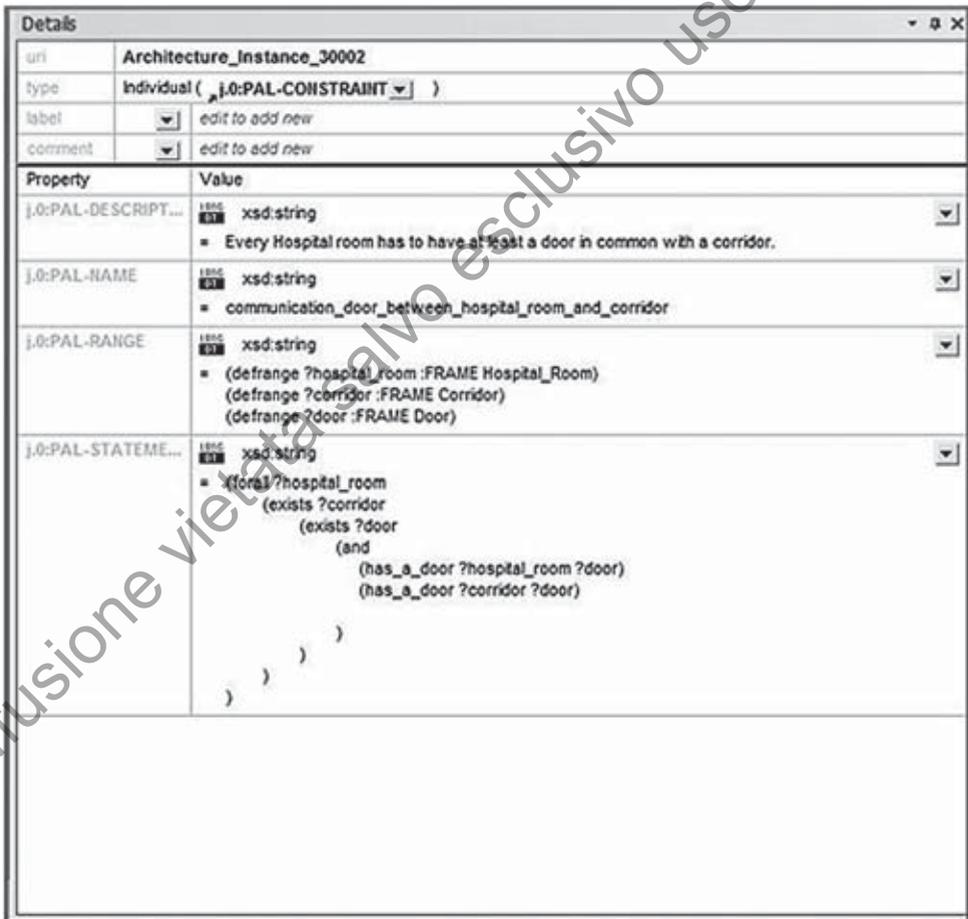


Figura 28. Regola implementata nel linguaggio PAL e rappresentata nel software Altova Semantic Works.

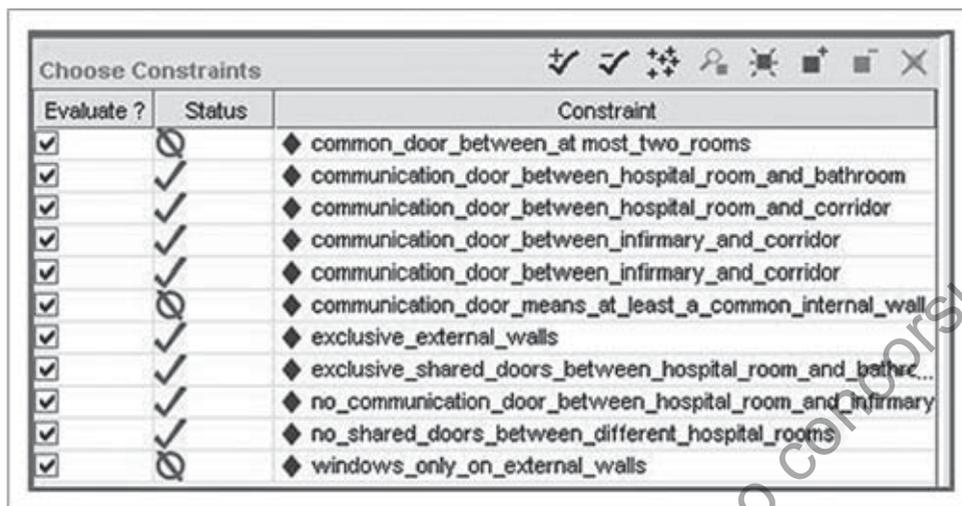


Figura 29. Interfaccia di Verifica di correttezza formale e di Stato delle Regole implementate in PAL, mediante il software Protégé2000.

Dall'immagine soprastante si notano inoltre altre tipologie di vincolo create per verificare la robustezza di questa struttura e soprattutto per verificare la possibilità di esplicitare diverse tipologie di proposizioni.

La difficoltà incontrata principalmente risiede nel fatto che, pur essendo a volte banale il concetto che si vuole esplicitare, nell'intento di non appesantire il carico di dati e quindi creare innumerevoli nuove Classi, o Attributi, bisogna "aggirare" l'ostacolo combinando gli effetti di due o più vincoli semplici e imparare di conseguenza a saperne leggere i risultati per poi comprendere meglio come interpretare l'output e correggere di conseguenza i dati inseriti.

Ad esempio un concetto non complesso quale quello di due stanze comunicanti, che subito nella nostra mente attiva una serie di inferenze semplici e immediate, richiede per una corretta formalizzazione molteplici livelli di Regole per la verifica ed il controllo: innanzitutto bisogna specificare il Dominio cui si immagina di applicare tale tipologia di regola, Dominio degli Spazi o dei Componenti; infatti, volendo mantenere la suddivisione logica dei Domini, ciascuna regola impiegata per la corretta Rappresentazione dell'Entità in esame dovrà contemplare quanto più possibile Entità omogenee del medesimo Dominio.

Ponendosi ad un livello di controllo con complessità superiore, in seguito alla redazione di una soluzione progettuale, dovrà essere anche possibile verificare la congruenza tra le soluzioni nei due diversi Domini.

Tale particolarità che introduce i concetti di Regole Eterogenee tra Domini (nel senso che contengono relazioni e collegamenti ad entità appartenenti ai due diversi Domini considerati) consente la verifica di congruenza ma, quale effetto negativo, introduce un ulteriore onere di analisi e verifica delle soluzioni progettuali agli attori.

Ad esempio, una proposizione del tipo seguente: "Se due stanze sono comuni-

canti, allora hanno una porta e un muro interno in comune e questo muro è proprio quello su cui è costruita la porta”, è utile a verificare che eventuali necessità topologico-distributive di comunicazione tra Spazi corrispondano effettivamente alla presenza degli adeguati Componenti necessari a tale comunicazione.

La traduzione in linguaggio formale di tale semplice concetto diviene però:

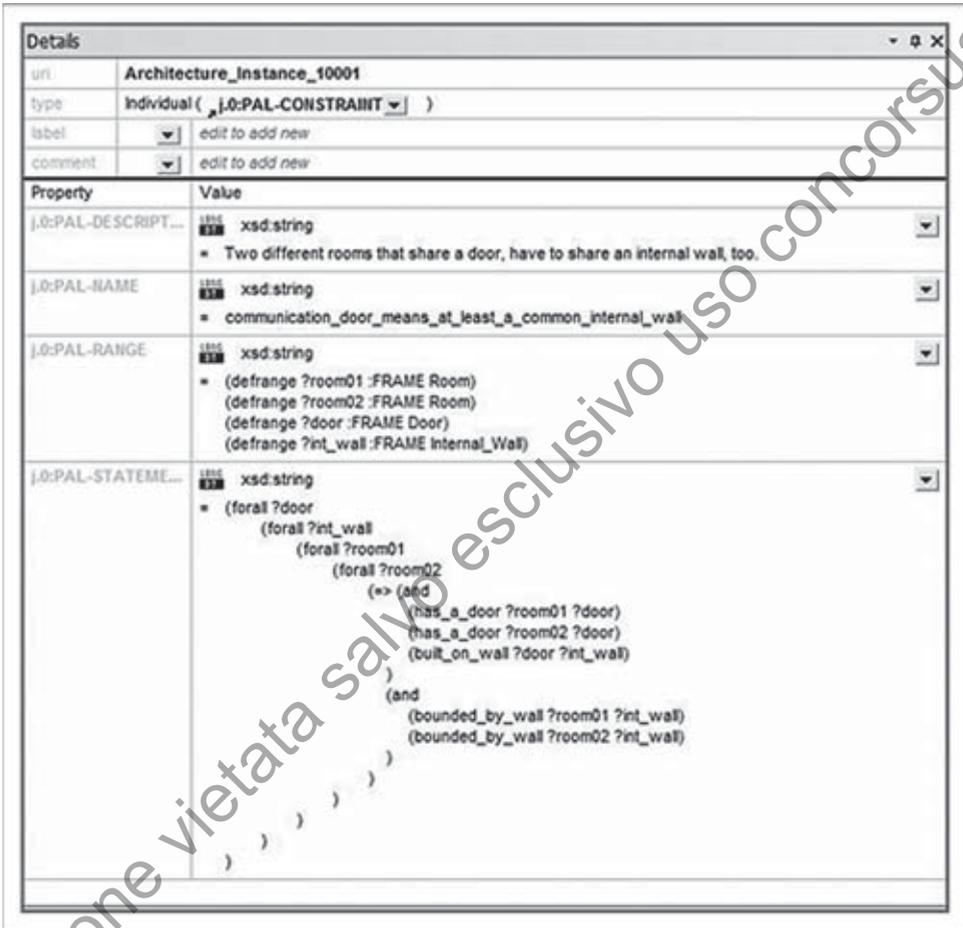


Figura 30. Rappresentazione di una Regola nel linguaggio formale PAL.

La Rappresentazione Formale delle singole Entità della Struttura di Conoscenza deve ad ogni modo rispettare la terna Meanings-Properties-Rules che garantisce la “portabilità” e la “trasferibilità” dei concetti tra Specialisti distinti e relativi ad ambiti disciplinari differenti, che si trovano a collaborare su un medesimo Processo Progettuale.

Di seguito si specificano i contenuti e le caratteristiche fondamentali della Struttura Formale nella rispettiva “traduzione formale” con le ontologie:

Il Significato

Significati: definizione della Classe, *Instance*, Proprietà e/o Regola considerata.

L'Editor di Ontologie Protégé permette di associare ad ogni concetto formalizzato (MPR-Meanings, Properties, Rules) una "casella" per la Documentazione che ne definisca il significato.

Il prototipo include definizioni di Concetti e Specialistici e Condivisi nella "casella" per la Documentazione, tra cui:

- Definizioni testuali;
- Links esterni (URLs);
- Immagini di esempio/ Applicazioni/ Modelli 3D.

Le Proprietà

Proprietà: caratteristica di una specifica Entità, che può essere rappresentato da uno specifico tipo «valore».



Figura 31: *Proprietà appartenenti ad una specifica Entità.*

Tipologie di Valori (esempi):

- Stringhe;
- Numeri interi;
- Double;
- Booleani;
- Altri tipi personalizzati.

Nell'editor di Ontologie, le Proprietà definite (Proprietà tipo Dati), sono rappresentate in una «Datatype Properties List».

Ogni proprietà è definita da un Dominio (Classi a cui sono associate le proprietà) e da un Range specifico (Property Type).

Nell'esempio, la Proprietà "Capacità di Persone" è applicata alla Classe "Spazio" (Dominio) e ammette solo numeri Interi (Range).

Le Relazioni di Gerarchia e di Struttura

Relazioni: collegamenti tra *instance* e una o più classi e/o *instance*.

Relazioni tipiche sono:

- Gerarchia: "*instance A*" (is-a) "classeX"
- Struttura: "*instanceB*" (part-of) "*instanceC*"

Nella piattaforma proposta, gli attori possono definire relazioni specifiche riferite alla fase del processo di progettazione per mezzo di relazioni dipendenti dal progetto e non.

Le Relazioni del Prototipo sviluppate (Object Property) sono elencate in una "Object Properties List" e per ognuna devono essere specificati Dominio e Range.

In questo caso, il *range* non è solo un tipo come nelle Datatype properties ma può essere costituito da una o più classi.

Infine, le relazioni possono anche essere ulteriormente specificate per mezzo di:

- Relazioni Funzionali;
- Relazioni Funzionali Inverse;
- Simmetriche;
- Relazioni Transitive.

Va notato che la funzione inversa permette, ad esempio, ai motori inferenziali di desumere e verificare la consistenza globale dell'Ontologia.

I Vincoli

Vincoli: un insieme di proposizioni logiche applicabili alle Proprietà e alle Relazioni al livello di definizione delle Classi.

Essi rappresentano "particolari" vincoli Indipendenti dal Progetto che saranno verificata in ogni fase di creazione delle *instance* della classe specifica a cui essi sono applicati.

Ad esempio:

- *Room HasWall External_Wall min 3*

La dichiarazione specifica che ogni *instance* della classe Stanza deve avere almeno tre *instance* di parete associate ad essa, altrimenti il sistema segnalerà l'«incoerenza» dell'ontologia.



Figura 32. Vincoli appartenenti ad una specifica Entità.

Le Regole

Regole: particolare proposizioni logiche non applicabili alle proprietà e alle relazioni che, formalizzate in linguaggi formali ben definiti, agiscono sulle *instance*.

Esse rappresentano “particolari” vincoli Dipendenti dal Progetto che verranno verificati manualmente o automaticamente dal sistema in specifici processi di verifica di coerenza per controllare le specifiche Soluzioni Progettuali sviluppate.

Esemplificazione di implementazione di Regole inferenziali

Le regole (Rules) come esplicitato ampiamente, rappresentano le “sinapsi di collegamento” tra ciascuna entità e le altre.

Di seguito, al fine di chiarire meglio come e quando tali Regole contribuiscono alla definizione delle entità coinvolte nei processi di Progettazione Edilizia, si inseriscono degli esempi a titolo dimostrativo del loro impiego.

Innanzitutto, si immagina che il team di progettazione incaricato di sviluppare una soluzione progettuale mediante l’uso di tale Struttura Formale, abbia a disposizione la Common Knowledge Structure e le molteplici Specialist Knowledge Structures per le differenti discipline coinvolte.

In ciascuna delle Strutture di Conoscenza sopra menzionate saranno pertanto presenti un certo numero di entità tanto Comuni quanto Specialistiche con le rispettive quote di Conoscenza ad esse collegate.

La prima operazione nella quale entrano subito in gioco le Regole e in particolare le regole così definite, *relazionali*, è proprio il primo processo di “istanziamento” delle entità: in tale processo un attore sceglie dalla propria Struttura di Conoscenza Specialistica una entità che vuole impiegare nella propria soluzione progettuale e ne “compila” i campi di valore per trasformarla da Entità Project Independent a *Instance* Project Dependent.

Tale azione da parte dell’attore generico produce un primo effetto in termini di Regole: tra l’*instance* con valori, dimensioni e altre proprietà esplicitate e il suo prototipo *project independent* si instaura una relazione Padre/Figlio, *Prototipo/Instance* (Is-A, è un, *Instance-Of*, *instance* di).

In tal caso si è ipotizzata l’istanziamento di una singola entità, che come espresso nei paragrafi precedenti può essere però di diverso grado di complessità: immaginando infatti che si tratti di una entità cosiddetta “semplice” il discorso si chiude con quel livello di regole relazionali, tuttavia, qualora l’entità in oggetto fosse una entità “complessa” e composta da molteplici entità di inferiore livello di complessità (assembly). Nella seconda ipotesi si andrebbero ad instaurare nuove Regole di tipo relazionale tra l’*Instance* assembly e le *instance* componenti del tipo Part-Of, parte di, Whole-Of, insieme di e ciò tanto a livello di Dominio degli Spazi quanto del Dominio dei Componenti.

Da questo punto in avanti, l’insieme di Regole di tipo relazionale si amplia tanto più quanto grande è il progetto e quanto complesso è il sistema di relazioni tra entità complesse (assembly) ed entità componenti.

Inoltre, effetto ancor più importante ha l’insieme delle *regole di ragionamento* caratterizzate, come espresso nei paragrafi precedenti da Algoritmi, Regole dipendenti dal contesto riferite alla normativa vigente, Regole di consistenza, Regole empiriche e quant’altro riconducibile ad un cosiddetto “livello deduttivo” (deductive layer) in grado di verificare e valutare regole tra le entità considerate provenienti dalla medesima Ontologia.

Nei diversi esempi che seguono si immagina un possibile scenario di progettazione affrontato da alcuni attori che si confrontano su diverse soluzioni progettuali ed ha l’intento di mostrare i diversi momenti del Processo di Progettazione in cui si attivano le differenti Regole della Struttura di Rappresentazione qui presentata (fig. 33).

Nell’immagine a pagina successiva si presenta un singolo modulo dimostrativo costituito da distinte entità del Dominio dei Componenti che contribuiscono a definire quelle che, prima di ulteriori specificazioni e assegnazioni formali, rappresentano quattro ambienti.

Analizzando innanzitutto ciò che è evidenziato nell’immagine, si nota come ciascuna entità, nell’esempio si esplicita quella del Muro Esterno (ma discorso analo-

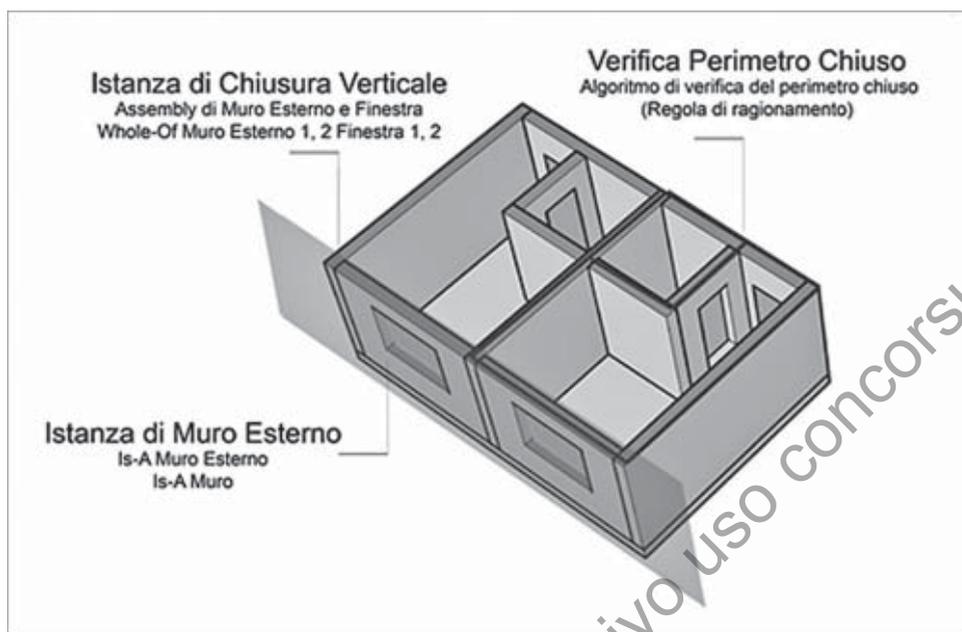


Figura 33. Regole applicate al Processo di Progettazione.

go può esser fatto per qualsiasi delle altre, risulta essere il frutto di un processo di istanziazione di un prototipo di Muro Esterno presente nella Struttura di Conoscenza dell'attore promotore di questa soluzione e che "eredita" da tale prototipo (con il quale ha appunto un legame tramite una regola di tipo relazionale *Is-A*) alcune caratteristiche.

Come si evince dalla figura 34, l'entità Muro Esterno presenta un significato, delle proprietà e soprattutto delle Regole che la distinguono dalla entità più generica Muro. Ipotizzando che tale entità sia stata istanziata dall'Architetto, si vede infatti che nella sua Struttura di Conoscenza Specialistica sono state introdotte una serie di Regole di Inferenza e Ragionamento legate proprio alla natura specifica del Muro Esterno quali:

- Comunicazione con l'esterno;
- Verifica della presenza di finestre.

che nella generica Entità Muro invece non sono presenti.

Questo discorso è tanto vero nel caso del singolo Specialista Architetto quanto nella molteplicità delle diverse discipline coinvolte e che interagiscono con questa entità.

Nella figura seguente infatti si nota come l'entità Muro Esterno acquisisca una notevole importanza e un carico di concetti, proprietà e regole aggiuntive per l'Energy Designer rispetto alla entità generica Muro.

Appaiono quindi concetti di trasmittanza dell'elemento, massa specifica e orientamento di cui l'Energy Designer (e di conseguenza il sistema di calcolo da lui im-

		Conoscenza Comune	Conoscenza Specialistica Architetto	
MURO ESTERNO	Significati	Elemento fisico di interfaccia tra gli spazi interni e lo spazio esterno di tipo opaco e a sviluppo superficiale verticale.	Elemento opaco di interfaccia interno-esterno che contribuisce alla definizione dell'ambiente esterno e al rapporto con il contesto.	
	Proprietà	Length		Colore Faccia Interna
		Width		Colore Faccia Esterna
		Height		Rugosità Interna
		X Position		Rugosità Esterna
		Y Position		Capacità di sostegno elementi fisici
		Z Position		Trattamento Superficiale Interno
		Superficie		Trattamento Superficiale Esterno
		Volume		
		Materiale		
	Regole	Is-A Wall		Has Furniture
		Part of Involucro		Part of Space
		Has Window		Comunicazione con l'esterno (accessibilità)
Has Furniture			Verifica della presenza di finestre	
Has Door			Verifica geometrica dei giunti di estremità dell'elemento	
Calcolo della Superficie			Verifica di confinamento dello Space con gli altri elementi di delimitazione	
	Calcolo del Volume			
	Comunicazione con l'esterno			

Figura 34. Stralcio della Struttura di Conoscenza relativa al Muro Esterno.

piegato) per la determinazione, l'analisi e l'applicazione delle Regole associate quali la Verifica della Massa Specifica stessa, la rispondenza alle normative vigenti in termini di prevenzione incendi, di risparmio energetico, ecc.

In questo caso si evidenzia dunque quanto la Struttura di Formalizzazione presentata in questo lavoro, essendosi basata fin dal principio sulle dinamiche dei processi di progettazione consenta a ciascun attore di attribuire ai vari livelli di complessità e di dettaglio cui si è giunti opportune proprietà, regole e significati alle entità che utilizza nella propria soluzione progettuale.

Tuttavia è opportuno sottolineare quanto invece, molte delle altre caratteristiche dell'entità sono appunto ereditate dalle entità Padri, di livello gerarchico superiore (come ad esempio le proprietà dimensionali, geometriche, ecc.).

Nella Figura presa ad esempio si sottolinea inoltre la presenza in una semplice soluzione progettuale qual è quella rappresentata, la presenza di diverse tipologie di assembly, ossia di molteplici combinazioni di elementi "semplici" che contribuiscono alla definizione compiuta dei concetti che si vogliono rappresentare.

Si nota ad esempio come la combinazione di *instance* cui si sono assegnate proprietà e relazioni di confinamento con l'ambiente esterno vanno a costituire una entità più complessa definita Chiusura Verticale: tale entità racchiuderà in sé concetti, proprietà, valori e Regole in parte dedotti e ottenuti dalle entità di cui è composta ed in parte da Proprietà e Regole proprie del livello di complessità in cui si colloca l'entità stessa.

Evidentemente discorso analogo vale per molti altri assembly presenti nelle diverse soluzioni progettuali: si pensi ad esempio all'Ingegnere Strutturista che introdurrà nella propria soluzione parziale entità "semplici" quali Travi e Pilastri combinate tra loro al fine di costituire Telai e Strutture Complesse.

In questo punto risiede una delle peculiarità della Struttura di Rappresentazione proposta: nel carattere "distribuito" delle procedure di analisi, calcolo e verifica a ciascun livello di gerarchia e complessità.

In tal modo è quindi possibile per ciascun attore coinvolto nel processo progettuale, attivare o disattivare procedimenti, algoritmi e sistemi di calcolo e verifica relativi a elementi ed entità specifici e di dettaglio, dettaglio al quale magari ancora non si è giunti e che quindi comporterebbero soltanto un impedimento all'individuazione di problematiche di più ampio rilievo e di scala maggiore.

Si immagini a titolo di esempio quanto possa risultare poco efficace un continuo calcolo della trasmittanza della chiusura verticale rispetto invece ad un semplice rapporto tra superfici opache e trasparenti nelle fasi iniziali della progettazione preliminare, o ancora il calcolo delle caratteristiche della sollecitazione degli elementi strutturali rispetto alle possibilità di modifica della posizione reciproca di tali elementi nello spazio definito dall'architetto e che continuamente si modifica.

Infine, concludendo la presentazione della figura presa ad esempio, si nota come in ciascuna soluzione progettuale, associati ad entità di elevato livello di complessità, si presentano algoritmi e metodi di calcolo e verifica di congruenza, consistenza e coerenza della soluzione stessa: in particolare nell'esempio sopra riportato si sottolinea la verifica della chiusura del perimetro individuato da molteplici *instance* di Chiusure Verticali, di Partizioni Interne ciascuna composta da molteplici entità distinte quali Muri Esterni, Muri Interni, Porte, Finestre, ecc.

Nella figura di seguito riportata si vuole invece evidenziare un'altra serie di accadimenti che possono verificarsi durante la fase di progettazione multidisciplinare e che la Struttura di Formalizzazione proposta consente di affrontare.

Si immagina nell'esempio che l'attore specialista Architetto decida ad un certo momento del processo di assegnare allo Spazio circoscritto da alcune entità del Dominio dei Componenti una descrizione appartenente al Dominio degli Spazi: istanza di fatto tale Spazio come Stanza di Degenza.

Tale assegnazione, apparentemente semplice e poco significativa, racchiude in sé invece una notevole quantità di operazioni che è necessario operare per verificarne la possibilità, la coerenza, la congruenza e quindi la validità.

Tali operazioni, solitamente effettuate (spesso inconsciamente) dai diversi atto-

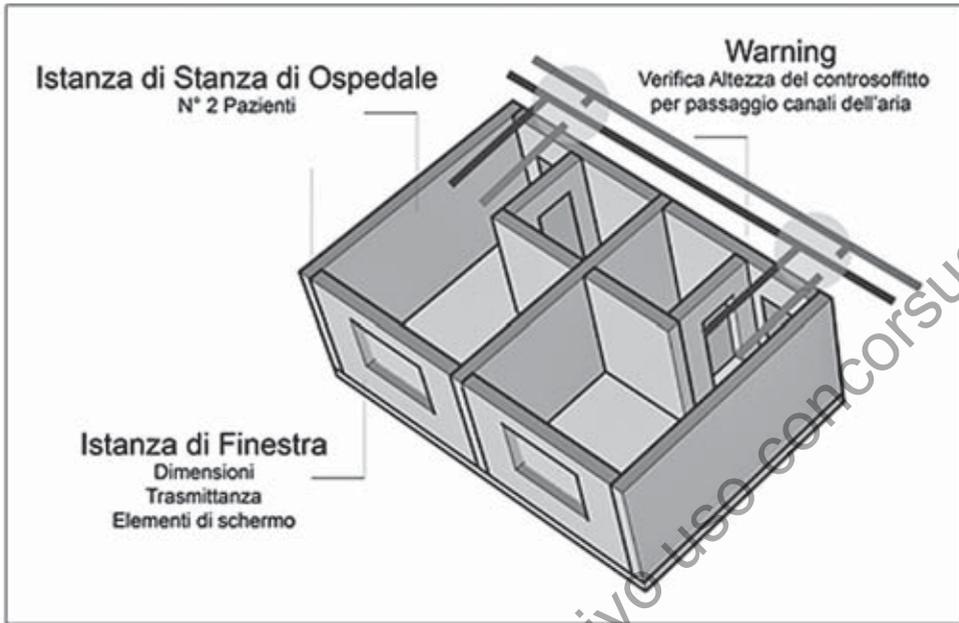


Figura 35. Regole applicate al Processo di Progettazione.

ri ciascuno nel proprio ambito specialistico, rappresentano l'insieme delle analisi, delle verifiche e dei controlli su molteplici rapporti tra Significati, Proprietà Relazioni e Regole delle entità coinvolte.

In molti casi, nella comune pratica progettuale, proprio la mancata verifica di tutte le implicazioni che alcune scelte presentano porta al formarsi di incoerenze, inconsistenze ed incongruenze che si riscontreranno eventualmente in fasi avanzate della progettazione causando notevoli aumenti in termini di costi e tempi per la progettazione stessa.

A tal proposito, con l'intento ultimo di proporre un modello per una Struttura di Rappresentazione della Conoscenza di supporto alla Progettazione Edilizia Multidisciplinare, si è ritenuto fin dal principio fondamentale affrontare tali problematiche e introdurre tra le Regole meccanismi di analisi e verifica degli aspetti qui discussi.

Si avranno quindi Regole Specialistiche nella Struttura di Conoscenza dell'Architetto che verificheranno la possibilità di associare a tale ambiente il Significato di Stanza di Ospedale, verificandone l'accessibilità con letti d'ospedale di dimensioni standard, la presenza di finestre per l'illuminazione e la ventilazione naturale, la presenza di opportuni arredi, apparecchiature, dotazioni impiantistiche e quant'altro necessario, la superficie minima in accordo con il numero di pazienti che si intende ospitare al suo interno e altre ancora, tanto più dettagliate quanto più ne richiede il livello e la fase della progettazione in cui si opera.

Discorso analogo vale per gli altri attori Specialisti coinvolti, così per l'Energy Designer tale assegnazione comporterà un input per la determinazione dell'aria ester-

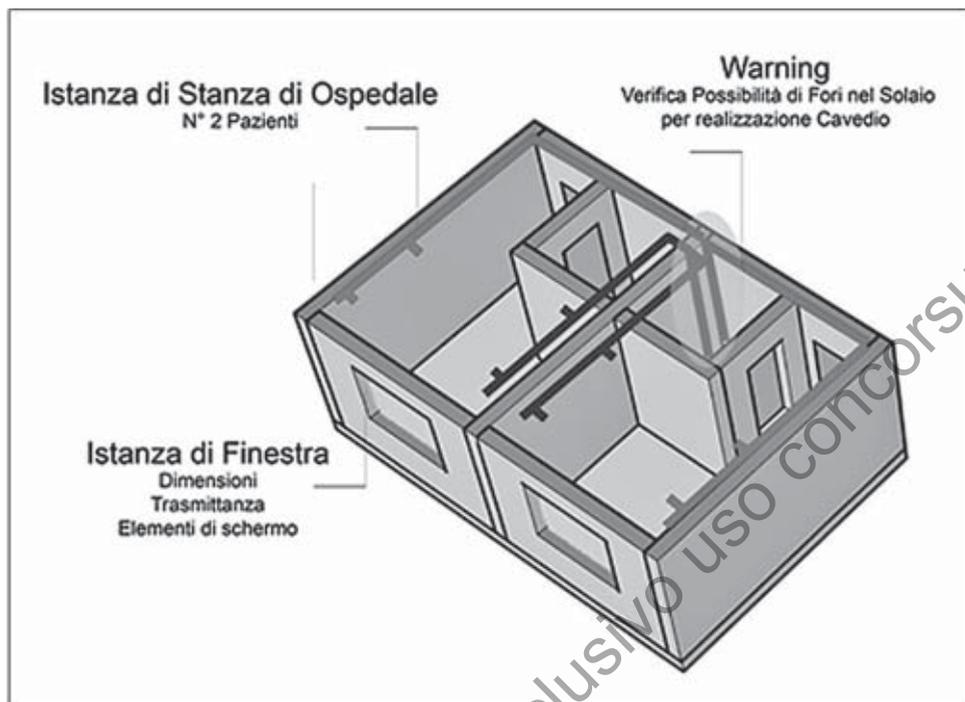


Figura 36. Regole applicate al Processo di Progettazione.

na da garantire quale ricambio orario per gli occupanti; ciò a sua volta diventerà un dato di progetto per l'attivazione di ulteriori Regole di Ragionamento e Calcolo per la determinazione delle dimensioni dei canali dell'aria di mandata e di ripresa all'interno dell'ambiente stesso, prendendo inoltre in considerazione le dispersioni termiche e i carichi interni.

Sulla base della Conoscenza Specialistica e del bagaglio di esperienze dell'attore specifico, lo stesso proporrà una soluzione progettuale parziale relativa al proprio dominio disciplinare; tale soluzione potrà riguardare modifiche a entità già presenti e in precedenza definite dall'Architetto, come ad esempio modificare in dimensioni o in specifiche prestazionali le entità Finestra presenti e associate alla Stanza di Ospedale quali entità componenti; inoltre l'Energy Designer introduce nuove entità, proprie del Dominio disciplinare a lui competente (nell'esempio si indicano i canali di mandata e ripresa dell'aria) che entrano potenzialmente in conflitto con altre entità.

Nell'esempio sopra riportato si segnala a tal proposito l'applicazione di Regole, associate al Sistema Impiantistico che verificano le dimensioni dei canali, il passaggio degli uni sopra gli altri negli incroci degli stacchi agli ambienti e la compatibilità di tali dimensioni con l'altezza del controsoffitto ipotizzata dall'Architetto.

In questa sede non si intende affrontare le problematiche legate al processo di progettazione e alla sequenza delle operazioni che ciascun attore effettua durante la fase di proposizione della soluzione progettuale specialistica parziale, bensì vuole sot-

tolineare la *flessibilità* della Struttura di Rappresentazione Formale proposta che consente per l'appunto, di specificare tale tipologia di Regole e analizzare quindi le diverse soluzioni in termini di coerenza, consistenza e congruenza.

In ogni caso si immagina che il risultato dell'applicazione di tali Regole possa rappresentare un ulteriore ausilio agli attori coinvolti nel processo di progettazione, i quali consapevoli dunque delle interferenze con altre entità e delle difficoltà che potrebbero incorrere nelle successive fasi di progettazione, potrebbero modificare la propria soluzione parziale specialistica al fine di ridurre le problematiche sollevate.

Nella Figura 36 si illustra una ipotesi di modifica della soluzione specialistica dell'Energy Designer relativamente alla distribuzione dei canali di mandata e di ripresa dell'aria all'interno dei locali adibiti a Stanza di Degenza.

Tale modifica progettuale, come sottolineato dalla figura stessa, modifica, di fatto, i termini delle interferenze con le altre discipline: il problema infatti si sposta dall'altezza del controsoffitto ipotizzato dall'Architetto, alla possibilità di creare dei fori nel solaio per la realizzazione dei cavedi verticali necessari al passaggio degli impianti.

Tale problema coinvolge quindi anche l'Ingegnere Strutturista che, pertanto, si troverà a sua volta coinvolto nelle dinamiche collaborativo-decisionali per il raggiungimento della soluzione ottimale al problema: collaborazione quale *problem-sharing* (condivisione di problemi).

Un esemplificazione del processo progettuale nel suo complesso è riportato nei successivi capitoli che presentano le possibili fasi (ricorsive e cicliche sino alla conclusione del processo progettuale) di produzione / scambio / pubblicazione / condivisione e scambio delle soluzioni progettuali sviluppate da Specialisti di ambiti disciplinari diversi coinvolti in un medesimo Processo Progettuale.

4.3 La gestione ABCDp del processo di progettazione

Il problema legato alla definizione e gestione automatica delle relazioni tra le conoscenze è di non facile soluzione ed è associato a difficoltà tecniche e tecnologiche più generali di prospettiva tra Spazi di Lavoro.

Le operazioni di scambio di soluzioni parziali del progetto prevedono che ogni dominio specialistico utilizzi la propria ontologia e il proprio filtro: la piattaforma ABCDp (Architectural and Building Collaborative Design platform) è dunque orientata a risolvere, tra le altre, le difficoltà che si incontrano nel collegare fra loro le varie ontologie, conciliando le diverse semantiche.

Il protocollo di comunicazione mediato da filtri

Nell'ambito dei metodi e delle tecniche ICT l'operazione di collegare ontologie che strutturano stesse entità con semantiche differenti, si definisce come "Ontology Mapping". È il processo attraverso il quale due ontologie si mettono in relazione semantica al livello concettuale, e le *instance* dell'ontologia sorgente vengono tradotte nelle entità della ontologia di destinazione, coerentemente con le relazioni semantiche definite.

In figura vengono rappresentati due modelli concettuali relativi ai protocolli di comunicazione gestiti attraverso sistemi di data-base relazionali: quello a sinistra prevede, una mappatura diretta tra ogni attore e la relativa base di dati/conoscenza. Quello a destra invece prevede un mapping attraverso uno strumento di snodo, "l'ontology pivot" che lavora come riferimento centrale.

Nell'ambito delle reti di computer ci sono due principali modelli di connessione: il modello *client-server* e quello *peer-to-peer*. Nel modello client-server, il client,

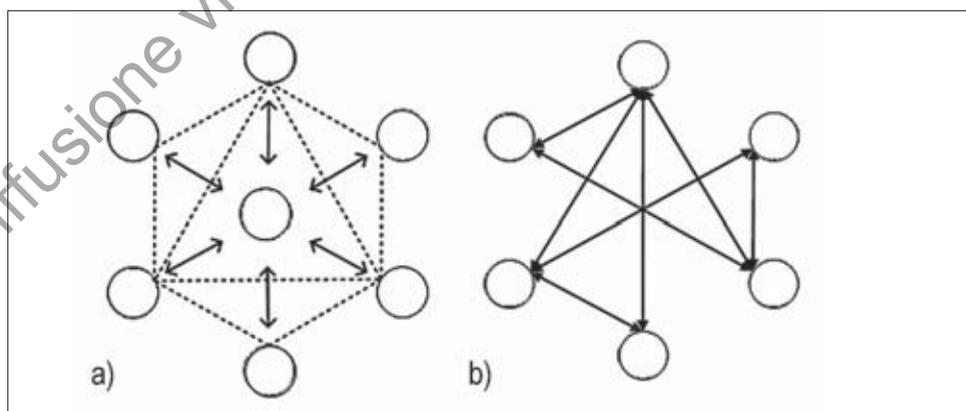


Figura 37. *Mapping tra schemi ontologici diversi, senza e con l'utilizzo di uno strumento di snodo.*

cioè l'utente del servizio opera delle richieste al server al quale è collegato. Il server si attiva e risponde alle richieste. L'approccio data-centrico (informazioni centralizzate), solitamente adotta questo modello. Al contrario, l'idea sottesa dal modello peer-to-peer (p2p) è quella che ogni peer, cioè ogni terminale che partecipa al network possa fungere sia da client che da server. La nozione di decentralizzazione è direttamente applicabile a questo modello. Il peer-to-peer puro, non prevede alcun router e server centrale ed i peer in questo network lavorano alternativamente come client e server.

Il modello ibrido di peer-to-peer ha un server centrale che prende le informazioni relative ai peer distribuiti e risponde alle richieste di informazioni. I peer hanno il compito di ospitare le informazioni, esplicitando al server centrale quale informazione vogliano condividere e lasciando ai peer che ne fanno richiesta, la possibilità di scaricare le proprie risorse condivisibili.

Il maggior vantaggio del modello p2p rispetto a quello client-server è che il primo permette di ridurre la dimensione e la complessità dei dati centralizzati fino ad eliminare il controllo centralizzato sui dati stessi che è in pratica quel che può risolvere il problema dell'approccio data-centrico (tipico del BIM) discusso precedentemente. Per ragioni pratiche la piattaforma ABCDp adotta per la comunicazione tra filtri il modello ibrido p2p. Questo perché nel peer-to-peer puro, i *peer* potrebbero sprecare tempo e risorse di calcolo nel cercare negli altri *peer* le relative risorse chiave che sono già condivise in quello centrale.

I dati condivisi includono informazioni generali, protocolli su come descrivere le specifiche ontologiche per i diversi domini e l'ultima versione dei dati pubblicati da ogni partecipante.

Risulta evidente che per la mappatura delle basi di conoscenza durante il processo di progettazione, la soluzione (b) è molto più veloce ed economica della soluzione (a). Cioè fa risparmiare, ove lo scambio avviene in merito a entità o proprietà condivise, il numero di elaborazioni necessarie per rendere interoperabili modelli diversi.

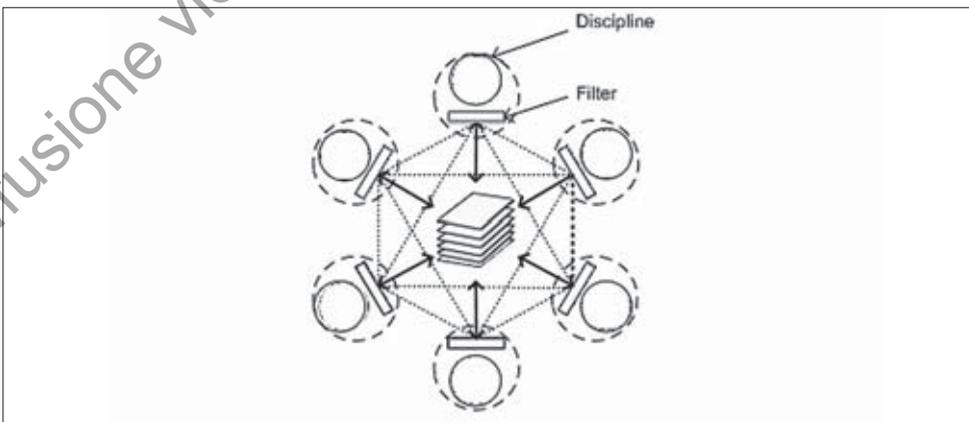


Figura 37. *Mapping tra schemi ontologici diversi, senza e con l'utilizzo di uno strumento di snodo.*

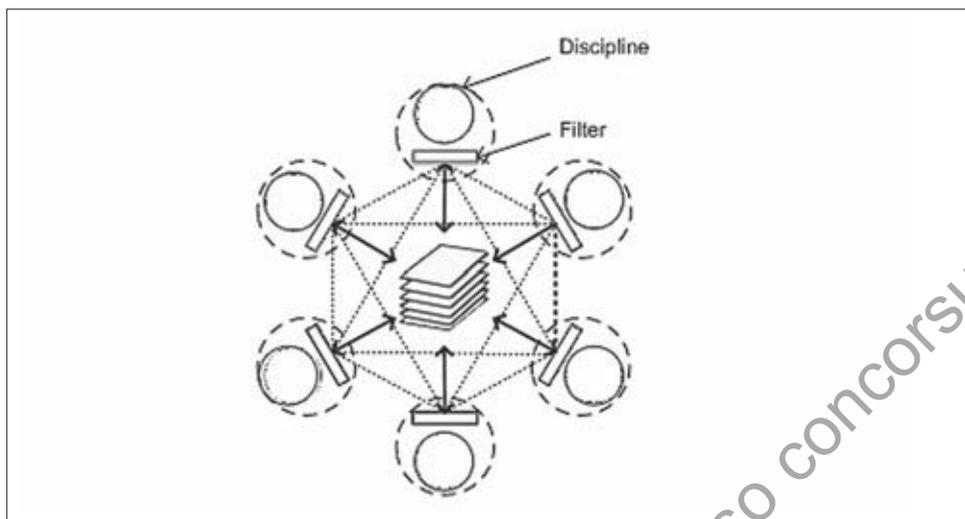


Figura 38. *Modello di comunicazione mediato da filtri.*

In tal modo, dunque, lo schema ontologico locale di dominio, può essere conservato in quanto l'interoperabilità è garantita dal mapping tramite l'utilizzo di una ontologia condivisa, che permette di facilitare l'automazione di questo lavoro. L'ontologia condivisa diviene un pivot che permette la traduzione dei significati associati agli stessi oggetti progettuali nei singoli domini.

Il meccanismo di filtro che si propone come risoluzione al problema di tale mappatura, uno per ogni ontologia specialistica, mette in relazione, attraverso le Reti di Conoscenza le entità condivise e le loro caratteristiche comprese nell'ontologia condivisa con le corrispondenti nelle rispettive ontologie specialistiche. È inoltre abbastanza flessibile da permettere di prendere in considerazione nuovi attori, nuove caratteristiche/vincoli dei componenti edilizi e del processo progettuale per mezzo di adeguate tecnologie informatiche.

Il metodo illustrato prevede che tutte le proprietà specialistiche vengano esplicitate esclusivamente nelle ontologie specialistiche, ognuna per quelle di propria pertinenza, permettendo che la struttura di conoscenza condivisa mantenga la sua "leggerezza", facilitando quindi i processi di mappatura e indirettamente quelli di comunicazione.

La differenza con i modelli di collaborazione basati sulla raccolta centralizzata delle informazioni (BIM) sta proprio nel fatto che l'infrastruttura qui proposta non prevede un data base centralizzato omni-comprendivo, ma uno minimale, essenziale (*lean*).

Il progetto completo sarà invece una collezione coerente di contributi individuali dei singoli partecipanti. Secondo questa logica ogni progettista ha la responsabilità come autore delle proprie rappresentazioni, e quella di recuperare nella memoria l'ultima versione del progetto che è stata prodotta dai suoi colleghi.

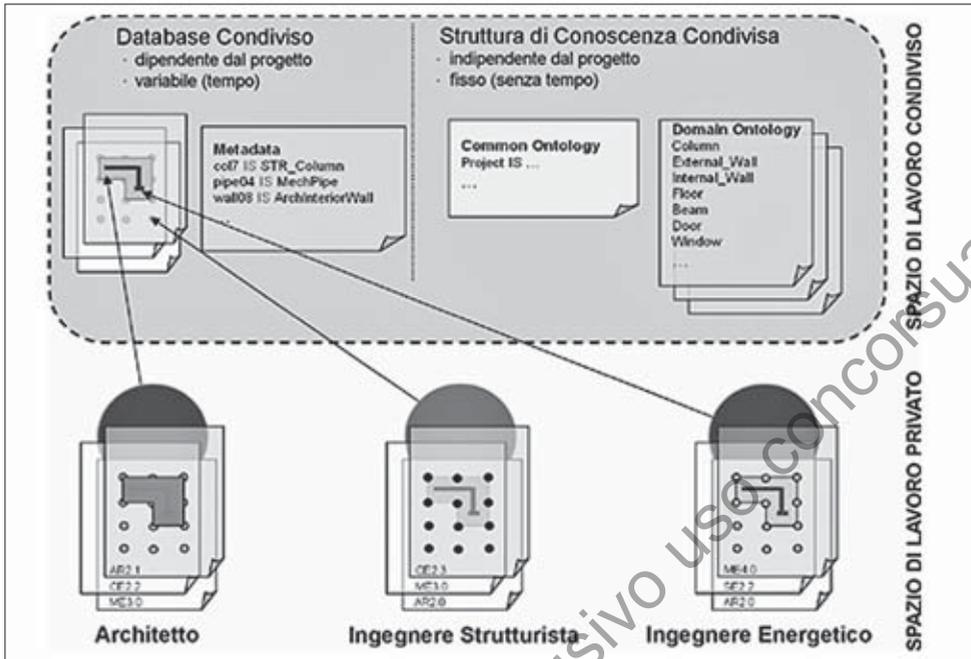


Figura 39. Integrazione fra gli Spazi di Lavoro Privati e quello Condiviso.

La figura mostra una descrizione schematica dello spazio di lavoro condiviso, dove si trovano a lavorare insieme ad esempio, un architetto, un ingegnere strutturista ed uno impiantista.

Nella struttura di conoscenza condivisa ci sarà l'ontologia condivisa con terminologia e proprietà comprensibili da tutti i partecipanti, indipendente dal progetto specifico (modificabile se di comune accordo) e ri-utilizzabile per altre sessioni.

Il filtro di ogni attore si considera come un *peer* nella comunicazione filtrata.

Quando il filtro ottiene una connessione stabilita con il server che accoglie i dati condivisi, esamina la consistenza dei dati da esso gestiti con quelli pubblicati. Prima pubblicherà l'ultima versione rilevata dei dati di ogni partecipante, e poi, se rileva delle inconsistenze tra i dati nello spazio condivisa e privato, allora aggiorna i dati pubblicati. Dal momento che i dati privati di ogni partecipante vengono cambiati dinamicamente nel corso della progettazione, il filtro aggiornerà i propri dati pubblicati quando dagli altri filtri giungerà la richiesta di fornire informazioni.

La gestione di concetti incrementali distribuiti

La piattaforma ABCDp è in grado di risolvere problemi gestionali caratterizzati da diversi livelli di complessità secondo diversi livelli astrazione poiché si basa su una Struttura di Rappresentazione della Conoscenza solida, generalizzabile e scalabile.

Come visto, una delle peculiarità, orientata alla operatività collaborativa della Struttura di Rappresentazione proposta, consiste nel carattere “distribuito” delle informazioni specialistiche, delle relative procedure di analisi, di calcolo e verifica a ciascun livello di gerarchia e complessità.

In tal modo è quindi possibile per ciascun attore coinvolto nel processo progettuale, attivare o disattivare procedimenti, algoritmi e sistemi di calcolo e verifica relativi a elementi ed entità specifici e di dettaglio, dettaglio al quale magari ancora non si è giunti e che quindi comporterebbero soltanto un impedimento all’individuazione di problematiche di più ampio rilievo e di scala maggiore.

Nello specifico, a conferma della scalabilità operativa della piattaforma, si rileva che ciascuno dei modelli formali di rappresentazione della Conoscenza Specialistica, è contraddistinto da “concetti incrementali” (accrescimenti differenziali per ciascuno dei Domini di Conoscenza coinvolti) che, specifici del Dominio dell’attore specialistico interessato, contribuiscono alla corretta definizione dell’organismo edilizio secondo la ‘prospettiva’ dell’attore stesso.

Come specificato precedentemente, è possibile considerare tali entità specialistiche quali incrementi differenziali della Conoscenza Comune e condivisa tra tutti (in realtà, la fase di validazione del modello mediante l’implementazione di un ristretto seppur significativo numero di entità ha portato alla ulteriore definizione ed accuratezza del modello proposto).

La teoria degli Accrescimenti Differenziali, ossia di definizioni approfondite e specialistiche tutte derivate e generate da una medesima definizione comune “semplificata, ma condivisa e convenuta da tutti gli attori coinvolti”, non è infatti sempre applicabile al livello delle entità: ogni entità trattata durante il processo progettuale dovrà essere presente e quantomeno riconoscibile in termini di ingombro geometrico, pur se dotata di un numero limitato di proprietà, significati, regole e vincoli, all’interno della Common Knowledge Structure (CKS) e avere almeno un significato condiviso e comprensibile a tutti gli attori coinvolti.

Sarà dunque sulle proprietà, sulle regole, sulle relazioni e sui vincoli che si instaureranno tutti i processi di scambio, condivisione, argomentazione e sviluppo della Conoscenza, propri dell’approccio collaborativo alla progettazione.

Nel modello BKM si ha dunque una Conoscenza Comune e diverse Conoscenze Specialistiche costituite dalle medesime entità, ma specificate ciascuna secondo un diverso tipo di specializzazione propria del dominio disciplinare cui si riferisce.

L’inserimento di entità di carattere specialistico all’interno della Conoscenza Comune CKS ha una motivazione ben precisa e fondamentalmente basata su problematiche di gestione del processo.

La generazione e proposizione da parte di attori distinti di soluzioni progettuali specialistiche riferite a medesimi ambiti progettuali potrebbe infatti provocare conflitti e incongruenze progettuali. Non conoscendo infatti le potenziali entità generate da altri attori potrebbero generarsi soluzioni sovrapposte o interferenti.

Tale deroga al principio degli Accrescimenti Differenziali è dovuta principalmente a problematiche legate al Dominio dei Componenti: in alcuni casi, infatti, entità spe-

cialistiche di un particolare ambito disciplinare, potrebbero entrare in conflitto (nell'esempio più semplice, di tipo posizionale) con altre entità di carattere comune presenti all'interno della soluzione progettuale in essere.

In tal caso solo l'attore specialista potrebbe rilevare tale conflitto, verificare la violazione del vincolo (posizionale, ad esempio) e cercare pertanto una soluzione, in quanto, se pubblicasse la propria entità specialistica per rendere anche gli altri partecipi del problema (Problem Sharing, condivisione del problema, tipicità dei processi collaborativi), nessuno degli altri (teoricamente) riuscirebbe a comprendere appieno la natura dell'entità pubblicata e quindi supportare l'attore specialista con la propria Conoscenza.

Quando il filtro di un partecipante si connette al server con la finalità di raccogliere i dati pubblicati e creati da gli altri attori, esso stabilisce una relazione speciale chiamata "sottoscrizione", definita nella matrice delle corrispondenze (*Entities-Actors Couples Matrix - EACM*). Questo faciliterà la comunicazione tra i filtri. Se il filtro sottoscrive altri dati pubblicati, allora controllerà costantemente tutte le nuove informazioni riguardo ai dati pubblicati così da avvisare il partecipante e rispondere ai cambiamenti in maniera appropriata.

Ci potrebbero essere dei cambiamenti nei dati pubblicati che vengono rilevati dal filtro, e che l'attore è libero di ignorare se non variano significativamente le prestazioni del proprio progetto. A questo proposito la matrice EACM sarà dotata di protocolli procedurali per specificare i criteri d'interesse e annotare le sottoscrizioni con la finalità di poter valutare se i cambiamenti siano più o meno rilevanti.

Nella figura che segue si esemplifica il ruolo gestionale che ogni filtro opera al fine di supportare l'incremento di informazioni ontologiche specialistiche che nel corso del processo di progettazione si possono aggiungere al concetto di una entità geometrica condivisa.

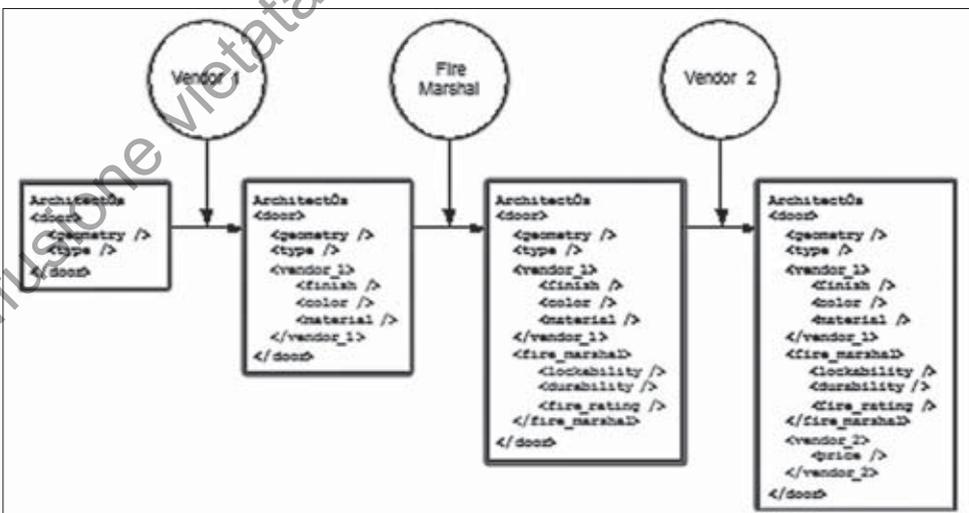


Figura 40. Gestione di concetti incrementali distribuiti.

Caso emblematico dell'utilità di una ontologia che raccolga il corpus legislativo è proprio quello della progettazione di opere come gli ospedali, ove ricostruire la mappa di regole e norme che vincolano il progetto e validano la consistenza della soluzione costituisce un lavoro di elevata complessità: Norme di Accreditamento Regionali, Regolamento dei Vigili del Fuoco, circolari ministeriali per l'igiene, Decreti Legislativi per rapporto aero/illuminante negli ambienti, Leggi su barriere architettoniche e sicurezza sui posti di lavoro, Decreti sui valori acustici ammessi, solo per citarne alcuni.

Si aggiungano inoltre le Ontologie di Prodotto, per diversi approfondimenti di dettaglio relativi alla fase progettuale, che raccolgono le caratteristiche geometriche, funzionali e di comportamento di sub-sistemi edilizi, o di unità funzionali specifiche ad avanzato contenuto tecnologico. Le società di produzione manifatturiere o di componenti edilizi, rivolgendosi ad esperti nella formalizzazione di ontologie di prodotto, cominciano a sensibilizzarsi sull'utilità in termini di produttività e profitto che può provenire dall'arricchimento semantico delle entità presenti nei BIM commerciali. Descrivendo le caratteristiche dei loro prodotti in modo da poter essere usate nelle applicazioni più diffuse, intervengono già nel momento di concept, avvalendosi dei benefici nell'informare gli attori dei dettagli tecnici già durante l'uso progettuale.

Di seguito si mostra un esempio relativo alla definizione delle Ontologie Specialistiche: si seguirà lo stesso processo descritto nei paragrafi precedenti, considerando però che il dominio di applicazione parziale è relativo a campi specialistici della progettazione preliminare, quindi il dettaglio di proprietà, attributi e relazioni a differenza di quella Condivisa, dovrà estendersi al dettaglio richiesto dalle esigenze progettuali dello specialista.

La classe scelta è quella di una "Stanza di degenza", che nel processo di scambio della soluzione progettuale viene arricchita di specifiche attraverso un processo gestito dai filtri.

Attraverso i protocolli di sottoscrizione e di scambio, annotati nella matrice EACM e formalizzati attraverso le Reti di Conoscenza, si nota chiaramente l'incremento delle proprietà formalizzate che avviene nel passaggio dalla conoscenza condivisa ai domini specialistici dell'architettura e dell'ingegneria impiantistica.

Le classi afferenti alle ontologie specialistiche ereditano dalla classe Stanza di Degenza dell'ontologia condivisa alcune relazioni e proprietà e si arricchiscono di quelle ritenute necessarie nei rispettivi domini di appartenenza.

Ciò sta a significare che la modellazione delle classi di dominio deve necessariamente essere consistente con le descrizioni e le proprietà formalizzate come riferimento (di comune accordo) nell'Ontologia Condivisa. Infatti nelle strutture che seguono si rilevano in entrambe le proprietà ereditate da quelle comuni (circondata da muri, con una porta, con delle attrezzature) e poi in ognuna se ne specificano delle ulteriori, lasciando la libertà al progettista di modificarle all'occorrenza .

Le immagini che seguono mostrano alcune proprietà formalizzate per la classe Stanza di Degenza nell'Ontologia condivisa, che si incrementano e complessificano nelle Ontologie Specialistiche rispettivamente di un Architetto e di un Ingegnere Impiantista.

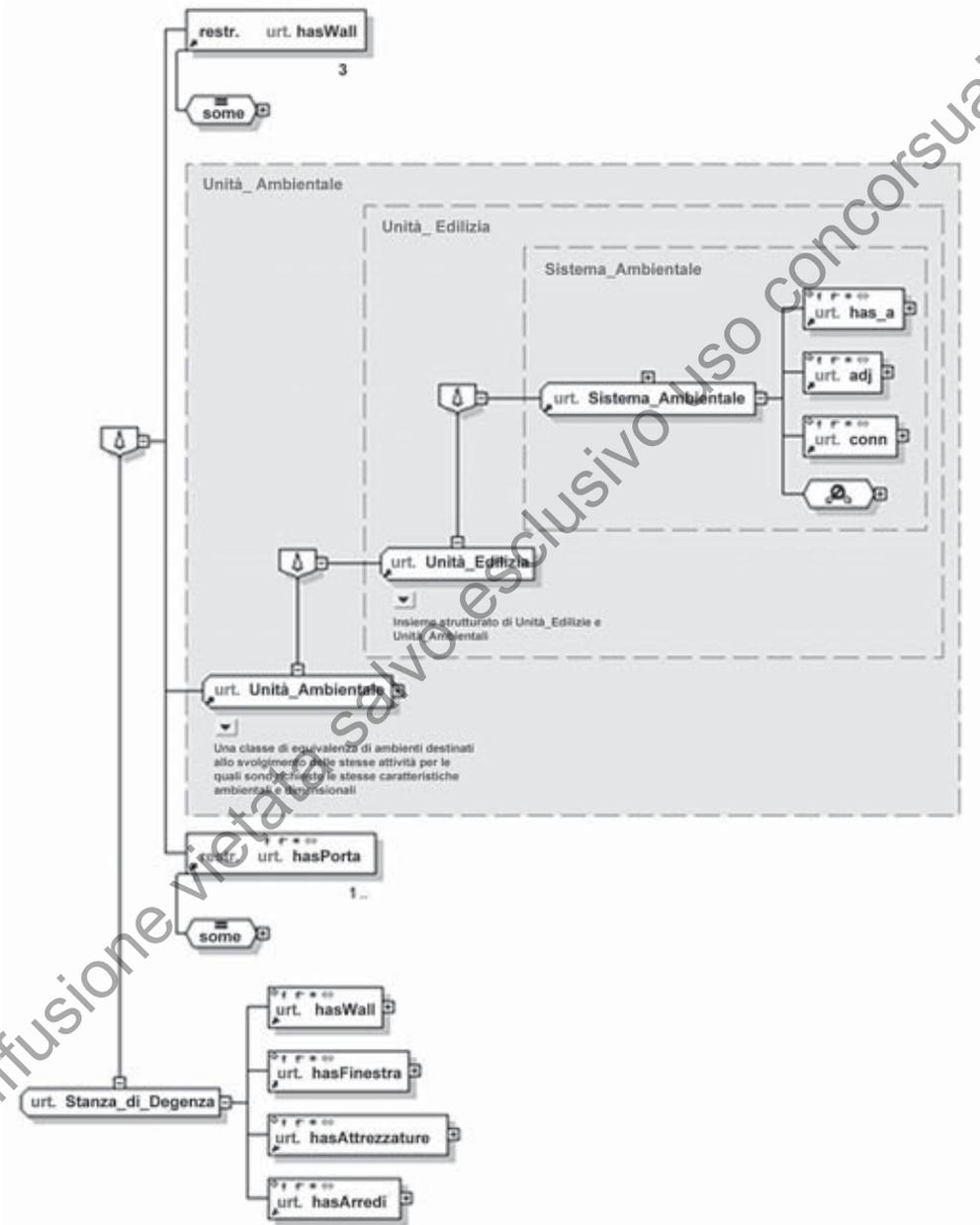


Figura 41. Vista delle generalizzazioni e di altre proprietà del prototipo Stanza di Degenza nell'Ontologia Condivisa.

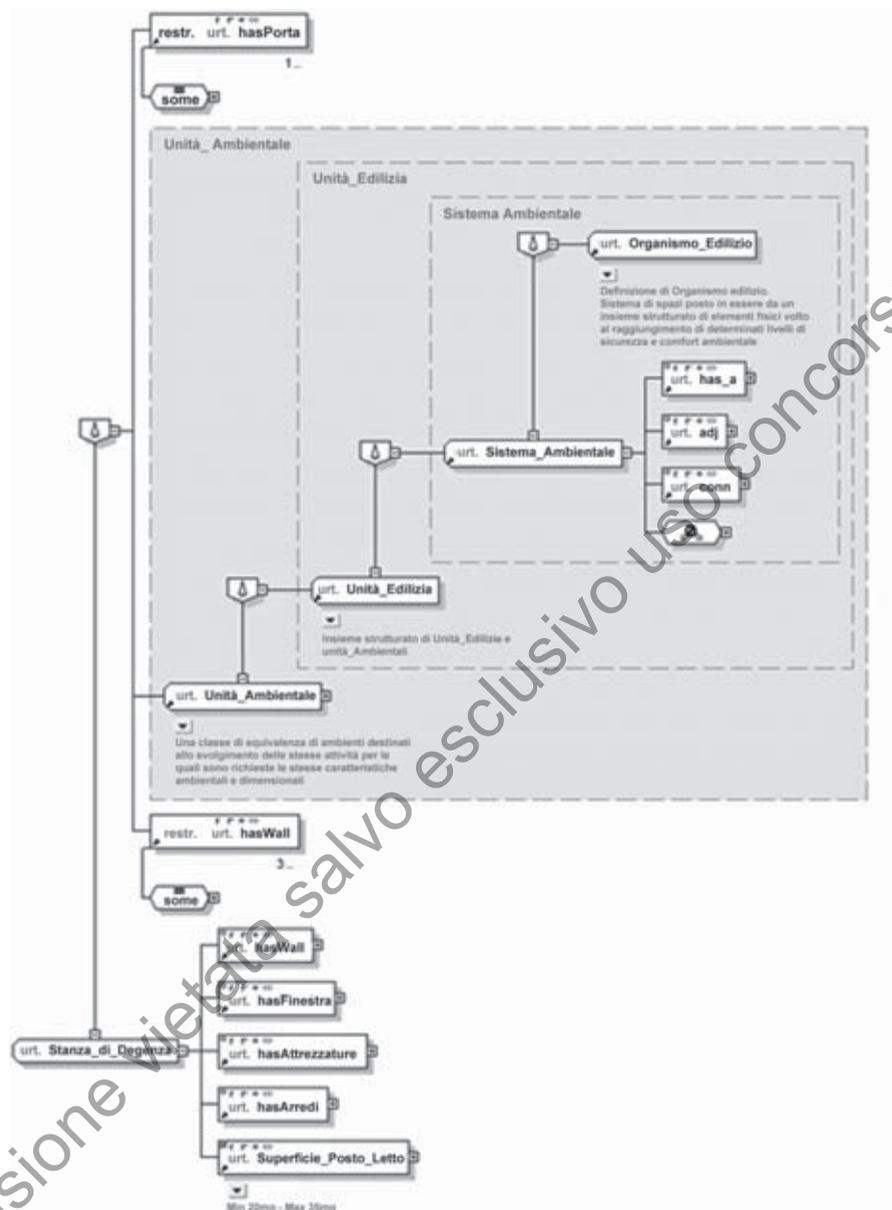


Figura 42. Esempio di struttura per la classe Stanza di Degenza dell'architetto.

I filtri, come visto, coprono diversi ruoli nel processo di progettazione multidisciplinare: codificano e decodificano i dati pubblicati nello spazio di lavoro comune; arricchiscono l'input di livelli semantici, associando i rispettivi significati ai dati d'ingresso; gestiscono la conoscenza progettuale predisponendola a processi deduttivi, al controllo dei vincoli e all'apprendimento di nuova conoscenza.

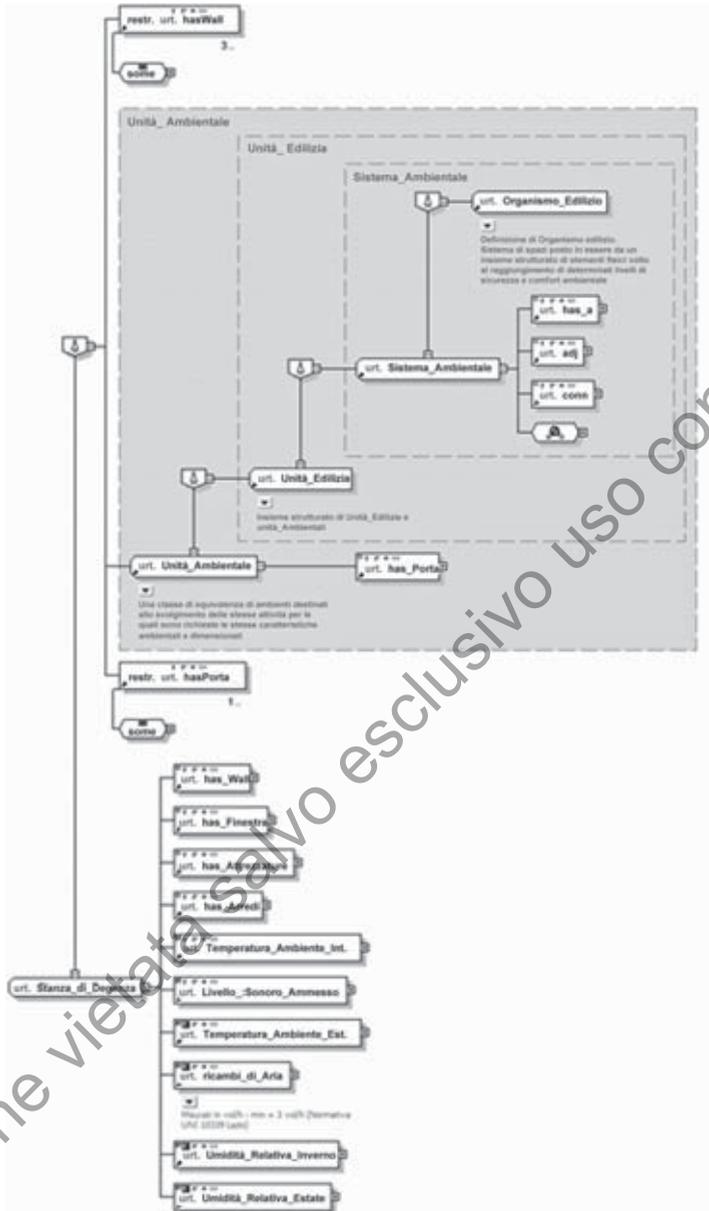


Figura 43. Esempio di struttura per la classe Stanza di Degenza dell'impiantista.

Il ruolo più alto dei filtri nell'infrastruttura è quello assimilabile ad un sistema esperto che, sollecitato da una interrogazione (*query*) dell'attore specialista, seleziona le informazioni attraverso un'analisi mirata delle informazioni disponibili (*parsing*) e le sottopone al lavoro dei motori inferenziali che, operando dei ragionamenti automatici (secondo algoritmi definiti da regole personalizzabili), verificano la consistenza e deducono informazioni e conoscenza implicita.

Una delle più promettenti applicazioni di questa tecnologia è la creazione di servizi web e sistemi multi-agente per introdurre un nuovo mezzo di collaborazione tra domini distribuiti nell'ambito più specifico dell'industria edilizia. In pratica, in uno scenario del genere, con una piattaforma aperta che prevede l'integrazione e l'uso di agenti-filtro, sui quali è "caricata" una certa conoscenza di dominio, sarà possibile codificare dei "manuali dinamici" ovvero suggerimenti proposti da un assistente "intelligente" che provengono dalla buona pratica, o dagli standard per l'edilizia a supporto delle attività decisionali e di *problem-solving* in forma di servizi web che potranno essere automaticamente rintracciati sulla Rete e consultati *on demand*.

Questo scenario, per il momento solo immaginato, è confortato, da un punto di vista teorico, dai molti contributi che giungono dalla recente ricerca nell'area della formalizzazione di ontologie per l'edilizia. Ad esempio la conoscenza basata su agenti (Gruber, 1993) in generale, ed in particolare la gestione della conoscenza integrata all'approccio IFC come nel progetto europeo e-COGNOS (Lima et al., 2002).

Invece il più recente progetto SWOP - Semantic Web-based Open Engineering Platform (Böhms et al., 2006), ha spostato l'attenzione verso la modellazione di ontologie di prodotto, rappresentando la semantica secondo gli standard del W3C.

La possibilità di estendere, attraverso una piattaforma aperta, il supporto degli attuali strumenti CAD per la progettazione si ingigantisce se pensata in un contesto quale quello del web semantico, dove si renderanno disponibili degli archivi di ontologie per gli usi più diversi, dalle caratteristiche di dettaglio di un tipo di serramento alla formalizzazione di alcuni termini e tassonomie, ad assunti de-ontologici condivisibili. L'evoluzione proposta dal livello classificatorio dei metadati a quello di conoscenza più strutturata rielabora le recenti esperienze di progetti europei di ampio bacino quali p.es. MACE (Metadata Architectural Content in Europe) che raccoglie e cataloga attraverso un sistema di *meta-tag* convenuti, l'enorme mole di risorse di conoscenza più o meno formalizzata nel dominio dell'architettura, sparse nel continente.

Lo scambio e l'accrescimento di conoscenza passa attraverso dei cicli di sviluppo della conoscenza implicita e successiva esplicitazione formalizzata. Il percorso evolutivo si arricchisce grazie ai processi migliorati di comunicazione all'interno e tra i livelli individuati per lo spazio di lavoro. In questo senso si possono leggere i processi di generalizzazione in termini di organizzazione gestionale di quelle che sono le acquisizioni (e le problematiche) di un individuo, e viceversa, la personalizzazione di valori condivisi.

Il processo gestionale

Di seguito vengono illustrate nel dettaglio le due fasi in cui si ipotizza possa essere suddiviso un intero processo progettuale, supportato dalla piattaforma ABCD (*Architecture and Building Collaborative Design platform*) e in cui sono coinvolte diverse figure professionali. Gli stessi passaggi saranno poi riproposti nell'esempio illustrato nel capitolo dedicato alla simulazione del *work flow* d'uso della piattaforma.

La prima di queste due fasi è dedicata alle *procedure di inizializzazione*, ovvero alla definizione dell'ambito della progettazione, della rete generale della Conoscenza

za relativa alla tipologie edilizia scelta, degli Attori che prenderanno parte al processo e delle relative strutture di conoscenza specialistica.

La seconda parte riguarda invece le attività riconducibili alla *progettazione* vera e propria, in cui si alternano momenti di lavoro all'interno dello spazio privato di ciascun Attore e fasi di collaborazione tra i progettisti nello spazio di lavoro comune.

L'intero processo è stato strutturato sulla base della conoscenza e dei dati scambiati, tra progettisti specializzati, nelle varie fasi dello stesso, interagendo sia attraverso interfacce e strumenti già di abituale utilizzo, sia per mezzo delle Strutture di Conoscenza Specialistica (*Specialist Knowledge Structure - SpKS*) e Comune (*Common Knowledge Structure - CKS*).

Le Strutture di Conoscenza Specialistica, utilizzate nei cicli progettuali che coinvolgono due o più Attori, sono diverse, tante quante sono i settori specializzati coinvolti nel lavoro e la loro interazione avviene per mezzo del meccanismo di filtraggio e dei protocolli di scambio illustrati nei paragrafi precedenti.

Tutti gli attori sono contemporaneamente impegnati a controllare ogni soluzione progettuale nel loro Spazio di Lavoro Privato (*Personal Design Workspace- PeDW*), al fine di verificare le loro regole specialistiche ed i vincoli imposti presenti nell'ontologia. Sempre gli Attori, alla fine del processo, si accorderanno su una soluzione progettuale condivisa, che sarà "pubblicata" nello Spazio di Lavoro Comune ed infine validata e approvata dall'intero team di progettazione, concludendo il lavoro o dando inizio a una nuova fase progettuale.

La piattaforma è in grado di reagire in tempo reale quando i vincoli (o le regole) definiti dagli attori non sono soddisfatti.

È opportuno sottolineare che i vincoli attivabili dagli attori non sono solo quelli dovuti a regolamenti edilizi o norme, ma anche quelli desunti dalla propria esperienza o dettati da regole pragmatiche e formalizzate nella propria Struttura di Conoscenza Specialistica.

Un sistema di *Versioning* permette, inoltre, di memorizzare ogni soluzione con un numero di protocollo progressivo e, nel caso in cui fossero presenti diverse soluzioni progettuali da sviluppare, è in grado di tenerle in memoria fino a quando il gruppo di lavoro non deciderà di eliminare alcune di loro, proseguendo il lavoro sulle altre.

Il compito fondamentale della "traduzione" delle soluzioni progettuali, sviluppate da ciascun specialista, e la loro "unione" ed integrazione nella soluzione globale, è svolto dal meccanismo di "filtraggio" che stabilisce un collegamento tra le entità, le proprietà e le regole presenti nelle diverse Strutture di Conoscenza Specialistica e Comune.

Il filtro si comporta in modo diverso nelle due direzioni: quando un oggetto viene tradotto nella struttura della conoscenza comune, viene *semplificato*, al contrario

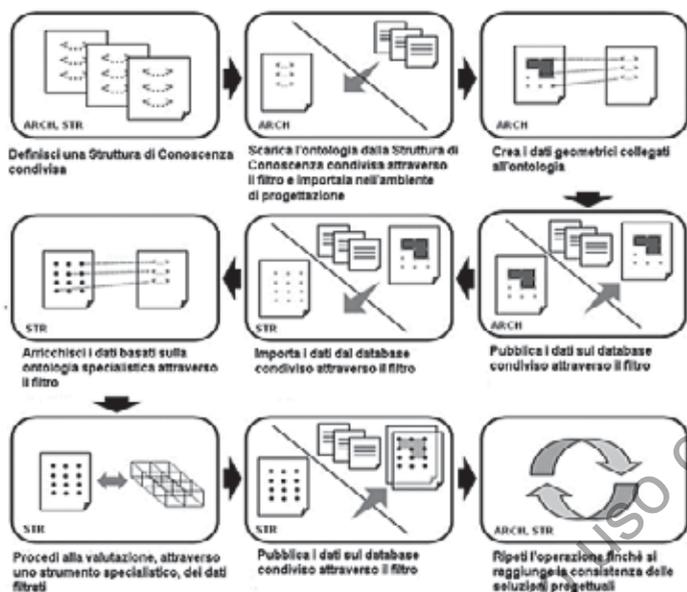


Figura 44. *Illustrazione del processo collaborativo mediato da filtri.*

viene arricchito di tutte le “conoscenze” specifiche, ovvero, dai “semantemi” propri delle ontologie specializzate dei vari attori.

Fornendo informazioni semantiche condivise all'interno delle “*smart-entities*”, è quindi possibile aumentare l'efficacia delle informazioni trasmesse in tempo reale dal modello condiviso, senza il quale non può funzionare la successiva valutazione, supportando l'interpretazione individuale della soluzione progettuale da parte degli esperti che collaborano.

Dal momento che in questa sede non è possibile descrivere l'intero processo progettuale, nella figura 44 si schematizza un ipotetico ciclo iterativo tra un architetto ed un ingegnere delle strutture, ove si implementa una comunicazione mediata da filtri tra gli Spazi di Lavoro Privati e quello Condiviso.

Nelle pagine che seguono si illustrano in maggior dettaglio alcuni passaggi chiave in merito alla gestione operativa delle fasi di inizializzazione e del processo di progettazione.

Gestione operativa della fase di inizializzazione

Nella prima fase del processo il Cliente ed il Project Manager (PM) definiscono all'interno del sistema il tipo di progetto che il team dovrà affrontare: vengono scelte e rese disponibili tutte le informazioni riguardanti l'edificio, il suo contesto e i ruoli professionali (gli Attori) che sono coinvolti. In questa fase, come verrà mo-

strato successivamente nella simulazione d'uso, il Cliente determina tutte le Entità relative alla sfera del Prodotto. Terminata la procedura vengono mostrati, a tutti gli attori, i requisiti dell'edificio per mezzo della Rete di Conoscenza Generale del progetto (fig.45).

Al suo primo avvio il sistema rende disponibile agli utenti la Rete di Conoscenza Generale del Contesto con i diversi aspetti sociali che devono essere selezionati in base alla specifica fase di progettazione. Viene quindi effettuata, dal progettista che ha il compito di gestire il processo, la selezione della tipologia di edificio che si sta progettando tra quelle predefinite nel sistema.



Figura 45. La definizione dell'ambito progettuale.

Oltre a scegliere la natura del manufatto, il Project Manager può individuare, all'interno dello stesso Dominio di Conoscenza, altri aspetti riguardanti il contesto che ritiene debbano essere presi in considerazione dai progettisti che prenderanno parte al processo progettuale, come ad esempio aspetti normativi, economici e fisico-ambientali.

È opportuno specificare che tutte le Classi escluse da queste scelte iniziali vengono nascoste ai membri del gruppo di progettazione, ma è comunque possibile attivarle in un momento successivo.

Scelte le Entità appartenenti al Dominio del Contesto, il sistema mostra al Project Manager la Rete di Conoscenza Generale degli Attori con i domini specialistici disponibili, differenziati a seconda della specifica fase di progettazione e appartenenti ai diversi profili professionali selezionabili, tra i quali si è scelto di includere anche quello del Cliente.

In base alle esigenze del progetto e della specifica fase del processo, il Project Manager seleziona gli Attori che collaboreranno alla realizzazione del progetto.

Successivamente viene richiesto al Project Manager di definire le Entità appartenenti al Dominio di Conoscenza del Processo edilizio, insieme con le loro Proprietà e Regole ovvero, se si sta per affrontare la progettazione, la realizzazione o la pianificazione e gestione dell'opera.

Nel caso della progettazione, ad esempio, il sistema propone quattro opzioni:

- studio di fattibilità;
- preliminare;
- definitivo;
- esecutivo.

L'ultima Rete di Conoscenza ad essere inizializzata è quella del Prodotto. Tale Dominio, a sua volta suddiviso in Dominio dei Componenti e Dominio degli Spazi, include tutte le classi e le sottoclassi utili alla definizione del risultato finale del processo progettuale considerato, ovvero l'edificio stesso.

Nell'ultimo passaggio, relativo alla definizione dell'ambito progettuale, il Cliente verifica le classi proposte dal sistema per la tipologia di manufatto scelta e, se necessario, modifica le entità del prodotto e le informazioni sul budget, secondo quanto previsto dal Programma Edilizio.

Terminate le scelte necessarie all'inizializzazione del sistema e propedeutiche per la fase progettuale successiva, viene mostrata a tutti gli Attori facenti parte del processo la Rete Generale della Conoscenza definita per il progetto che si sta per affrontare.

Sempre all'interno della fase di Inizializzazione, ogni Attore seleziona il proprio profilo professionale tra quelli precedentemente messi a disposizione dal Project Manager. Successivamente il sistema mostra la Rete di Conoscenza Generale del progetto dalla quale gli Attori possono selezionare tutte le entità a cui sono interessati e che ritengono opportuno dover tenere in considerazione nel processo progettuale

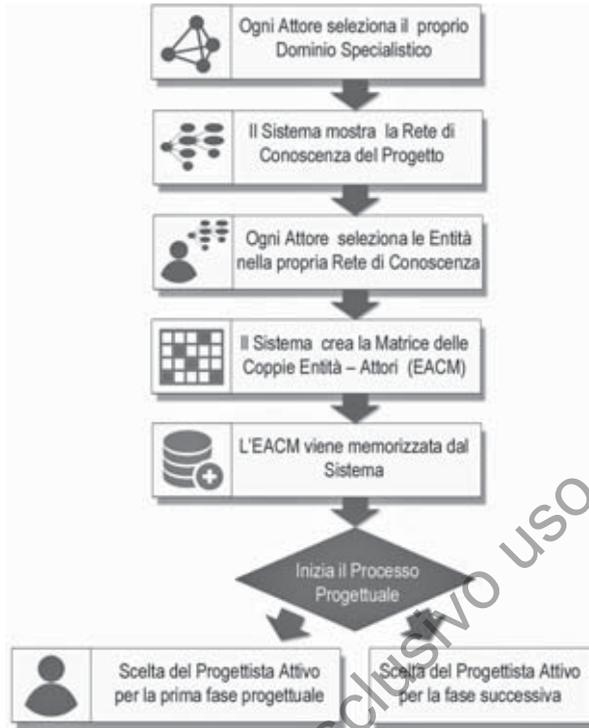


Figura 46. Gli Attori selezionano il proprio Dominio Specialistico.

collaborativo in questione, definendo così, per ognuno di essi, la specifica Struttura di Conoscenza Specialistica.

Al termine della selezione il Sistema individua tutte le classi condivise, e/o in comune tra i diversi Attori, creando in questo modo una vera e propria Matrice di Entità che rende possibile il filtraggio delle informazioni tra lo Spazio di Lavoro Privato, gestito da ciascuno specialista, e lo Spazio di Lavoro Comune.

Nel momento in cui un attore (ad esempio l'Architetto) decide di includere nella propria Struttura di Conoscenza Specialistica una classe, il significato, le proprietà e le regole che vede associati a tale Entità risulteranno diversi da quelli riguardanti lo stesso oggetto riferito però ad un altro attore (ad es. l'ingegnere strutturista).

Quando gli attori selezionano / deselectano le entità a cui sono interessati, il Sistema di Filtraggio memorizza nella Struttura di Conoscenza Comune tutte le coppie Attore-Entità - inclusi Significati, proprietà e regole- scelte da ciascuno di essi. Si crea così una matrice di corrispondenza (*Entities-Actors Couples Matrix - EACM*) che evidenzia e registra le entità condivise dagli attori coinvolti nel processo progettuale.

Nel caso in cui una classe è di interesse per tutti gli Attori coinvolti, questa viene definita Concetto Comune, quando invece l'Entità viene selezionata da alcuni Attori allora si parla di Concetto Condiviso, infine, le classi "visibili" da un solo Attore rientrano nei Concetti Specialistici (fig. 46).

Gestione operativa della fase di progettazione

Terminate tutte le procedure di inizializzazione, agli Attori non resta che dare inizio alla vera e propria fase progettuale.

In un primo momento l'Attore "Attivo" - ovvero che si sta occupando della progettazione - elabora l'idea all'interno del proprio Spazio di Lavoro Privato. È bene ricordare che in questa fase il progettista è libero di lavorare con gli strumenti software CAD o BIM che è solito utilizzare.

Durante il processo di progettazione, dopo aver definito graficamente gli spazi, l'Attore, ad esempio l'Architetto, assegna ad ogni elemento progettato un significato, associandogli un Ente contenuto nella sua Struttura di Conoscenza Specialistica.

Con questo procedimento ogni linea, polilinea, blocco o altro oggetto grafico può essere collegato alle Entità della Struttura di Conoscenza Specialistica. I componenti, associati agli elementi grafici, risulteranno quindi legati tra loro per mezzo di una propria struttura ontologica.

La Conoscenza legata ad ogni elemento geometrico dipende strettamente dalla tipologia di Attore e dalla sua Struttura di Conoscenza Specialistica, difatti, diversi concetti possono essere esplicitati in base al Dominio Specialistico.

Sempre nella fase di Progettazione, tramite il "reasoner" presente nell'Editor di Ontologie, ciascun Attore può verificare se la soluzione soddisfa tutti i vincoli e le Regole definite nella propria struttura di conoscenza, e stabilire quali Entità trasmettere agli altri Specialisti.

Ciascun attore procede nel modellare il comportamento della propria *instance* specialista e nel verificarne la coerenza interna utilizzando i metodi di progettazione e le tecniche usate abitualmente con l'aiuto degli attuali software (disponibili in commercio), operando così sulla struttura di dati comprendente l'*instance* stessa.

L'integrazione delle *instance* specializzate, tradotte in sotto-insiemi del progetto complessivo, può dar luogo a incongruenze e conflitti tra le entità appartenenti alle diverse entità, anche fino alla fine del processo.

Queste inconsistenze vengono rilevate dai meccanismi inferenziali contenuti nella Conoscenza Comune e riferite agli Attori in modo che questi possano agire di conseguenza ed adottare le misure necessarie.

Definita la soluzione progettuale, l'Attore può esportare ed importare la soluzione

da e verso i software specialistici che è abituato ad utilizzare, trasferendo all'interno dell'Ontologia tutte le informazioni ed i dati ricavati da calcoli e verifiche effettuati con tali strumenti.

Scelte le entità da condividere, l'Attore pubblica la sua soluzione nello Spazio di Lavoro Comune: il meccanismo di filtraggio, precedentemente illustrato, permette al progettista di condividere solo alcune entità, determinate per default, dalla matrice di corrispondenza, in modo tale che, nello Spazio di Lavoro Comune, sia presente una cosiddetta "lean design solution".

Preme sottolineare che, nel momento in cui pubblica la soluzione, l'Attore può decidere di cambiare le Entità da includere e/o escludere dalla condivisione con gli altri progettisti.

Il Sistema attraverso questo meccanismo ci permette, non solo di selezionare le Entità da condividere con gli altri attori, ma, se necessario, anche di scegliere quali Proprietà e/o Regole trasmettere tra quelle appartenenti a ciascun oggetto (fig. 47).

Quando la soluzione progettuale viene pubblicata nello Spazio di Lavoro Comune, uno strumento di notifica avverte tutti gli Attori che è disponibile una nuova proposta.

Ovviamente la fase di Progettazione è iterativa, può quindi ripetersi per diversi cicli, ovvero fino a quando non viene definita una soluzione progettuale condivisa e accettata da tutti gli Attori interessati.



Figura 47. La progettazione specialistica nello Spazio di Lavoro Privato.

Andiamo adesso ad esaminare nel dettaglio cosa succede nel momento in cui la soluzione progettuale viene condivisa nello Spazio di Lavoro Comune. In questa fase l'Attore "Attivo" invia le informazioni, che ritiene sia necessario trasmettere agli altri Attori, filtrando la propria soluzione progettuale dal proprio Spazio di Lavoro Privato a quello Comune.

Come è stato già argomentato, durante il passaggio dalla spazio personale a quello comune la soluzione progettuale viene alleggerita di tutta quella conoscenza specialistica che l'Attore non ritiene necessario trasmettere agli altri progettisti.

I diversi Attori possono impostare il filtro anche in "ingresso" per importare tutte e sole le Entità a cui sono interessati in quella determinata fase di progettazione. In questo caso la soluzione viene arricchita di tutte le Entità, Proprietà e Regole esclusive della Struttura di Conoscenza Specialistica di ogni Attore.

A questo punto tutti gli Attori, avvisati dal sistema, possono verificare e discutere la soluzione in "Upload", importarla, selezionando a loro volta ulteriori Entità a cui sono interessati nel proprio ambiente di lavoro personale e, nel caso non sia concluso il processo, cominciare una nuova fase progettuale.

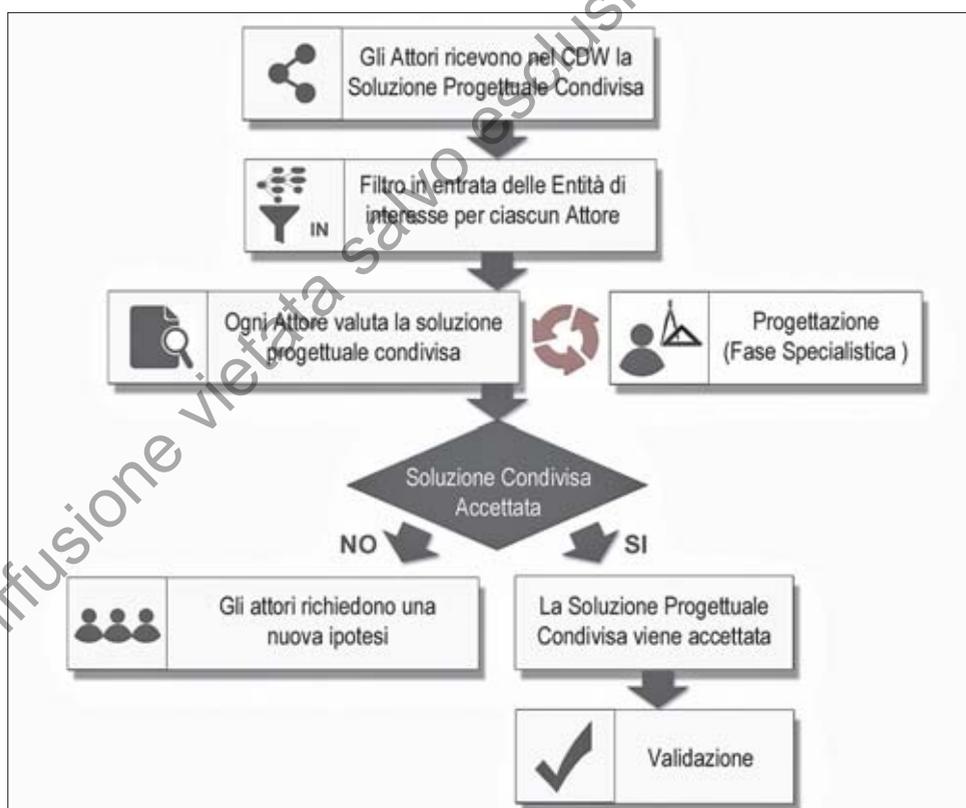


Figura 48. *La condivisione della soluzione nello Spazio di Lavoro Comune.*

Il “filtraggio” delle Entità, e quindi della Conoscenza ad esse collegata, viene effettuato anche quando la soluzione progettuale condivisa viene importata nello Spazio di Lavoro Privato per essere valutata, modificata ed eventualmente approvata da ogni Attore, il quale può decidere quali entità desidera ricevere e quali no, potendo gestire autonomamente le informazioni che gli vengono trasmesse.

È doveroso sottolineare ancora una volta che la collaborazione non è riconducibile ad una relazione di tipo “uno-a-uno”. Tutti gli attori sono coinvolti nel controllare qualsiasi soluzione progettuale condivisa nel loro rispettivo Spazio di lavoro Privato al fine di verificare le regole ed i vincoli Specialistici, per poi concordare con tutti gli altri attori su di una soluzione progettuale condivisa – accettata (fig. 48).

Quando un Attore ritiene accettabile la Soluzione Condivisa presa in esame, allora questa diventa concordata e, qualora convenuta da tutti gli Attori, nello Spazio di Lavoro Comune, verrà ‘validata’ dal sistema, come Soluzione Comune.

Tramite il “Versionamento” la piattaforma memorizza le soluzioni progettuali Condivise ed Accettate da tutti gli Attori, assegnando a ciascuna di esse un codice progressivo, rendendole disponibili in un secondo momento.

Al termine di questa fase si può concludere il processo oppure dare inizio ad un nuovo ciclo di progettazione collaborativa (Fig. 49).

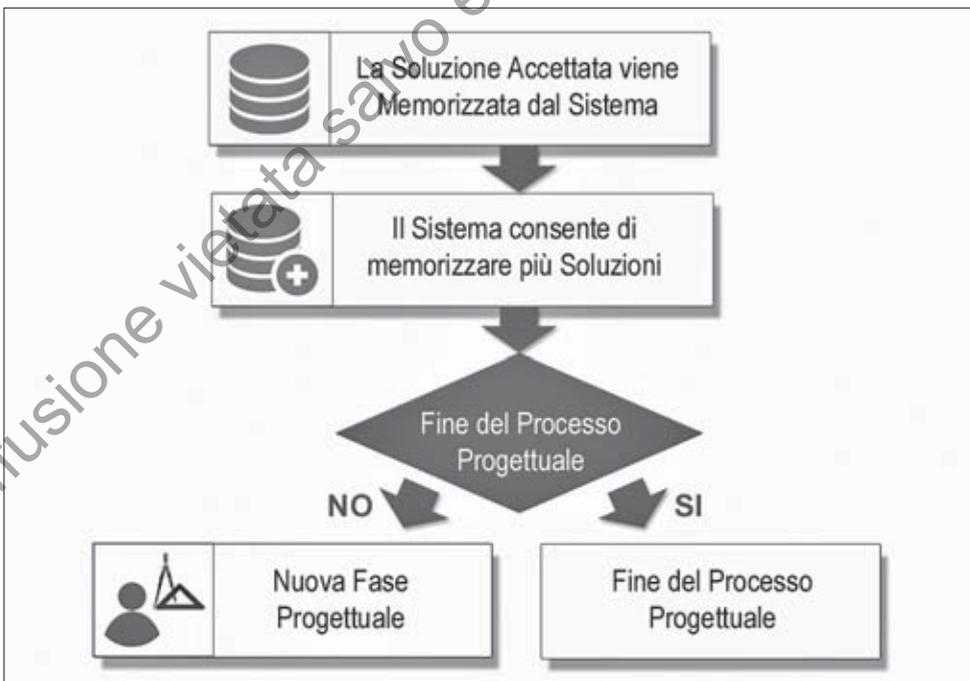


Figura 49. Il sistema di “Versioning” della soluzione progettuale condivisa.

In questa sezione si è definita compiutamente la struttura della piattaforma collaborativa ABCD e si è descritto il processo di implementazione logica.

In termini più generali tale infrastruttura tecnica e tecnologica per la progettazione multidisciplinare permette di definire e dimostrare un metodo che abilita la comunità che opera nell'ambito dell'edilizia di rappresentare, in un formato appropriato, la conoscenza tecnica di cui dispone e di formalizzare vincoli e regole progettuali, affinché possa essere scambiata e gestita collaborativamente nelle applicazioni reali, adoperando gli strumenti con cui i progettisti hanno familiarità.

Nell'ultima parte del libro viene illustrata l'applicazione della piattaforma ABCD ad un processo progettuale esemplificativo, durante il quale vengono ripercorse le fasi di inizializzazione e di progettazione appena trattate.

Diffusione vietata salvo esclusivo uso concorsuale

Parte quinta
IMPLEMENTAZIONE PROTOTIPALE
DELLA PIATTAFORMA ABCD

Diffusione vietata salvo esclusivo uso concorsuale

Diffusione vietata salvo esclusivo uso concorsuale

5.1 Simulazione del work flow d'uso della piattaforma ABCD

Nelle pagine che seguono viene proposta la simulazione di un processo progettuale in cui vengono utilizzate le tecniche e gli strumenti della piattaforma ABCD illustrati nei capitoli precedenti e parzialmente implementati.

Le fasi in cui è stata suddivisa la simulazione, e che si alterneranno durante l'elaborazione del progetto, sono le stesse già illustrate nei capitoli dedicati alla gestione del processo di progettazione collaborativa.

I passaggi del processo ipotizzato sono associati alle operazioni che si presume gli Attori e/o il Sistema effettuino durante un processo progettuale supportato dalla piattaforma.

Al fine di mostrare il vantaggio di questo strumento, come ad esempio la sua capacità di promuovere una maggiore trasparenza, rapido feedback e la collaborazione tra attori, verrà ripercorso il progetto preliminare dell'ampliamento di un complesso ospedaliero in cui sono coinvolte diverse figure professionali.

Sebbene la normativa attuale richieda una diversificazione dei livelli progettuali in preliminare, definitivo ed esecutivo prevedendo attraverso questi passaggi una progressiva definizione dell'edificio da realizzare parallelamente al coinvolgimento nel processo di figure professionali in ogni fase più specifiche e diversificate, in realtà l'interessamento di tutte le competenze necessarie alla corretta elaborazione del progetto è indispensabile sin dalla sua genesi.

Difatti, soprattutto nel caso della realizzazione di opere complesse quali infrastrutture ospedaliere, aeroportuali, etc., l'integrazione fin dall'inizio del processo di progettazione di tutte le conoscenze distribuite tra i vari attori gioca un ruolo fondamentale al fine di evitare incoerenze e discrasie difficilmente affrontabili, come spesso accade, in uno stadio esecutivo troppo avanzato.

Queste considerazioni riducono quindi la differenziazione dei momenti progettuali ad una mera semplificazione del problema.

La simulazione proposta, che in questo caso è applicata alla sola progettazione preliminare, è ovviamente un'illustrazione molto riduttiva dell'applicabilità e dei vantaggi garantiti dall'utilizzo della piattaforma in un ambiente di lavoro collaborativo.

È opportuno sottolineare che la conoscenza progettuale formalizzabile ed implementabile all'interno della piattaforma non si limita a quella riconducibile esclusivamente alla definizione dell'oggetto architettonico - come nella presente simula-

zione - ma include tutta quella parte di sapere utile alla sua realizzazione, al suo utilizzo e alla sua corretta gestione e manutenzione.

Attualmente il prototipo della piattaforma ABCD è stato implementato solo parzialmente, potendo contare su un numero limitato ma sufficientemente rappresentativo di entità progettuali formalizzate mediante gli strumenti per l'editing di ontologie già illustrati. Inoltre, utilizzando la famiglia di regole inferenziali disponibili, è possibile già ora eseguire un ristretto numero di ragionamenti progettuali oltre ad effettuare operazioni di controllo e di verifica sia all'interno del sistema sia attraverso alcuni software esterni specialistici sviluppati negli ultimi anni da una crescente comunità internazionale.

Nei capitoli seguenti si illustrano le procedure che dovranno essere attivate dai diversi attori chiamati in causa sia nella fase di inizializzazione del processo che nelle fasi di progettazione; nella definizione dei compiti degli attori sono riportate alcune delle considerazioni e delle problematiche relative ai loro domini specialistici nonché le regole implementate a supporto di ciascun attore nelle fasi di sviluppo della soluzione progettuale, tanto nel proprio spazio di lavoro privato quanto in quello condiviso.

L'esempio riportato è una semplice, ma significativa dimostrazione del valore aggiunto che il sistema può apportare al processo progettuale, che è per sua natura ricorsivo e si estende a tutte le fasi di progettazione programmate.

5.2 La composizione del team

“I progetti sono delle descrizioni di cose che ancora non esistono. Possono essere archiviati nella nostra testa, su carta, in forma digitale. Il compito di registrare e modificare i progetti, leggerli, cercare al loro interno, filtrarli e formattarli, visualizzarli analizzarli ed interpretarli, dedurne le evoluzioni e tradurli in sequenze di operazioni per la costruzione sono tutte forme di processamento di informazioni.

Un progetto lo si può mantenere interamente fra le nostre orecchie, processarlo internamente ed eseguirlo direttamente con le nostre mani. Questo lavoro funziona per i castelli di sabbia e per i rifugi di neve, ma progetti più grandi e più complessi richiedono una divisione del lavoro tra i membri di un team di progettazione e costruzione. Questi team possono essere distribuiti su vaste aree geografiche e i processi di progettazione e costruzione si possono protrarre per mesi ed anni. Le tecnologie per l'informazione e la comunicazione forniscono modi di organizzare, sviluppare e conservare i progetti, mettendo in relazione nello spazio e nel tempo i membri di questi team, coordinare i loro sforzi ed automatizzare parecchi dei loro compiti” (Mitchell, 2001).

Ciascun attore rappresenta un archivio vivente di conoscenza del proprio campo disciplinare e di esperienza (diretta o di terzi) per la risoluzione di problemi; possiede convinzioni sui temi più o meno noti, interpretazioni dei problemi e metodi per definire gli obiettivi da raggiungere riguardo al proprio settore specialistico.

Nell'ambito dei progetti complessi l'organizzazione delle attività che permettono di sviluppare ed elaborare una soluzione fino alla realizzazione ed all'utilizzo dell'opera si inquadra all'interno di un processo in cui convergono esigenze, intenzioni e logiche di natura molto diversa: dalla capacità programmatica della Committenza, dalla spinta ideativa alla eterogeneità e ricchezza delle competenze tecniche dei progettisti, alle necessità di sostegno finanziario e governo economico dell'operazione.

Lo sviluppo degli apporti specialistici alla formulazione del progetto nel suo insieme porta necessariamente all'introduzione di scelte progettuali temporaneamente contraddittorie, vuoi all'interno delle soluzioni elaborate in ciascun ambito specialistico, vuoi, ancor più significativamente nell'intersezione tra le diverse soluzioni specialistiche.

Perchè gli attori coinvolti in uno specifico processo possano dar luogo ad un'unica soluzione, coerente al proprio interno e compatibile sia con gli obiettivi generali del progetto che specifici delle singole competenze specialistiche, è necessario che i singoli contributi vengano integrati.

La presenza di situazioni contraddittorie genera conflitti interni alla soluzione progettuale sia a livello macroscopico, sia a livello microscopico, che devono essere in-

dividui e risolti prima di procedere ad ulteriori affinamenti e approfondimenti, pena la crisi parziale o generale dell'intero progetto.

Nelle seguenti pagine vengono discusse alcune regole definite nel sistema e relative alle diverse figure professionali che andranno a costituire il team di progettazione per la simulazione proposta e le cui peculiarità sono già state introdotte nella Parte precedente.

Attore Committente

La figura del Cliente ovvero della Committenza rappresenta un particolare Attore che in realtà non procede direttamente alla istanziazione di entità del Prodotto e pertanto, apparentemente, non sembra partecipare attivamente al processo progettuale. È da questa figura, difatti, che nasce la necessità del Progetto.

Una buona pianificazione costruita a monte delle diverse pratiche burocratiche, progettuali, esecutive, di controllo e di verifica con il Committente, consente di individuare i punti di maggiore criticità e quindi di considerare eventuali correttivi per risolvere le situazioni anomale, senza compromettere il risultato finale.

A seconda delle dimensioni d'intervento il committente assume ruoli e compiti molto differenziati, potendo limitarsi alla formulazione di alcune direttive generali atte a vincolare le decisioni del progettista in ordine alle scelte tecniche, tipologiche ed economiche oppure potendo estendersi a fornire norme (standard tipologici, urbanistici, tecnici) per la progettazione o per l'esecuzione dell'opera (capitolati o specifiche tecniche).

La committenza, è l'artefice principale del raggiungimento degli obiettivi e gestisce tramite la figura del Project Manager il processo. Possiamo affermare che il committente ricopre il ruolo di elemento propulsore e validatore dei risultati: esprime la domanda e esercita il controllo alla fine e durante il processo, ha la forza e il potere di imporre in termini sostanziali la propria volontà nelle scelte strategiche che vengono maturate durante il processo.

Le attività principali di competenza del Cliente, modificabili in quantità secondo il modello operativo di processo edilizio adottato, sono:

- definire le sue esigenze o interpretare le esigenze dell'utenza in rapporto agli obiettivi da soddisfare con la soluzione progettuale;
- stabilire i requisiti: valori oggettivi attribuiti a diverse proprietà che mirano al soddisfacimento delle esigenze.

La simulazione illustrata mostra come il tipo di richieste che il committente formula al progettista non richiedano in genere, da parte di quest'ultimo, competenze specialistiche.

Nel caso del prototipo implementato, all'Attore Cliente sono state associate fun-

zioni fondamentali, seppur limitate, per la definizione ed il controllo del processo progettuale.

Definizione del Programma Edilizio

Come indicato nelle regole dell'Architetto, è il Cliente a esplicitare la lista delle entità che dovranno essere incluse nel progetto. Nel Programma Edilizio la committenza, che nel nostro caso potrebbe essere l'Azienda Sanitaria Locale o il Diret-

Area Funzionale	Unità di Degenza							Min-Max posti letto per modulo
Sub-Unità	Medicina							
N° Moduli	1							
N° posti letto	32							10 - 30 letti
Sub - area	Unità Spaziale	ID	n°	S min (mq)	S min tot (mq)	S max (mq)	S max tot (mq)	Min Richiesto
Spazi di accoglienza	Reception	RE_01	0	8	0	25	0	
	Accettazione	RE_02	0	8	0	25	0	
	Sala d'attesa	RE_03	2	25	50	25	30	1 unità
	Wc Visitatori	RE_04	3	4	12	6	18	
	Archivio	RE_05	0	15	0	18	0	
	TOT		5		72	12	48	
Spazi per pazienti interni	Stanza di degenza singola	IN_01	1	16	16	22	22	32 beds
	Stanza di degenza doppia	IN_02	17	22	340	22	374	
	Wc degenza	IN_03	18	4	72	6	108	8
	Soggiorno pazienti	IN_04	1	40	40	60	60	1 unità
	TOT		19		468		564	
Spazi di bagno e cura	Bagno assistito	PA_01	1	14	14	25	25	1 unità
	Medicina	PA_02	1	9	9	25	25	1 unità
	TOT		2		23		50	
Spazi per il personale	Locale Caposala	PE_01	1	9	9	20	20	1 unità
	Locale Infermieri	PE_02	1	15	15	25	25	1 unità
	Locale Inviato	PE_03	1	16	16	25	25	
	Locali sterilizzazioni familiari	PE_04	0	12	0	18	0	
	Spazio Sterilia medica	PE_05	1	12	12	18	18	
	Lavoro medici	PE_06	3	12	36	22	66	1 unità
	Sala relax	PE_07	0	18	0	30	18	
	Stazionamento infermieri	PE_08	1	15	15	20	20	
	Trauma	PE_09	1	8	8	18	18	1 unità
	Sala riunioni	PE_10	0	20	0	70	0	
	Wc personale	PE_11	2	4	8	6	12	1 unità
TOT		11		119		222		
Spazi per i servizi di supporto	Deposito biancheria pulita	SU_01	1	6	6	15	15	1 unità
	Vucatorio	SU_02	1	7	7	12	12	1 unità
	Deposito sporco	SU_03	1	6	6	10	10	1 unità
	Deposito attrezzature	SU_04	1	6	6	25	25	1 unità
	Sub-sterilizzazione	SU_05	0	12	0	18	0	
	Deposito pulizie	SU_06	0	6	0	10	0	
	Sosta saline	SU_07	1	10	10	15	15	
TOT		5		35		77		
Sub-Tot			60		707		961	
Connettivo	30% del Sub-Tot				212,1		288,3	
Tot					919,1		1249,3	
Max/posto letto					28,7		39,0	

Figura 50. Programma Edilizio di una degenza ospedaliera.

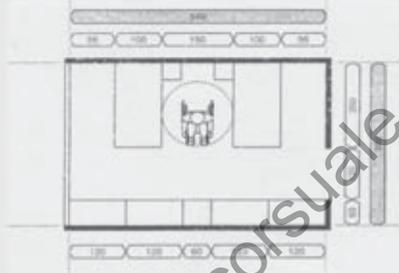
Unità Spaziale		Stanza di degenza doppia		ID: IN_02	
Requisiti Architettonici					
STANDARD SURFACE AREA : 18 - 22 mq			Min: 7 mq/posto letto		
<p>- Le dimensioni e la disposizione delle camere devono essere tali che non vi è un minimo di 0,90 m tra i lati e ai piedi del letto e ogni parete o altri ostacoli fissi.</p> <p>- Ogni paziente deve avere accesso ad un bagno di servizio senza dover inserire l'area generale corridoio. Una camera toilette deve servire non più di quattro posti letto e non più di due camere dei pazienti.</p> <p>- Superficie della camera (area e dimensioni) è determinata analizzando le esigenze del residente a muoversi per la stanza in una sedia a rotelle, ottenere l'accesso ad almeno un lato del suo letto, turn e ruota intorno al letto, per accedere alle una finestra e di servizi igienici in camera del residente, armadio guardaroba o ripostiglio.</p>					
Requisiti degli Utenti					
attività		utenti ammessi		accessibilità	
recovero sulle 24 ore		visitatori		filtrata	
ricevimento visitatori		personale		accessibile dalle aree pubbliche	
assistenza medica ed infermieristica		pazienti		accesso diretto dei visitatori	
				accesso diretto degli operatori	
				rifornimento diretto dall'esterno	
Requisiti Ambientali					
illuminazione		microclima		intorno sonoro	
illuminazione naturale		temperatura invernale > 20°C		alta protezione	
oscuramento totale		temperatura > 21°C		media protezione	
oscuramento parziale		temperatura estiva < 28°C		campo visivo	
illum. artificiale diffusa		ventilazione naturale		viata int./ext.	
illum. Artificiale concentrata		ventilazione meccanica		visata int./int.	
<p>- La superficie vetrata deve essere almeno pari ad un ottavo della superficie dell'unità spazio.</p> <p>- la finestra dovrebbe essere prevista in modo che ciascun paziente può vedere l'ambiente esterno. l' altezza del davanzale non deve essere superiore a 0,9 m dal pavimento.</p>					
Requisiti Impiantistici					
condutture		impianti elettrici		impianti meccanici	
cold/hot water pipes		electric lighting/common users		HVACR	
sanitary drain pipes		electric lighting/battery power		heating plant	
medical gases pipes					
sistemi di protezione		sistemi di comunicazione		sistemi di sicurezza	
fire detection system		telephone		anti-intruder devices	
gas detection system		ICT system		closed circuit video	
sprinkler system		closed circuit phone system		badge reader	
emergency light		TV			
fire alarm		sound system			
Requisiti per Attrezzature Mediche e Forniture					
essenziali	Qty.	supplementare	Qty.	medicale	Qty.
armadio	2	tavolo	1	testaletto medicale	2
comodino	2	sedia con braccioli	1	letto degenza	2
sedia	2	appendiabiti	1		
		tv	1		
		lavandino	1		

Figura 51. Scheda dei requisiti di una camera di degenza doppia.

tora Sanitario della struttura, esplicherà infatti la lista delle unità spaziali con le relative superfici di riferimento che dovranno necessariamente essere rispettate.

Requisiti più specifici possono essere definiti per ciascuna unità spaziale presente nel programma edilizio.

Ad esempio nel caso della tipologia ospedaliera sono stati presi in considerazione e formalizzati all'interno dell'ontologia tutti i requisiti che tali strutture devono soddisfare per poter ottenere l'accreditamento istituzionale. Si è tenuto conto delle esigenze specifiche di tipo strutturale, tecnologico ed organizzativo per ciascuna unità spaziale; che prevedono oltre all'adeguatezza dei servizi che possono essere acquisiti, anche la corretta gestione dei percorsi critici individuati per ciascuna utenza, l'accessibilità e la corretta distribuzione funzionale.

Controllo del Budget Totale

Nel prototipo si è inoltre affidata all'Attore Cliente la funzione di controllo dei costi dell'opera progettata dagli attori progettisti.

Sulla base dei molteplici budget specialistici redatti dai singoli attori ciascuno per propria competenza, l'Attore Cliente è quindi chiamato a verificare che il costo totale dell'opera non superi il budget prefissato per la stessa.

Sulla base di una matrice analoga a quella illustrata nella tabella, l'Attore Cliente può quindi individuare gli elementi di budget non rispondenti a quanto preventivato, oltre all'incidenza percentuale dei diversi tipi di opere rispetto all'importo totale dell'intervento. In questo modo può essere segnalato agli Attori interessati l'eventuale sfioramento del budget e invitare quindi ciascuno a proporre soluzioni progettuali distinte che consentano il rispetto del limite fissato.

Attore Architetto

Nella piattaforma ABCD si è tenuto conto dell'Attore Architetto procedendo alla definizione di alcune regole specifiche del dominio specialistico capaci di supportare il progettista nell'elaborazione di una soluzione conforme alle specifiche richieste dal Cliente nonché a vincoli normativi legati alla spazialità e alla salubrità dei locali.

Come indicato, il Prototipo si riferisce alle fasi preliminari del processo progettuale: fasi nelle quali la definizione morfologica dell'edificio non è ancora definita, ma in cui tuttavia è di fondamentale importanza la verifica sia della rispondenza al Programma Edilizio fornito dal Cliente sia delle regole e dei vincoli legati alla conformazione dell'edificio e alla sua estensione geometrica.

QUADRO ECONOMICO									
Aree dotazione tecnologica bassa	Superfici (mq)	Opere edili		Opere strutturali		Opere impiantistiche		totale	
		lordi	euro/mq	45%	euro/mq	23%	euro/mq	32%	euro/mq
		500		250		350		1100	
Onoranze funebri									
Guardaroba									
Depositi									
Farmacia									
Centrali tecnologiche									
Parcheggi interrati									
Connettivo generale									
Servizi didattici									
totale									
Aree dotazione tecnologica media	Superfici (mq)	Opere edili		Opere strutturali		Opere impiantistiche		totale	
		lordi	euro/mq	39%	euro/mq	16%	euro/mq	46%	euro/mq
		620		250		730		1600	
Centro prelievi									
Medicina									
Chirurgia									
Riabilitazione									
Lungodegenza									
Endoscopia									
Day hospital									
Day surgery									
Poliambulatorio									
Dialisi									
Servizi interdepartimentali									
Servizi amministrativi									
Cucina									
Servizi di accoglienza									
Area convegni									
Unità epidemiologica									
Stabulario									
totale									
Aree dotazione tecnologica alta	Superfici (mq)	Opere edili		Opere strutturali		Opere impiantistiche		totale	
		lordi	euro/mq	33%	euro/mq	12%	euro/mq	55%	euro/mq
		700		250		1150		2100	
Terapia intensiva									
U.T.I.C.									
Emodinamica									
Operatorio									
Laboratori									
Trasfusionale									
Diagnosi per immagini									
Pronto soccorso									
Medicina nucleare									
Anatomia patologica									
Sterilizzazione									
totale									
TOT generale									

Figura 52. Tabella per la stima preliminare dei costi di costruzione per un ospedale.

Verifica della compatibilità tra le Entità Progettate e il Programma Edilizio

Una delle regole fondamentali che è stata implementata per il Dominio Specialistico dell'Architetto consiste nella verifica della rispondenza delle Entità istanziate nella soluzione progettuale proposta dall'Attore Architetto con il Programma Edilizio fornito dall'Attore Cliente.

In particolare, il Programma Edilizio contiene la lista di tutte le Unità Ambientali che dovranno essere contenute nella soluzione finale; queste, a loro volta, possono essere strutturate in insiemi complessi dette Unità Edilizie che, nel loro complesso, costituiscono l'organismo edilizio.

La prima e fondamentale verifica progettuale consiste pertanto nel semplice confronto tra le entità richieste dal committente e quelle effettivamente presenti nella soluzione progettuale sviluppata. Qualora il sistema riscontri lacune, entità non presenti, entità multiple ove non richiesto o intere unità edilizie assenti, riporterà un *Warning* all'attore Architetto (ed anche all'Attore Cliente) informandolo su quanto ancora da rivedere, modificare o correggere.

Evidentemente, tale verifica può essere fatta nelle diverse fasi del processo progettuale, ancorchè preliminare, evidenziando ogni volta lo stato di avanzamento del progetto e la risoluzione o meno di precedenti conflitti riscontrati. La verifica rispetto al Programma Edilizio è inoltre condotta secondo un altro criterio: nel Programma Edilizio sono riportate, oltre alla lista delle Unità Ambientali, anche le superfici minime, massime o desiderate, per ciascuno spazio (o insieme di).

Il sistema consente, nelle diverse fasi di progettazione, di verificare la congruenza di quanto proposto con i vincoli dimensionali imposti dal Cliente con il programma Edilizio.

Così come per gli altri parametri, la regola inferenziale restituisce un avviso agli Attori interessati che sono quindi chiamati ad intervenire per tempo secondo le proprie competenze.

L'effetto della Regola sopra indicata può quindi tradursi in una modifica da parte dell'Attore Architetto della soluzione proposta, ma, in alcuni casi, qualora il Cliente dovesse ritenere di voler salvaguardare la soluzione architettonica sino ad allora sviluppata, potrebbe tradursi in una modifica del Programma Edilizio ed in una conseguente ulteriore verifica della medesima Regola.

Verifica della Topologia degli ambienti

Con particolare riferimento al caso di studio preso in considerazione (degenza ospedaliera), si è ritenuto opportuno formalizzare una regola che verificasse una condizione topologica necessaria per la correttezza delle comunicazioni all'interno di una camera di degenza ospedaliera.

In particolare, la normativa italiana prevede che ciascun bagno di degenza comunichi solo e soltanto con la camera di degenza cui esso fa riferimento.

Sfruttando opportune *object properties* nel linguaggio OWL impiegato e definendo quindi la regola in linguaggio formale, è possibile per l'Attore Architetto verificare che in ogni sua proposta progettuale tale condizione risulti verificata.

Qualora, a seguito di proprie modifiche o di modifiche spaziali derivanti da proposte di altri Attori coinvolti nel processo di progettazione collaborativa, un bagno di degenza dovesse comunicare, ad esempio, con un corridoio e non direttamente con la stanza di degenza, il sistema provvede a segnalarlo allo Specialista che potrà quindi correggere l'anomalia riscontrata.

Verifica delle Condizioni igieniche degli ambienti

Un'altra delle regole implementate riguarda la verifica normativa relativa all'agibilità degli ambienti destinati all'occupazione continua di persone.

La normativa italiana prevede a tal proposito, che gli ambienti continuamente occupati da personale, degenti, visitatori o altri, abbiano una superficie vetrata destinata all'illuminazione e all'areazione naturale del locale stesso almeno pari ad 1/8 della superficie in pianta dell'ambiente.

Tale regola è stata formalizzata mediante l'applicazione di una semplice formula matematica ai valori associati alla superficie del locale e della finestra ad esso associata da regole di *assembly*.

In particolare la regola verifica prima che la finestra *i*-esima sia direttamente e logicamente connessa all'ambiente *j*-esimo; successivamente controlla che la stessa finestra non sia associata a nessun altro ambiente e quindi confronta le superfici delle due entità considerata.

Qualora il vincolo cogente non fosse verificato, il sistema provvede a segnalare l'incongruenza all'Attore Specialista che avrà quindi l'onere di intervenire sull'una o l'altra entità per far sì che la verifica risulti soddisfatta.

Verifica del Budget

Tanto per l'architetto quanto per tutti gli altri Attori Specialisti (a meno del Cliente), è stata implementata una semplice regola di verifica del budget specialistico a disposizione.

A ciascuna delle entità del *Macro Realm* del Prodotto e in particolare della Classe dei Componenti, è associata una *Data Property* che ne rappresenta il "Costo". Il sistema, all'interno di ciascun dominio specialistico, verifica il "creatore" dell'*instance* e somma quindi tutti i costi delle entità "create" (istanziate); la somma ottenuta viene quindi confrontata con il valore di una proprietà "Budget specialistico" fissata dal Cliente che, in fase di programmazione dovrà stabilire tali parametri.

Qualora il budget specialistico fosse stato superato, il sistema procede con l'attivazione di *warning* per l'attore interessato, nonché per il Cliente, informando entrambi dell'evento.

È possibile inoltre fissare dei *range* di accettabilità dell'esubero e/o fissare *war-*

ning di vario genere e importanza relativamente all'entità del mancato rispetto del vincolo.

Si riporta di seguito un esempio di significato, proprietà e regole associate alla stanza di degenza doppia in cui la relazione tra le classi appartenenti al Dominio degli Spazi è di tipo "Is-A".

Double_Bedroom [Class]

Double Bedroom [Meaning]: Nursing space for n° 2 inpatients

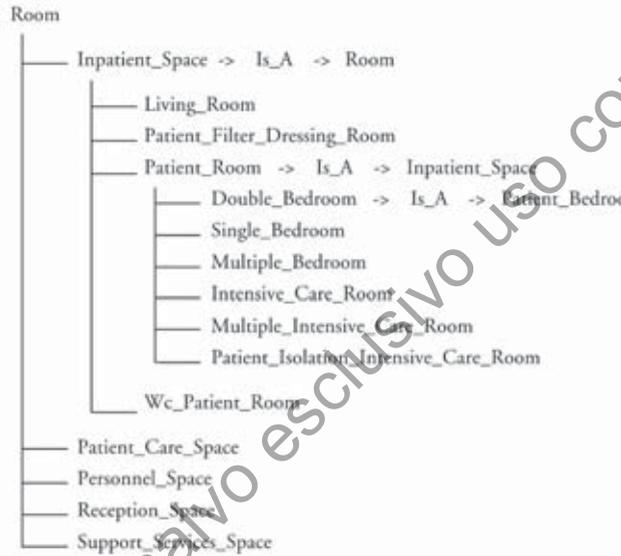


Figura 53. Relazioni tra Classi e Sottoclassidi tipo IS-A .

Double Bedroom [Properties]:

<i>bounded_by_wall</i>	(multiple Partition or External_Wall)	(minCardinality3)
<i>bounded_by_window</i>	(multiple Window)	(minCardinality1)
<i>covered_by_ceiling</i>	(multiple Ceiling)	(minCardinality1)
<i>has_height</i>	(single float)	(cardinality1)
<i>has_lenght</i>	(single float)	(cardinality1)
<i>has_width</i>	(single float)	(cardinality1)
<i>is_grounded_on_floor</i>	(multiple Floor)	(minCardinality1)
<i>area</i>	(single float)	
<i>has_Hospital_Bed</i>		(minCardinality2)
<i>has_Closet</i>		(minCardinality2)
<i>has_Chair</i>		(minCardinality2)
<i>has_Headwall</i>		(minCardinality2)

Figura 54. Proprietà e relative restrizioni della Classe "Double Bedroom" .

Double Bedroom [Rules]:

Una delle regole associate alla camera di degenza doppia stabilisce che ogni Spazio, *Instance* di "Patient_Room", con due pazienti interni e più di due *instance* della classe "Hospital_Bed", IS-A (è una) Double_Bedroom.

Questa regola implica che le *Instance* di Patient_Room che sono anche Double_Bedroom ereditano significati, proprietà e regole della Classe Double_Bedroom:

```

Rule (Rule-1):
    Patient_Room
    Number_of_Inpatients(?x,2)                -> Double_Bedroom(?x)
    Number_of_Hospital_Bed(?x, ?z) WHERE swrlb:greaterThan(?z, 2)

Rule (Rule-1):
IF
    "x" IS A Patient Room
    AND "x" HAS VALUE "2" FOR number of Inpatients
    AND "X" HAS VALUE "z" FOR number of Hospital_Bed WHERE "z" IS GREATER THAN 2
THEN
    "x" IS A Double_Bedroom
    
```

Figura 55. Esempio di regola associata alla Classe "Double Bedroom".

Attore Strutturista

La progettazione strutturale fa parte di quel sapere tecnico che è stato generalmente definito come "Conoscenza Specialistica". Questo settore della progettazione, come del resto i settori a lui complementari, può essere elaborato secondo diversi livelli di approfondimento sequenziali; possono quindi essere definiti i seguenti livelli di definizione: progettazione strutturale preliminare, definitiva, ed infine esecutiva.

La fase di progettazione preliminare è caratterizzata da un veloce scambio di informazioni e di una conseguente produzione di diverse soluzioni progettuali. Man mano che il processo avanza, tra tutte queste soluzioni vengono scartate quelle che presentano delle failures fino alla scelta di un unico percorso su cui procedere con un progressivo affinamento.

Risulta quindi necessario possedere un bagaglio di conoscenze e strumenti che permettano al progettista di elaborare velocemente soluzioni progettuali plausibili e/o di verificare situazioni proposte dagli altri attori.

Tali strumenti, frutto della personale esperienza progettuale e lavorativa dell'ingegnere strutturale, sono rappresentate da un insieme di criteri di primo dimensionamento del sistema strutturale dell'organismo edilizio in questione.

Tali criteri di primo dimensionamento, possono essere concepiti come vere e proprie regole fornite dall'ingegnere strutturale, da inserire come strumenti di verifica nel suo Spazio di Lavoro Privato.

Tutte le proprietà, riportate nelle regole illustrate ed afferenti ai vari elementi strutturali, apparterranno esclusivamente alla Conoscenza Specialistica dell'Ingegnere Strutturale ed andranno quindi caratterizzare le Entità prese in considerazione dallo stesso.

Nel nostro caso specifico è necessario definire e quindi limitare, gli elementi strutturali considerati, al fine di poter fornire le suddette regole. All'interno del prototipo sono stati presi in considerazione i seguenti elementi appartenenti alla classe *Structural_Component*:

- solaio (Structural_Floor – Slab);
- trave in calcestruzzo armato (Concrete_Rectangular_Beam);
- pilastro in calcestruzzo armato (Column - Concrete_Rectangular).

In seguito verranno fornite delle semplici regole di predimensionamento per ognuna delle suddette tipologie di elemento strutturale, basate essenzialmente su considerazioni geometriche e formalizzate all'interno dell'ontologia.

Elemento Solaio

Durante la fase di progettazione preliminare, come già accennato risulta fondamentale la definizione dimensionale e di ingombro degli elementi strutturali; per ciò che riguarda il solaio potrebbe risultare importante definirne lo spessore, in modo tale da poter in seguito studiare una sezione globale dell'edificio.

È quindi possibile fornire il seguente criterio: un solaio deve avere uno spessore $s_{\text{solaio}} \geq L/25$, ove L rappresenta la luce coperta dal solaio. Chiaramente lo spessore in questione è inteso strutturale, ossia l'altezza totale della pignatta e della caldana sovrastante nel caso di solaio latero-cementizio, oppure l'altezza della soletta in calcestruzzo armato nel caso di soletta piena. Sono quindi esclusi gli spessori del pacchetto di sovrastruttura, comprensivo di massetto, isolamento termico, strato di impermeabilizzazione, controsoffitto od intonaco, pavimentazione o rivestimenti di vario genere.

Tale regola di dimensionamento minimo dello spessore del solaio, è in verità contemplata dalla normativa stessa, ed a differenza della maggior parte delle regole successive, rappresenta un limite inferiore imprescindibile.

Nel caso di solai di piccole luci la regola succitata potrebbe portare a spessori abbastanza ridotti: basti pensare che con una luce di 3,00 m, si potrebbe avere uno spessore minimo di 15 cm. Come risaputo le pignatte hanno un'altezza rappresentata sempre da un numero pari, quindi in questo caso il solaio sarebbe realizzato da una pignatta di 10 cm con una caldana di 5 cm.

In questi casi, nonostante tutte le verifiche agli S.L.U. possano risultare soddi-

sfatte, sta alla sensibilità del progettista utilizzare spessori sovrabbondanti, anche eventualmente per evitare problemi con le verifiche agli S.L.E.

Si può quindi considerare un ulteriore limite inferiore che fissi lo spessore $s_{\text{soiaio}} \geq 20$ cm, proprio in considerazione della suddetta questione.

Elemento Trave

Il predimensionamento delle travi, risulta anch'esso fondamentale durante la progettazione preliminare; in particolare l'altezza delle travi, può comportare diversi tipi di problematiche progettuali da risolvere, quali l'interazione con i sistemi impiantistici, l'interazione con eventuali finestrate a tutt'altezza, per non parlare della semplice presenza di una trave "calata" in un ambiente unico al di fuori dell'ingombri dei tramezzi.

In generale la trave dovrà avere un'altezza maggiore o uguale dello spessore del solaio; nel caso questi due si equivalgano, la trave sarà detta "a spessore"; questa soluzione progettuale, presenta numerosi vantaggi da vari punti di vista: architettonicamente permette di avere un piano di intradosso continuo, con un piacevole effetto estetico. Nonostante i suddetti vantaggi la normativa vigente vincola fortemente l'utilizzo di tali "travi a spessore", a causa di una loro limitata efficienza strutturale, in particolare ai fini del comportamento duttile della sezione: Quindi possiamo definire: $H_{\text{trave}} \geq s_{\text{solaio}}$.

Similmente al solaio, l'altezza di una trave in calcestruzzo armato potrà essere dimensionata secondo il seguente criterio: $H_{\text{trave}} \geq L_{\text{trave}}/10$; diversamente dal solaio, nel caso della trave tale limite non è dettato dalla normativa, ma è semplicemente suggerito dall'esperienza in rapporto alle condizioni che più frequentemente si presentano negli edifici civili.

Il predimensionamento della larghezza della trave può essere collegato all'altezza della stessa in base alla seguente regola: $B_{\text{trave}} \geq H_{\text{trave}}/2$. Comunque la larghezza non potrà essere minore di $25 + 30$ cm per permettere di alloggiare le barre di armatura, con gli interspazi prescritti dalla normativa.

Elemento Pilastro

A differenza dell'elemento solaio e dell'elemento trave, per il dimensionamento dei pilastri non è possibile utilizzare delle regole immediate: sarà sempre necessario passare attraverso un'analisi dei carichi agenti.

Il predimensionamento dei pilastri facenti parte di un telaio risulta più complesso rispetto alle travi, in quanto i pilastri sono normalmente sollecitati sia da sforzo normale che da momento flettente, mentre le travi sono invece prevalentemente soggette a momento flettente.

Lo sforzo normale sul pilastro è valutabile in modo attendibile svolgendo l'analisi dei carichi afferenti. I momenti flettenti risultano invece più difficilmente valu-

tabili, in quanto possono dipendere sia dalla posizione del pilastro nel telaio, che dal tipo di azione presente (carichi verticali o azioni orizzontali da vento o sisma).

È chiaro come il criterio ora fornito sia largamente approssimato e possa essere considerato valido per una scelta preliminare delle dimensioni dei pilastri, allo scopo di eseguire un primo calcolo delle sollecitazioni flessionali con metodi, a loro volta approssimati, che esulano dall'obiettivo del presente lavoro. Solamente dopo aver eseguito un primo ciclo di calcolo delle sollecitazioni flessionali, si potrà verificare il dimensionamento in maniera più attendibile.

Attore Ingegnere Energetico

Così come illustrato per i precedenti Attori Specialisti, anche in questo caso si tratta di un Dominio Specialistico e pertanto la Conoscenza associata rappresenta un ambito settoriale che presenta tuttavia inevitabili punti di contatto, sovrapposizione e/o contrasto con alcuni o con tutti gli altri ambiti disciplinari coinvolti nello specifico processo progettuale.

Anche in questo caso alle diverse "fasi" del processo progettuale (Preliminare, Definitivo, Esecutivo) corrispondono altrettanti livelli di approfondimento, dettaglio e specificazione delle esigenze, dei requisiti e delle prestazioni richieste tanto al Sistema Ambientale quanto a quello Funzionale costituenti l'organismo edilizio oggetto della Progettazione.

Il prototipo sviluppato è orientato fondamentalmente alla Fase Preliminare, tuttavia è possibile incrementare i livelli di approfondimento e definizione della struttura di Conoscenza sfruttando le potenzialità del sistema scelto, ampiamente scalabile e incrementabile con pacchetti sviluppati in seguito.

Con riferimento alla Fase Preliminare sono state pertanto concepite e formalizzate delle regole progettuali di supporto agli attori che si occupano dell'aspetto Energetico della soluzione proposta: tali regole mirano al raggiungimento di obiettivi di diverso genere:

- Confronto prestazionale di componenti edilizi con limiti imposti dalla normativa vigente (con riferimento alla normativa nazionale italiana);
- Applicazione di parametri dimensionali agli impianti previsti sulla base di valori desunti dall'esperienza di specialisti del settore e dipendenti dal Contesto applicativo, dalla tipologia dei locali progettati;
- Verifiche di interferenza con Dominî disciplinari distinti.

Verifica della Trasmittanza Limite

La Trasmittanza di un componente rappresenta l'attitudine dello stesso a consentire la trasmissione del calore tra le sue facce esposte a temperatura diversa; nel

dettaglio, la trasmittanza misura la quantità di calore che nell'unità di tempo attraversa un elemento della superficie di 1 m² in presenza di una differenza di temperatura di 1 K tra l'interno e l'esterno.

La stessa è una proprietà fisica di ogni materiale, omogeneo, non omogeneo nonché di sistemi "multi-strato" di elementi costruttivi costituiti da "strati" di materiali diversi.

La regola di seguito descritta rappresenta un esempio tipico di vincolo cogente la cui verifica dovrà essere garantita alle diverse Fasi del Processo Progettuale. Evidentemente, tale verifica non sempre è richiesta dall'attuale normativa vigente (in particolare la verifica è attualmente obbligatoria nei soli casi di interventi di Manutenzione Straordinaria o Ristrutturazione dell'involucro edilizio e pertanto del sistema Edificio-Impianto), tuttavia l'orientamento dell'edilizia in genere verso sistemi a basso consumo energetico suggerisce l'impiego di involucri altamente prestazionali che limitino le dispersioni verso l'esterno di energia nei periodi invernali e ne impediscano l'ingresso nei periodi estivi.

Il bilancio energetico di un edificio è infatti strettamente legato ai valori di Trasmissione del calore tra ambiente interno occupato ed esterno e pertanto limitare tali contributi ha immediati benefici sul contenimento dei consumi energetici legati al raggiungimento dei livelli di comfort ambientale all'interno dei locali oggetto della progettazione.

Nella formula riportata di seguito si considera la trasmissione di calore da un aeriforme (esterno) ad un altro aeriforme (interno) separati da una lastra piana del materiale in esame, e si determina pertanto la quantità di calore che si trasferisce dall'uno all'altro aeriforme per irraggiamento, convezione e conducibilità termica interna.

$$G = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{s}{k}}$$

Dove:

h_i e h_e [W/m² K] sono i coefficienti di adduzione interna ed esterna;

s [m] lo spessore del materiale;

k [W/m K] la conducibilità termica interna del materiale.

Più il valore è basso, maggiore è l'isolamento della struttura in esame. Tanto maggiore è l'isolamento termico, cioè tanto minore è la conducibilità termica e la trasmittanza, tanto maggiore è l'inerzia termica di una struttura, a parità di massa della stessa.

Ovviamente tale formula è utilizzabile per componenti costituiti da un unico materiale, omogeneo, caso piuttosto specifico nel campo delle costruzioni.

Tuttavia, si ritiene che nella Fase Preliminare della progettazione sia possibile associare a ciascuno dei componenti edilizi di involucro una proprietà "Compo-

ment_Trasmittance” che associ ad un valore medio di conducibilità termica dello stesso un valore di trasmittanza. Sarà quindi nelle successive fasi di progettazione che i molteplici layer costituenti i singoli componenti edilizi andranno ad essere esplicitati e quindi verificati singolarmente e nel loro complesso.

La regola implementata rappresenta pertanto un confronto tra il valore del campo “*Component_Trasmittance*” dei singoli componenti edilizi con i limiti superiori imposti dalla vigente normativa.

Pur nella sua semplicità la Regola sopra esposta consente di illustrare la complessità dei fattori che entrano in gioco per tale tipologia di analisi specialistiche.

In prima istanza il sistema interrogherà le variabili legate al Macro Realm del Contesto al fine di determinare la cosiddetta “Zona termica” definita dalla normativa; tale caratteristica, è quindi tradotta nella Struttura di Conoscenza in una Data Property associata alle *instance* del Contesto.

Successivamente il sistema verifica la tipologia (SuperClasse) del componente edilizio di cui si vuole verificare la conformità ai limiti cogenti; è quindi implementata una logica proposizionale tale che per ciascuna delle tipologie di elemento progettato, prendiamo in considerazione i valori limite ad esso riferiti nella normativa vigente:

- Elementi verticali opachi;
- Elementi orizzontali opachi;
- Elementi di chiusura trasparenti;
- Partizioni interne.

Infine il sistema prevede il calcolo della trasmittanza specifica del componente considerato e il successivo confronto con il valore limite previsto dalla normativa.

In caso di esito negativo della verifica le variabili precedentemente illustrate (modified e constraint_comment) consentiranno l'immediata individuazione degli elementi che violano la regola verificata, specificando inoltre con un messaggio testuale la natura della violazione.

Tale tipologia di regola può essere verificata internamente alla piattaforma, interrogando e applicando algoritmi sui valori desunti dalle proprietà delle entità coinvolte; in alternativa, così come per gli altri domini specialistici è possibile immaginare un sistema di filtro dalla piattaforma verso software specialistici esportando i valori necessari a riempire i campi richiesti dal software destinatario per operare le necessarie verifiche sulle molteplici strutture di involucro costituenti l'edificio in oggetto.

Regola: Calcolo Aria Primaria Locale e Globale

Una regola di tutt'altra natura rispetto alla precedente consiste nella determinazione analitica dell'aria primaria minima necessaria a ciascun ambiente progettato e, in seguito a quella totale prevista per l'intero edificio considerato.

Tale regola, di tipo progettuale e finalizzata al supporto del progettista per la determinazione, in prima approssimazione, delle apparecchiature che dovranno essere previste per il soddisfacimento dei requisiti di salubrità dei locali progettati, si fonda anch'essa su una analisi di proprietà e concetti determinati in un altro Dominio Specialistico.

Ipotizzando infatti che la definizione della destinazione d'uso dei locali oggetto della soluzione progettuale avvenga da parte dell'Architetto, il sistema procede con l'analisi delle diverse destinazioni d'uso associate ai singoli ambienti.

A valle di tale procedimento la Piattaforma consente quindi di confrontare tali destinazioni con quelle previste dalla normativa vigente e in particolare con quelle per le quali è prevista una ventilazione meccanica per il raggiungimento della necessaria portata di aria di rinnovo.

La normativa UNI prevede infatti per ciascuna "macro" destinazione d'uso (o assimilabili) valori di ricambio orario o portata di rinnovo per persona da garantire all'interno dei singoli locali.

Nella Struttura di Conoscenza sono state quindi previste due distinte proprietà "Design_Fresh_Air_Flow" e "Min_Fresh_Air_Flow".

Nel primo caso il valore è determinato dal progettista (prima o dopo il calcolo del valore minimo) mentre il secondo valore sarà calcolato automaticamente dal sistema e inserito a valle di una verifica della destinazione d'uso associata al locale.

Infine una ulteriore regola di comparazione confronterà i due valori segnalando eventuali violazioni mediante Warning e indicazione della specifica regola non rispettata.

In aggiunta a tale regola, ma pur sempre legata ai ratei di aria primaria da garantire nei singoli locali, è possibile inoltre immaginare algoritmi interni (o esterni) alla piattaforma in grado di determinare il numero effettivo di lavaggi necessari al locale in funzione del numero di occupanti stimato ed effettivo.

5.3 La fase di inizializzazione

Tra i tre livelli di definizione del progetto, la fase preliminare è quella che prevede una maggiore interazione tra i diversi attori del processo progettuale. Man mano che la progettazione aumenta di definizione, i rapporti e le interazioni tra i protagonisti tendono a diminuire, poiché aumenta l'impegno lavorativo di ognuno di loro.

Nonostante possa inizialmente sembrare, che la progettazione definitiva e quella esecutiva rivestano un ruolo più importante rispetto alla prima, sia per la loro durata, che per l'impegno richiesto, tuttavia l'impostazione della fase preliminare è fondamentale per l'ottenimento del target prefissato e per una ottimizzazione del processo progettuale, produttivo e realizzativo dell'organismo edilizio. Proprio perché nella fase preliminare le distanze tra i protagonisti sono molto ravvicinate, ogni piccola variazione in questa fase iniziale, comporta delle sensibili conseguenze a lungo termine.

Per ragioni di semplicità, nel processo proposto, sia è scelto di limitare gli Attori coinvolti ad un Cliente, un Project Manager, un Architetto, un Ing. Strutturista e un Ing. Energetico. È opportuno sottolineare che questa simulazione di flusso di lavoro non impedisce un approccio più generale e complesso in cui ogni ruolo professionale può essere a sua volta composto da diverse squadre di professionisti e così via.

Prima di scendere nel dettaglio, ripercorrendone i singoli passaggi, riassumiamo le attività che caratterizzano la fase di Inizializzazione, già illustrate nel capitolo relativo alla gestione operativa della fase di inizializzazione.

Ipotizzando di dover affrontare una fase di progettazione preliminare il Cliente ed il suo Project Manager definiscono, durante il primo avvio del sistema, le condizioni al contorno per la progettazione dell'edificio selezionando, inoltre, i ruoli professionali ovvero gli Attori ivi coinvolti.

Sempre all'interno della fase di inizializzazione, successivamente alla definizione dell'ambito progettuale, ogni attore conferma il suo ruolo tra quelli definiti dal Cliente dopodiché seleziona tutte le entità -compresi significati specifici, proprietà e regole ad esse associati- a cui è interessato, costruendo, così, la propria Struttura di Conoscenza Specialistica - *SpKS* - specifica per quel progetto.

L'Inizializzazione si conclude con la creazione, da parte del Sistema, di una Matrice di Corrispondenza che individua e registra tutte le entità in comune tra le strutture specialistiche di conoscenza definite dagli attori coinvolti.

La Matrice di Corrispondenza è il cuore del meccanismo di filtro per "l'interfacciamento" dei concetti appartenenti ai diversi specialisti.

Terminata questa prima fase, la piattaforma mostra a tutti gli attori, i 'requisiti' dell'edificio ovvero la Rete della Conoscenza Generale del progetto.

Vengono di seguito illustrate le Azioni compiute dagli Attori e dal Sistema durante la Fase d'Inizializzazione:



Definizione della Rete di Conoscenza Generale del progetto: il Project Manager effettua il Log-in ed avvia l'inizializzazione del sistema.

La simulazione inizia con il Project Manager (o Sistem Manager) che dal proprio profilo avvia il processo di progettazione iniziando il sistema dichiarando le prime condizioni necessarie alla definizione della Rete di Conoscenza Generale del progetto all'interno della Piattaforma ABCD.

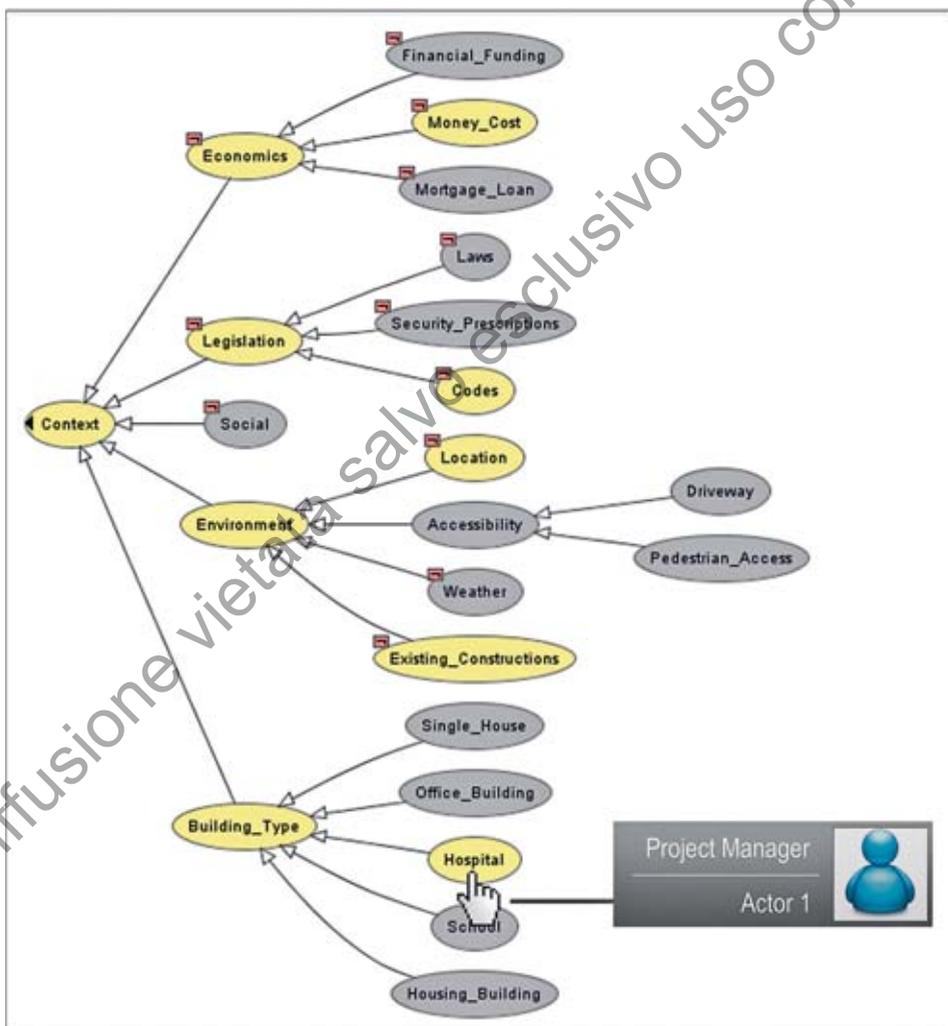


Figura 56. Il Project Manager seleziona la tipologia di edificio da progettare.

La prima Rete di Conoscenza ad essere attivata è quella che riguarda il Dominio del Contesto. Aspetti normativi, economici, fisico-ambientali, ed altri ancora, sono tutti aspetti della realtà che rientrano nella rappresentazione di un contesto progettuale e che possono essere definiti all'interno di questa struttura ontologica.

A questo punto l'Attore che gestisce il processo individua, tra quelli predefiniti dal sistema, l'edificio che si vuole progettare.

Selezionata la classe delle tipologie edilizie, sceglie al suo interno la sottoclasse "Ospedale".

In questo modo il Sistema procede alla scrematura di tutte le entità, proprietà e regole associate a quel tipo di edificio. Successivamente, accedendo alle diverse Classi presenti nel Dominio del Contesto, Il Project Manager include, nella Rete di Conoscenza Generale, altre Entità d'interesse per questa fase progettuale, come ad esempio:

- Codici legislativi;
- Costo di costruzione;
- Presenza di costruzioni esistenti;
- Collocazione dell'edificio;
- Parametri ambientali.

Con un procedimento analogo a quello illustrato per la definizione del Contesto, il Project Manager accede al Dominio degli Attori e qui seleziona le figure professionali coinvolte nella definizione del progetto preliminare.

Per questa simulazione è stato ipotizzato un processo che vede coinvolti cinque diversi Attori:

- Project Manager;
- Architetto;
- Ingegnere strutturista;
- Ingegnere energetico;
- Cliente.

Il Project Manager durante l'Inizializzazione del sistema, accedendo ai rispettivi *networks* di conoscenza, seleziona le Entità-Concetti a cui è interessato insieme con alle Proprietà e le Regole.

Nell'esempio, relativamente alle scelte da effettuare in merito alla sfera del Processo, tra le opzioni disponibili viene selezionata la fase Preliminare che è una sotto-entità della classe "Progettazione".

Il Cliente, che nel nostro esempio potrebbe corrispondere al Direttore Sanitario dell'ospedale, carica nella Struttura di Conoscenza Comune i vincoli ed i requisiti del progetto contenuti nel programma Edilizio, formalizzandoli in questo modo all'interno dell'Ontologia Condivisa.

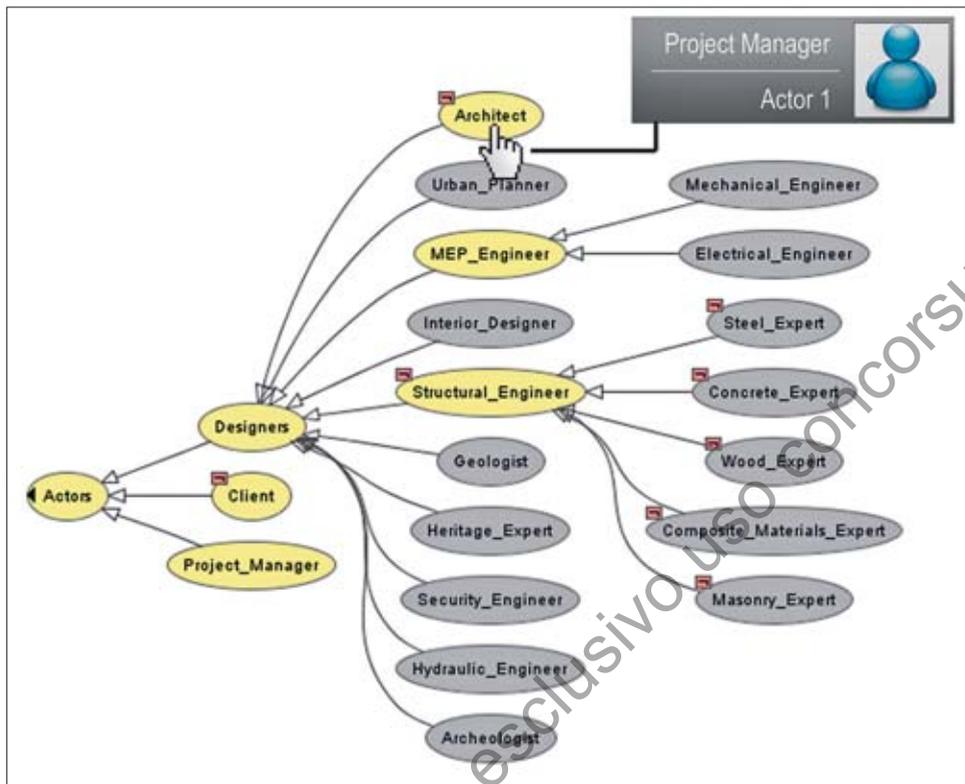


Figura 57. Il Project Manager seleziona i profili professionali coinvolti.

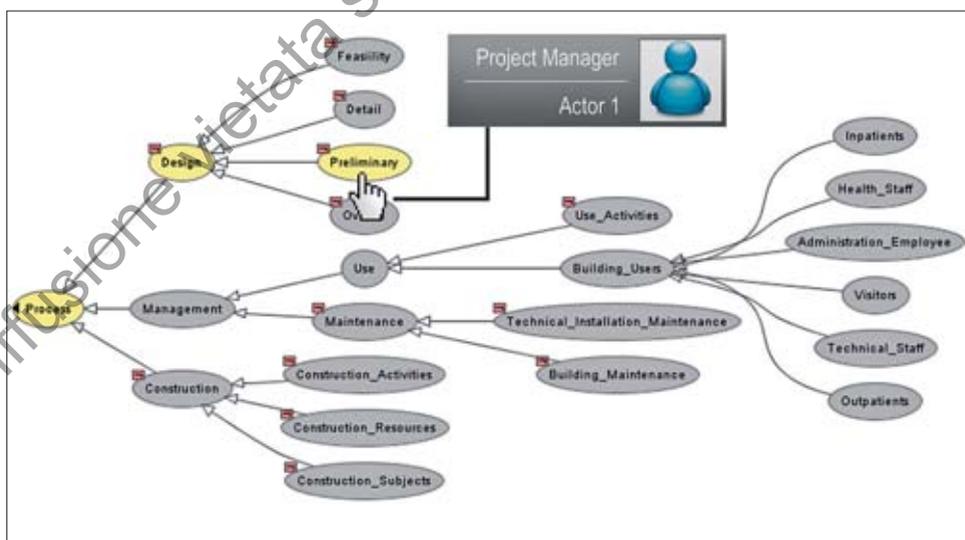


Figura 58. Il Project Manager seleziona la fase progettuale.

Operativamente il Cliente specifica alcune esigenze di progetto come per esempio:

- il budget;
- caratteri tipologici specifici;
- alcuni range di valori ammissibili per le proprietà delle classi dell'Ontologia Condivisa;
- una lista delle Unità Ambientali richieste.
- la unità ambientali previste dal Programma Edilizio.

Ogni attore coinvolto nel processo, a questo punto, effettuerà il download delle informazioni di cui ha bisogno attraverso lo Spazio di Lavoro Comune, importando nel proprio Spazio di Lavoro Privato, le Entità, le Proprietà e le Regole a cui è interessato.

È in questo momento che avviene il primo processo di filtraggio dallo Spazio Comune a quello personale dello Specialista.

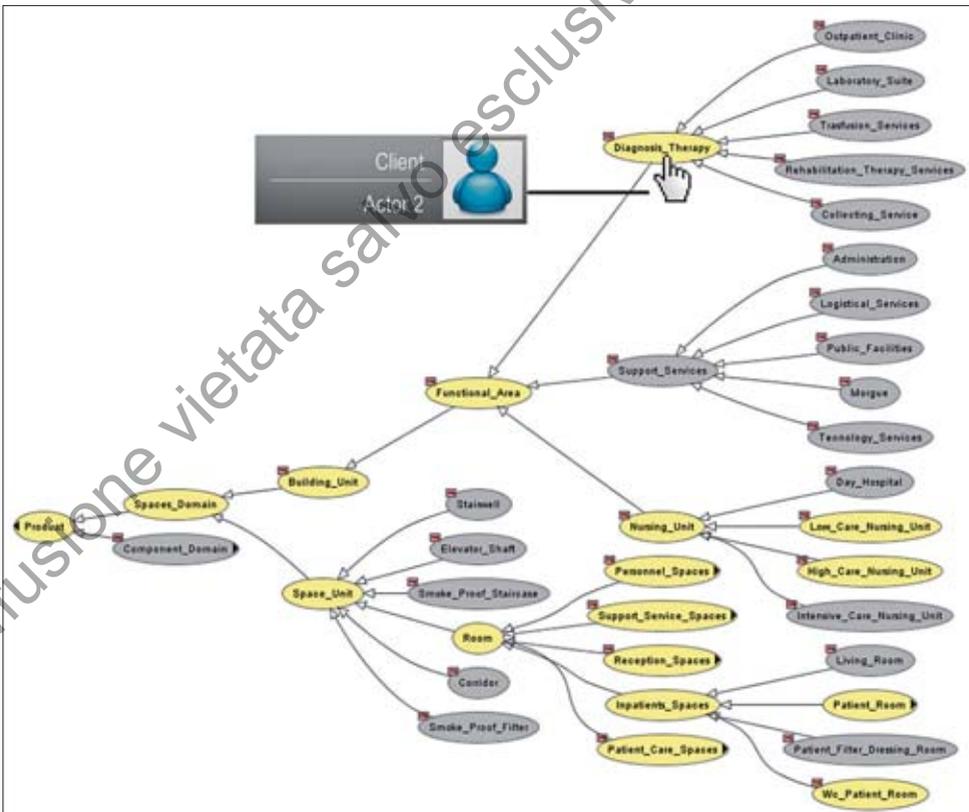


Figura 59. Il Project Manager seleziona la unità ambientali previste dal Programma Edilizio.

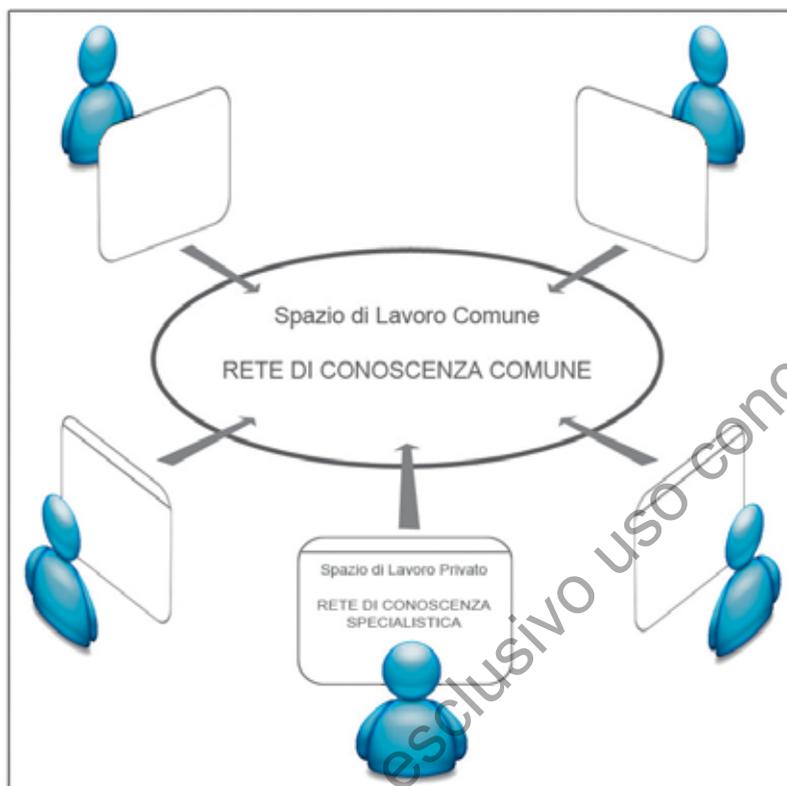
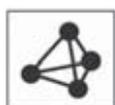


Figura 60. Lo Spazio di Lavoro Privato degli Attori specialisti e lo Spazio di Lavoro Comune.



Gli Attori Selezionano il Proprio Dominio Specialistico: ogni Attore seleziona il proprio profilo professionale e le Entità a cui è interessato, definendo così la propria Struttura Specialistica di Conoscenza.

Ad ogni professionista, prima di cominciare il Processo di Progettazione, verrà chiesto di selezionare il proprio ruolo tra quelli disponibili e precedentemente impostati dal Cliente.

Successivamente, ogni attore accede alla Rete di Conoscenza Generale del progetto e da questa seleziona le Entità, in termini di Significati, proprietà e Regole, a cui è interessato e che andranno a costituire la propria Struttura Specialistica di Conoscenza.

Come chiarito nei capitoli precedenti, quando gli attori selezionano o deselezionano le entità a cui sono interessati, il Sistema di Filtraggio memorizza nella rete di conoscenza comune tutte le coppie Attore-Entità, inclusi Significati, proprietà e regole, scelte da ognuno di loro.

Si crea così una matrice di corrispondenza (*Entities-Actors Couples Matrix - EACM*) che evidenzia e registra tutte le entità condivise dagli attori coinvolti.

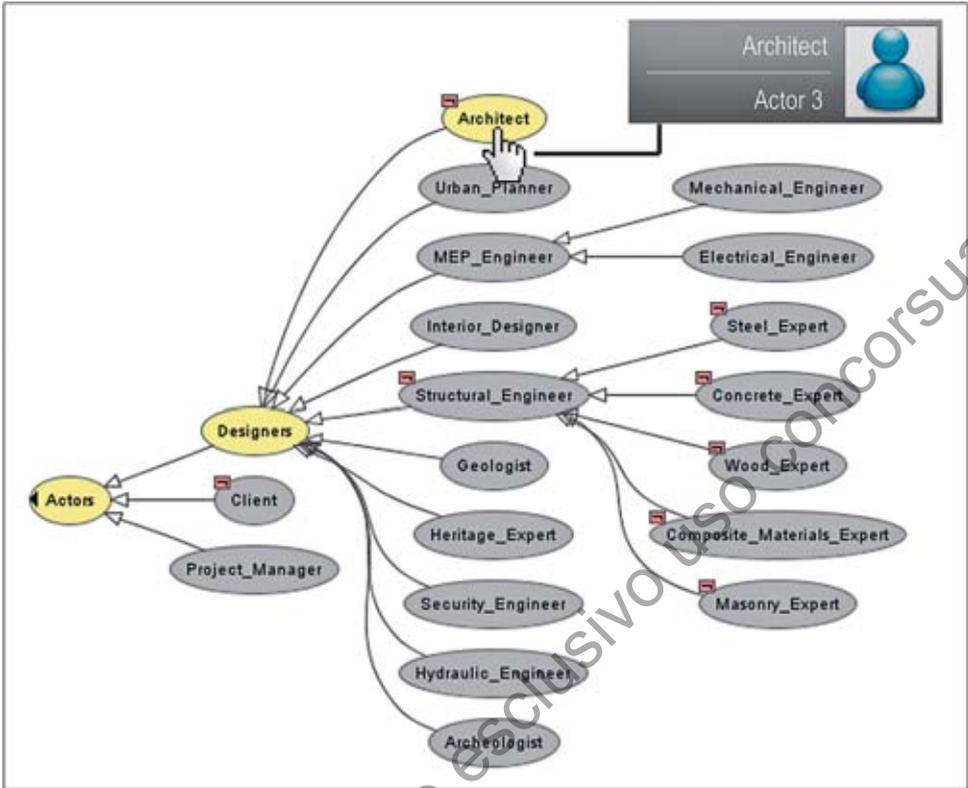


Figura 61. La Piattaforma richiede ad ogni Attore di confermare il proprio ruolo.

Diffusione vietata salvo esclusivo uso concorsuale

5.4 Le fasi di progettazione

Durante la Progettazione Specialistica nello Spazio di Lavoro Privato ciascun Attore può elaborare una o più soluzioni progettuali all'interno del proprio ambiente di lavoro, facendo uso di strumenti software specialistici interfacciati con la piattaforma e con la propria Struttura di Conoscenza.

È bene ricordare che Ontologia e ambiente CAD sono collegati sia disegnando gli elementi appartenenti alle classi presenti nella struttura di conoscenza, sia assegnando a posteriori l'Entità grafica a quella Ontologica.

La soluzione sviluppata nello Spazio di Lavoro Personale, e verificata anche attraverso gli strumenti di reasoning presenti nell'editor di ontologie, viene "filtrata" seguendo la logica dei "concetti privati, condivisi e comuni", e successivamente trasmessa agli altri Attori attraverso lo Spazio di Lavoro Comune.

Nel momento in cui uno dei progettisti condivide la soluzione elaborata nello Spazio di Lavoro Comune, la piattaforma invia un messaggio a tutti gli altri attori, avvertendoli che una nuova soluzione progettuale è stata elaborata e resa disponibile.

Dallo spazio di lavoro condiviso ogni Attore può importare tale soluzione *-lean solution-* che viene "arricchita" con tutte le Entità (Significati, Proprietà e Regole) presenti nella propria Struttura di Conoscenza Specialistica *-SpKS-*, dopodiché ciascuno specialista può sviluppare la sua soluzione di progettuale.

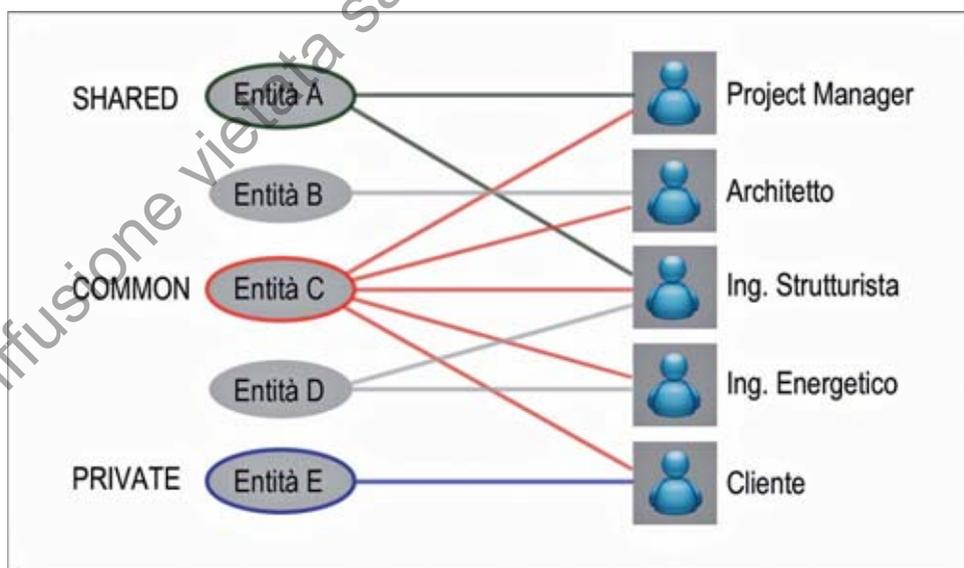


Figura 62. *Entità Condivisa, Comune e Privata.*



Progettazione specialistica nello Spazio di Lavoro Privato: l'Architetto sviluppa un'ipotesi progettuale nel rispetto del PE e la condivide nello Spazio di Lavoro Comune.

L'Architetto sviluppa una soluzione basata su schizzi preliminari, all'interno del proprio Spazio di Lavoro Privato, servendosi degli strumenti CAD che è solito utilizzare.

Nella nostra simulazione, il progettista elabora inizialmente una semplice ipotesi di ospedale monoblocco a corpo quintuplo, nel rispetto dei contenuti del Programma Edilizio precedentemente formalizzati dal Direttore Sanitario all'interno dell'Ontologia.

Nello Spazio di Lavoro Privato, gli elementi grafici utilizzati dall'Architetto sono tutti riferiti alle entità presenti nella sua Struttura di Conoscenza Specialistica.

L'ipotesi definita viene quindi esportata nello Spazio di Lavoro Comune. A questo punto, gli altri Attori coinvolti nel processo progettuale vengono avvertiti dal Sistema dell'avvenuto *upload*.

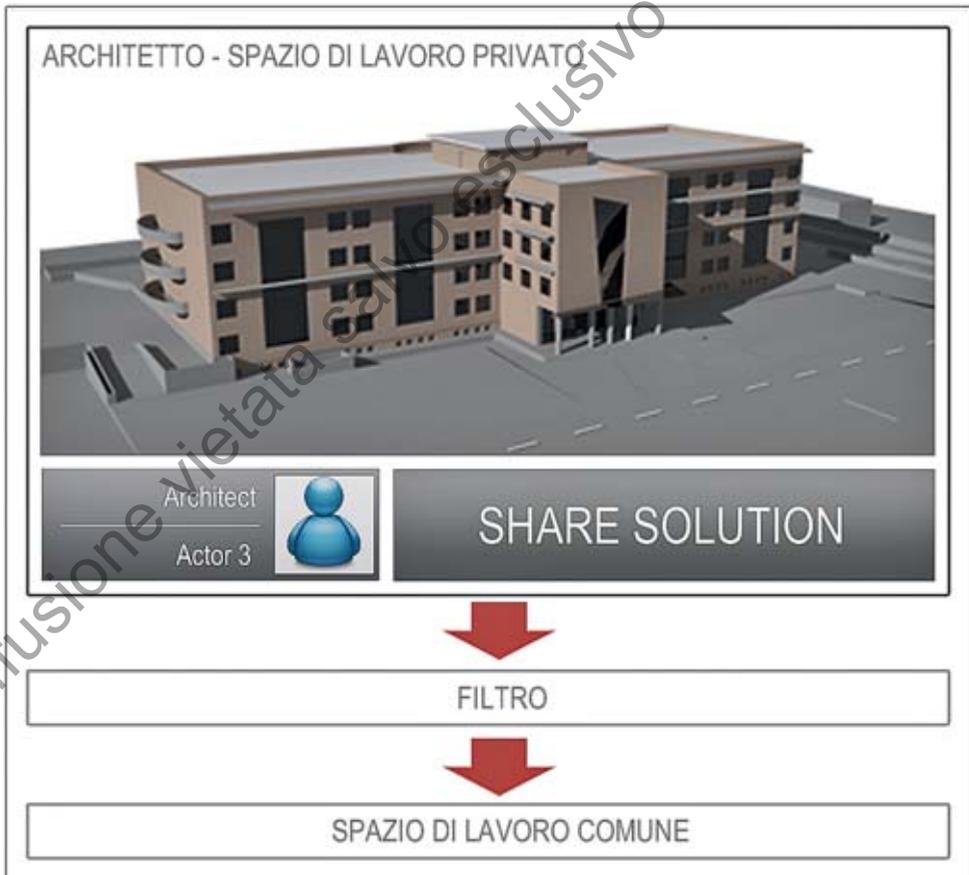
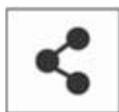


Figura 63. L'Architetto condivide la proposta progettuale con gli altri Attori.



Condivisione della soluzione nello Spazio di Lavoro Comune: gli Attori visualizzano e valutano la soluzione nello spazio di lavoro condiviso.

Ricevuto il messaggio di avviso dell'avvenuto *upload* di una nuova soluzione nell'ambiente di lavoro comune, tutti gli Attori visionano la proposta elaborata dall'architetto. Il Cliente, non soddisfatto del progetto che ritiene poco integrato con la vecchia struttura e l'ambiente urbano, trasmette a tutti gli attori coinvolti un avviso in cui chiede che l'idea venga ripensata completamente adeguando l'architettura alle specifiche del contesto.

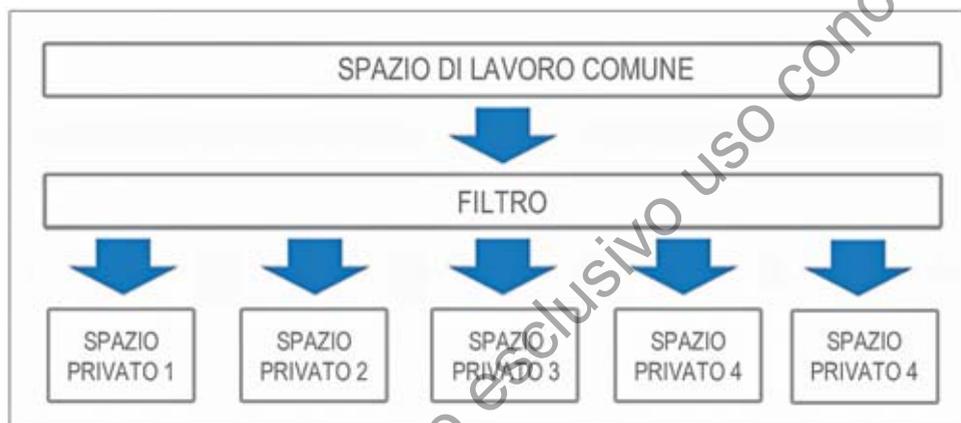


Figura 64. Gli Attori importano la soluzione progettuale condivisa nel proprio spazio di lavoro.



Progettazione specialistica nello Spazio di Lavoro Privato: l'Architetto sviluppa una nuova soluzione progettuale.

L'Architetto rielabora completamente il progetto a base di gara modificandone concettualmente l'assetto distributivo e la concezione architettonica, uniformando la tipologia alla conformazione del lotto.

Sceglie, quindi, di articolare la soluzione creando un nucleo centrale che risulti più alto rispetto alle ali laterali che ospitano le degenze, alleggerendo nell'insieme la volumetria dell'edificio e liberando il piano terra in corrispondenza dei volumi laterali al fine di creare uno spazio urbano permeabile rispetto alla città.

L'architetto, seguendo il suggerimento inviatogli dal Cliente, cerca una nuova morfologia con lo scopo di segnalare l'ingresso alla struttura e di chiarire il rapporto con l'ospedale esistente attraverso la realizzazione di una passerella aerea vetrata dedicata al passaggio pubblico.

Il ponte di acciaio e vetro ipotizzato collega la struttura esistente con il nuovo edificio al livello del primo piano, creando prospettive visive ricche ed animate soprattutto lungo la strada principale di accesso alla struttura.

L'immagine complessiva della struttura rappresenta un chiaro intento di diversificazione materica degli elementi di facciata legato alle diverse esigenze funzionali dei vari corpi di fabbrica.

La compattezza dei corpi longitudinali rispecchia l'esigenza interna di regolarità ed uniformità delle aree di degenza e/o ambulatoriali; questi si perdono poi nel corpo centrale del nucleo della hall di ingresso che, con la sua pelle esterna in lamiera forata in rame, involuppa organicamente tutti gli innesti degli altri corpi di fabbrica.

A questo punto all'Architetto non resta che sviluppare la sua soluzione progettuale all'interno del proprio ambiente di lavoro privato attraverso il software CAD che è solito utilizzare.

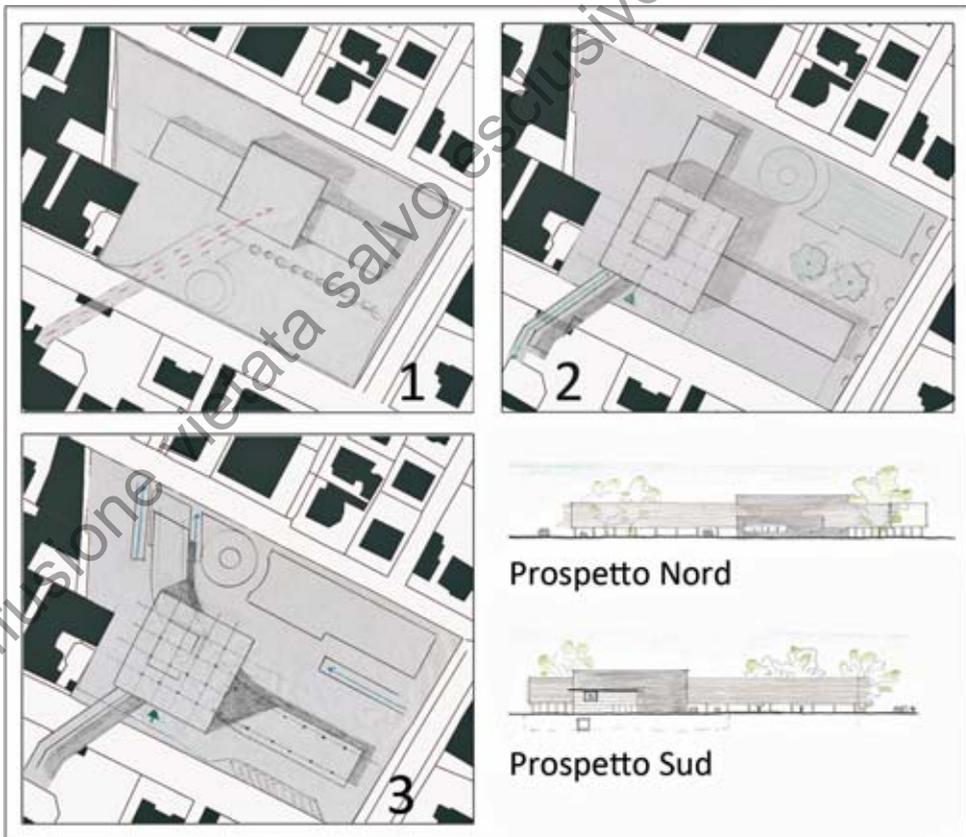


Figura 65. L'Architetto rielabora l'ipotesi progettuale.

Prima di condividere nello spazio di progettazione condiviso la soluzione sviluppata, l'Attore sceglie quali Entità -sempre in termini di Significati, Proprietà e Regole- vuole rendere "visibili" agli altri Attori, i quali potrebbero non avere alcun interesse (durante l'intero processo progettuale o soltanto in determinate fasi) per alcune di esse.

Questo "filtraggio" di informazioni può essere modificato in ogni momento del processo e deciso ogniqualvolta si esporti o importi una soluzione progettuale.

La mappatura delle informazioni Private (di interesse per un solo Attore), Condivise (di interesse per due o più Attori) e Comuni (d'interesse per tutti gli Attori) viene effettuata al termine della fase di Selezione del Progettista quando il Sistema di Filtraggio crea la Matrice delle Coppie Entità – Attori (EACM).

A questo punto l'Architetto condivide nello spazio comune la nuova soluzione progettuale ed il Sistema invia il messaggio di avviso agli altri Attori.

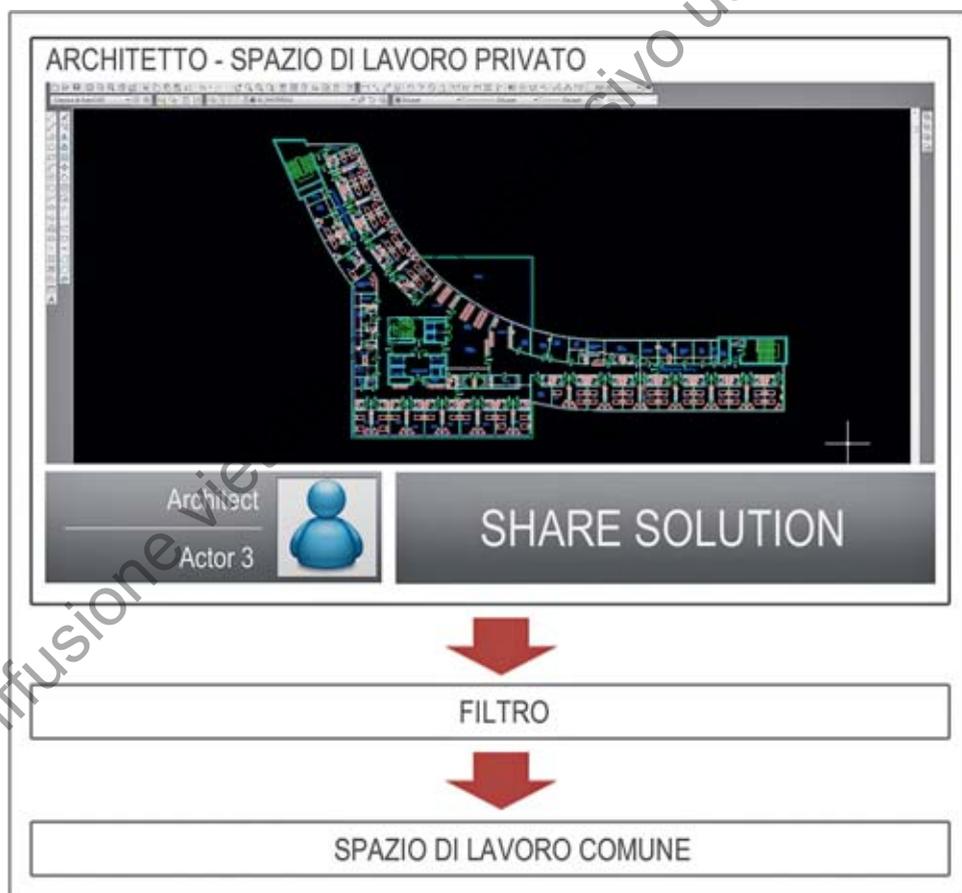


Figura 66. *L'Architetto sviluppa l'ipotesi progettuale nell'ambiente CAD.*



Condivisione della soluzione nello Spazio di Lavoro Comune: L'Architetto esporta la proposta elaborata, nel proprio Spazio di Lavoro Privato, verso lo Spazio di Lavoro Comune.

Il Cliente riceve la proposta dell'Architetto ed importa il contenuto -le Entità- a cui è interessato all'interno del proprio ambiente di lavoro privato.

Nell'esempio il Cliente deselecta le Entità riguardanti gli arredi e le forniture, dopodichè esamina ed approva la nuova proposta, chiedendo all'Architetto di proseguire nello sviluppo del progetto, verificandolo dal punto di vista funzionale e delle richieste del Programma Edilizio.

L'Architetto, su richiesta del Direttore Sanitario, lavora sul progetto verificandolo in termini di:

- accessibilità;
- impostazione e separazione dei percorsi in base alle utenze;
- organizzazione e relazioni tra le Aree Funzionali;
- verifica della presenza degli ambienti previsti dal programma edilizio;
- verifica dei parametri in termini di mq/posto letto.

Il progettista posiziona al piano terra l'Attico, il bar, ed alcuni servizi aperti al pubblico come il CUP, la farmacia ed il centro prelievi. Al primo piano colloca invece servizi di tipo sanitario con utenze prevalentemente esterne quali Day Hospital, il

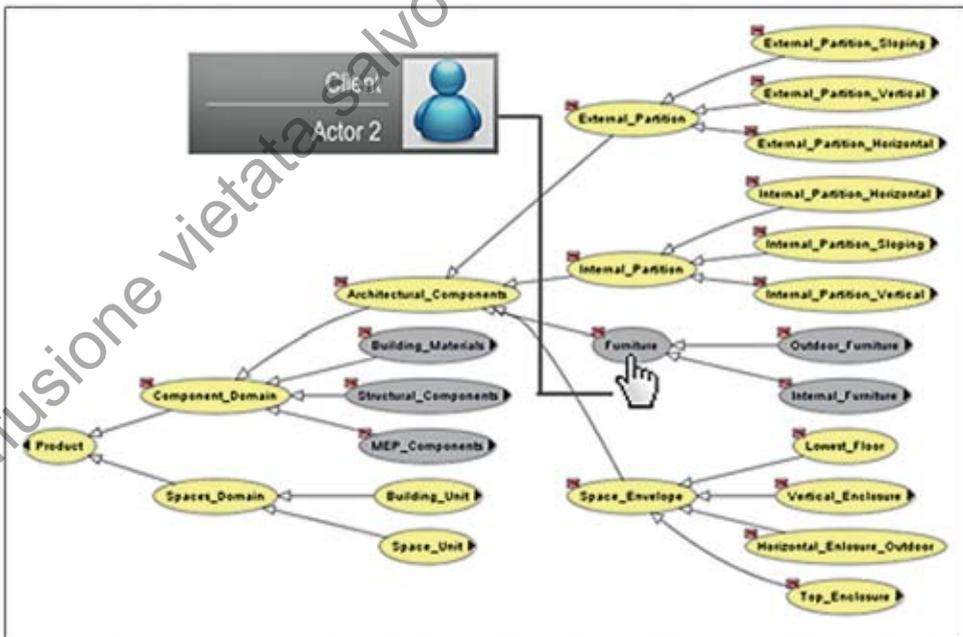


Figura 67. Il Cliente disattiva la Classe "Arredi".



Figura 68. Il Cliente importa la soluzione progettuale.

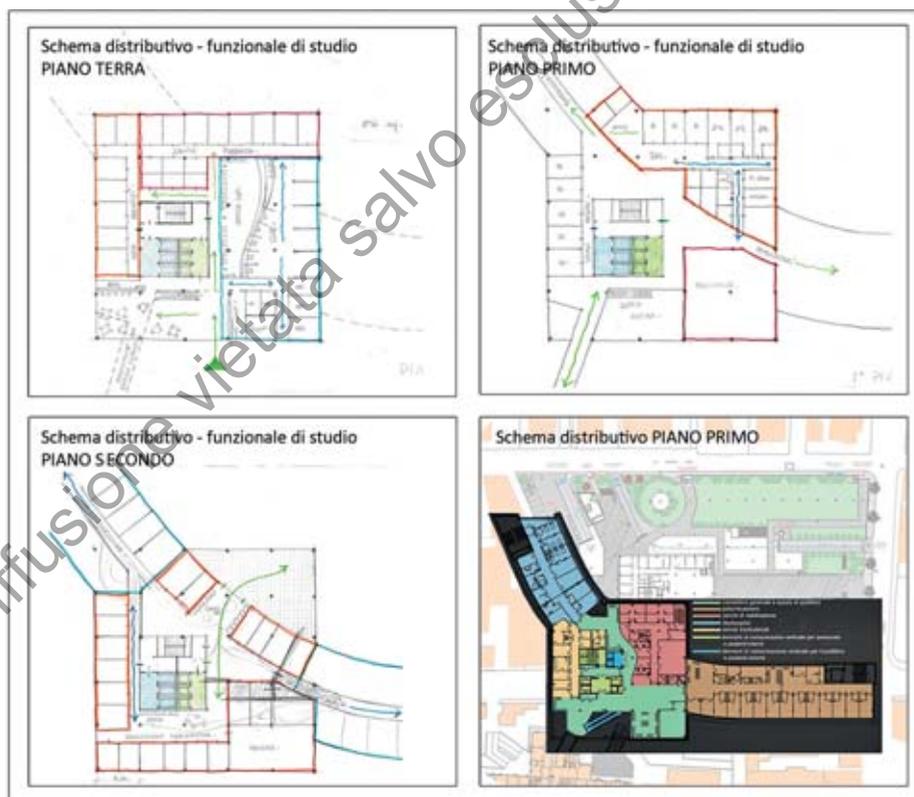


Figura 69. L'Architetto sviluppa il progetto funzionale dell'edificio.

centro per le trasfusioni, il servizio di riabilitazione e gli ambulatori, mentre riserva al piano superiore i posti letto di medicina e lungodegenza.

Nella soluzione elaborata, il terzo piano, la cui estensione è limitata al solo nucleo centrale, ospita gli uffici amministrativi e quelli della direzione sanitaria oltre a sala riunioni, biblioteca e laboratori open-space.



Progettazione specialistica nello Spazio di Lavoro Privato: L'Architetto sviluppa e verifica il progetto e assegna ad ogni elemento grafico un corrispettivo nell'Ontologia.

L'Architetto lavora nel proprio ambiente CAD creando, o assegnando a posteriori, gli elementi grafici o layer, alle Entità presenti nell'Ontologia.

Nell'esempio il progettista seleziona le stanze di degenza con due posti letto di-

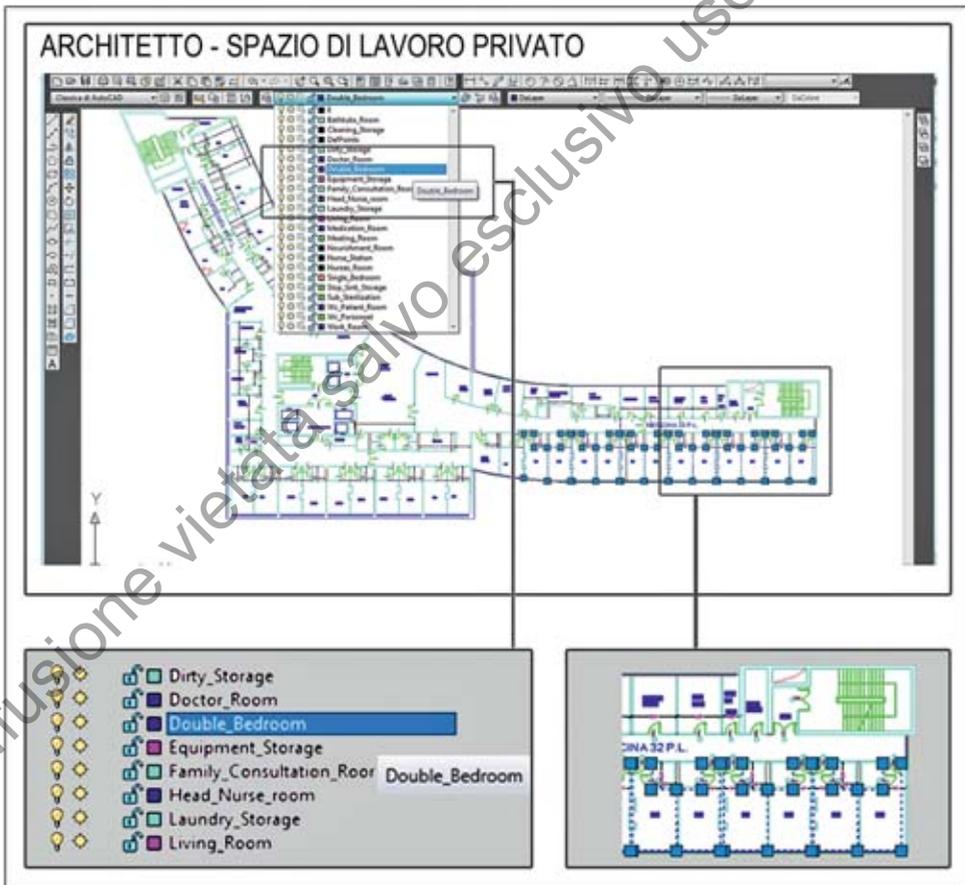


Figura 70. Mentre disegna spazi e/o componenti per l'edilizia l'architetto assegna a ciascun elemento grafico il significato della corrispondente entità presente nella sua Struttura di Conoscenza Specialistica.

segnate e le assegna al layer “*Double_Bedroom*”. Nell’Ontologia verranno così create delle *instance* della classe “*Double_Bedroom*” con tutte le proprietà e le regole appartenenti a quella specifica Entità.

È importante evidenziare come il contenuto della Conoscenza legata agli elementi grafici dipenda strettamente dall’ Attore specialista e la sua *Specialist Knowledge Structure*.

Alcuni vincoli presenti nell’Ontologia o imposti da uno degli Attori richiedono, ad esempio, che in ogni stanza di degenza siano ospitati al massimo due pazienti, che sia presente almeno un bagno in ogni stanza e una finestra con superficie minima pari ad almeno un ottavo della superficie dell’ambiente.

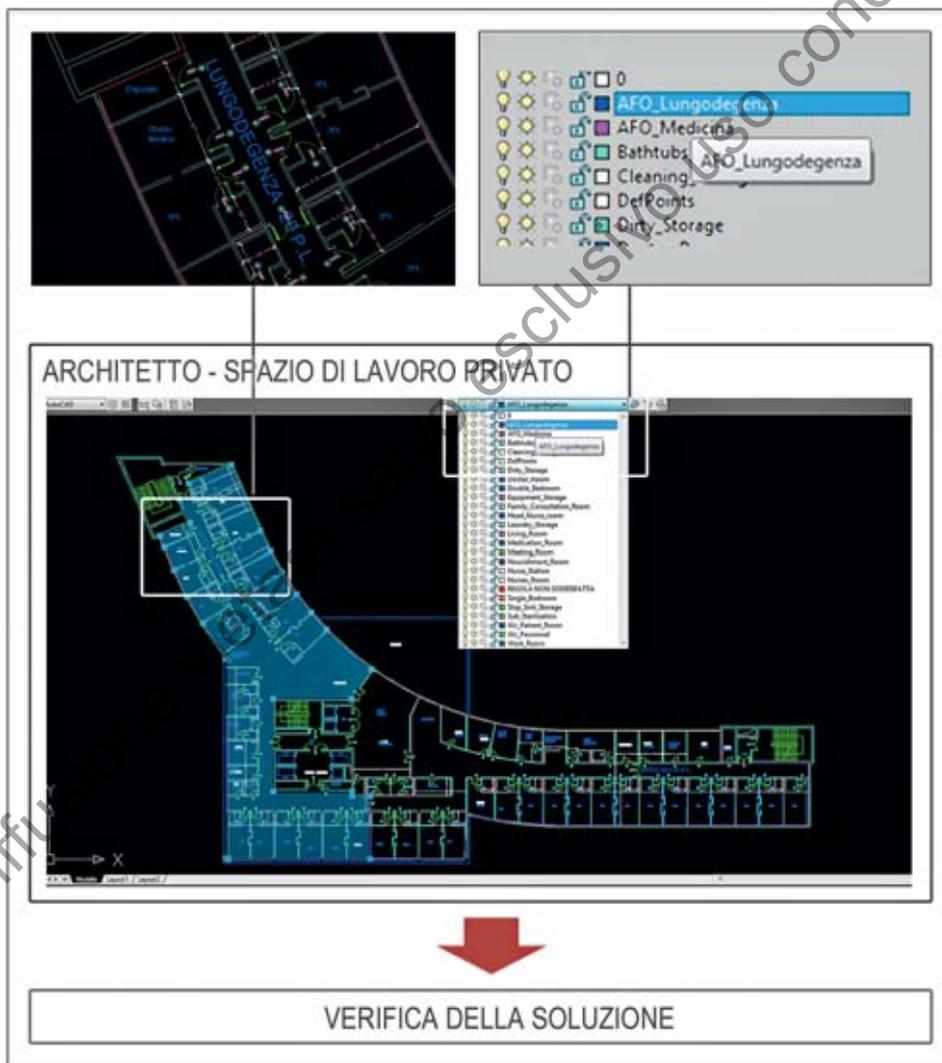


Figura 71. L’Architetto assegna ad un’area il layer “*AFO_Lungodegenza*”.

Al termine della verifica,effettuata attraverso il sistema di *reasoning*, quest'ultima richiesta non risulta soddisfatta e, importati i risultati dall'Ontologia all'interno del software specialistico (ad esempio CAD), vengono segnalati in rosso gli elementi che non hanno verificato le regole controllate.

Un'ulteriore esempio mostra come, avendo assegnato ad un'area il layer "AFO_Lungodegenza", possano essere effettuate delle verifiche su di un intero reparto.

Come per la verifica della superficie finestrata, l'Architetto effettua all'interno dell'Ontologia il check sulla rispondenza tra gli ambienti previsti nel Programma Edilizio e quelli presenti nell'Entità "AFO_Lungodegenza" istanziata.

Al termine del controllo la regola segnala eventuali errori come,ad esempio,la mancanza di un determinato ambiente, senza il quale la definizione di "AFO_Lungodegenza" non risulta verificata.

Nell'esempio non risulta sufficiente il numero di posti letto presenti nel reparto di lungodegenza. Al termine della verifica l'Architetto importa i risultati all'interno del proprio software specialistico.

Anche in questo caso, dopo aver importato all'interno del software specialistico

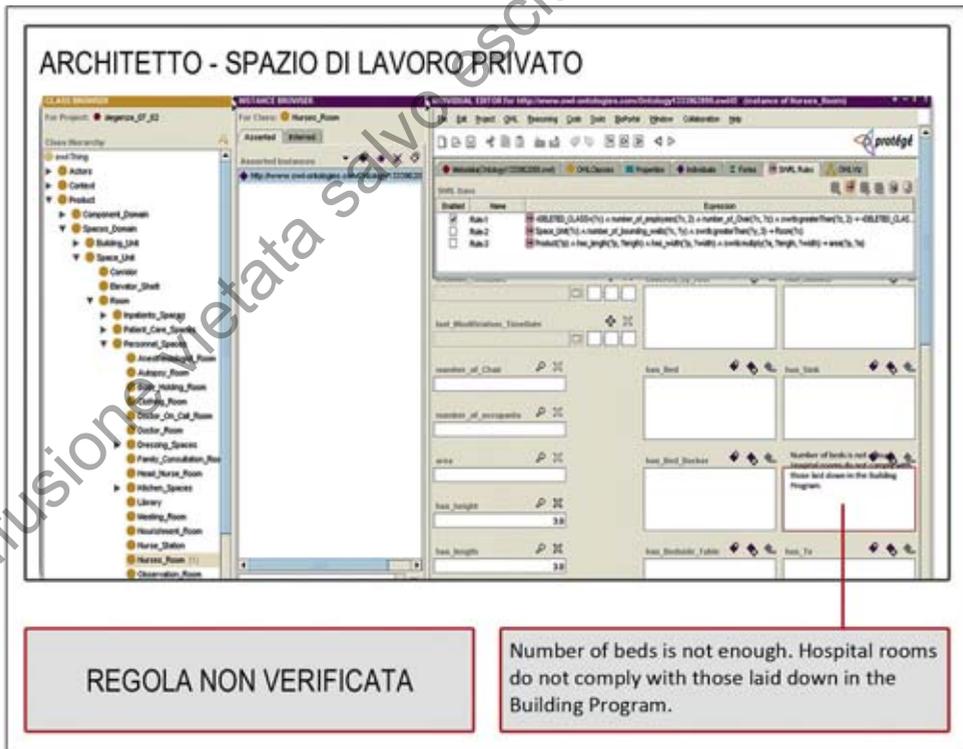


Figura 72. L'Architetto verifica una regola nello Spazio di lavoro Privato.

i risultati delle ultime verifiche, sul Layout vengono segnalate in rosso le Entità che non soddisfano alcuni requisiti e/o regole.

Nell'esempio viene segnalata in rosso l'area funzionale che non aveva passato la fase di verifica a causa del numero di posti letto disponibili inferiore a quello previsto dal programma edilizio.

Dopo il processo di progettazione e verifica, l'Architetto decide di condividere la sua soluzione.

- A tal fine il sistema permette di:
- Selezionare le entità da condividere con gli altri attori;
- Selezionare solo le proprietà delle entità »da condividere con gli altri attori;
- Selezionare solo alcune regole da condividere con gli altri attori.

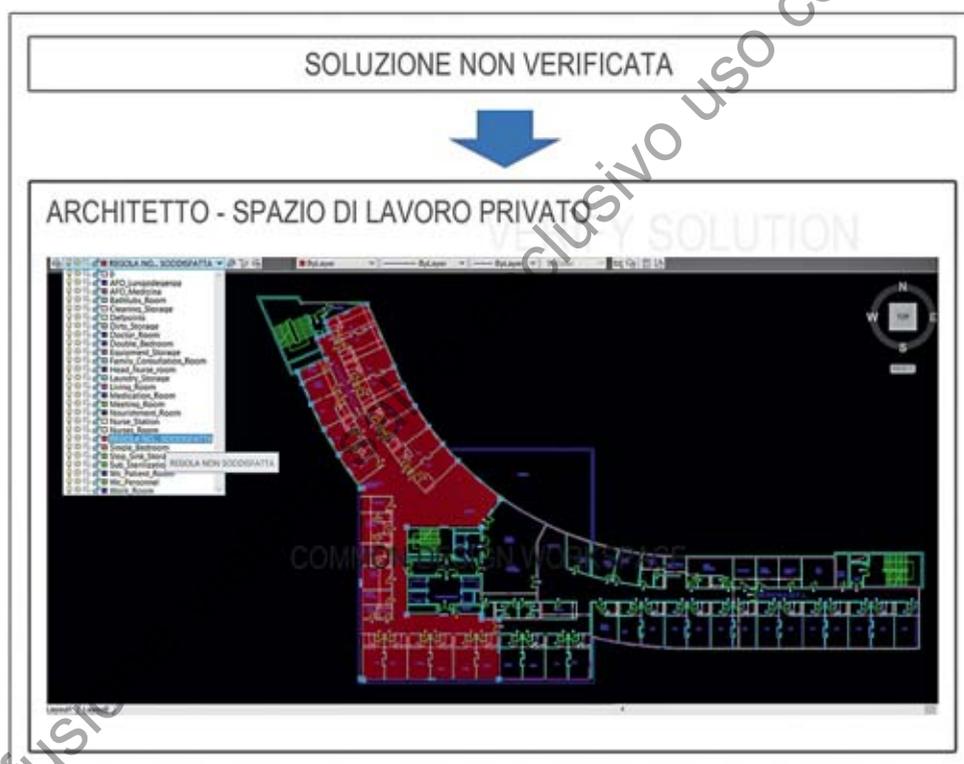


Figura 73. L'Architetto re-importa il progetto nel software specialistico.



Condivisione della soluzione nello Spazio di Lavoro Comune: l'Ingegnere Strutturista riceve la proposta dell'Architetto.

Il Sistema filtra "in ingresso" la soluzione dallo Spazio di lavoro Comune, arricchendola attraverso la Struttura di Conoscenza Specialistica ovvero associando alle

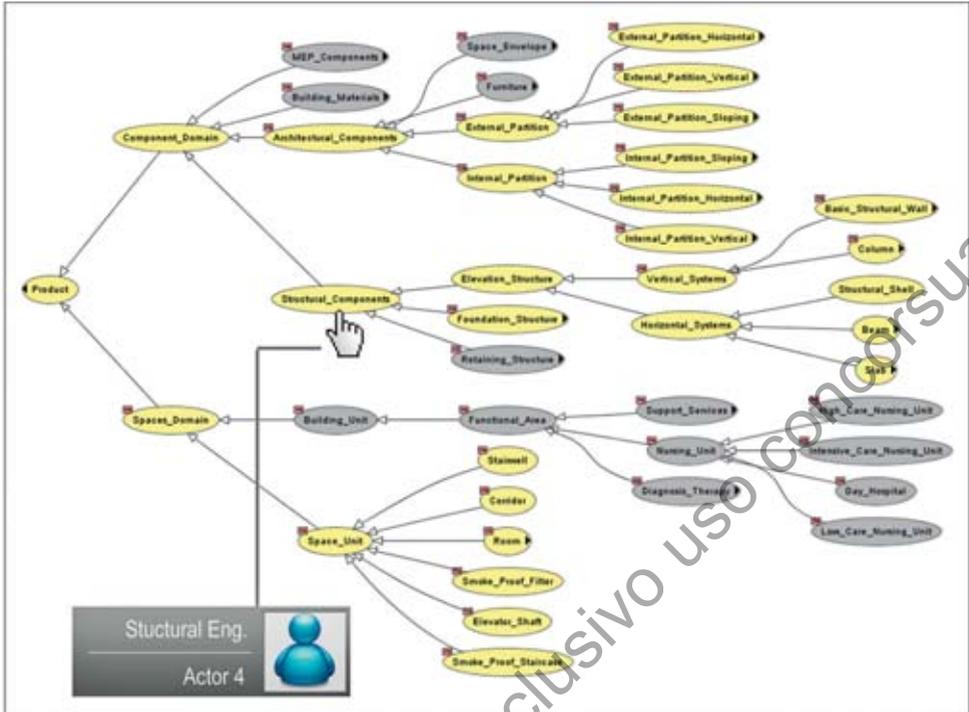


Figura 74. L'Ingegnere Strutturista seleziona le Entità di suo interesse.

entità ulteriori proprietà e regole specifiche per quell'Attore. La rete mostra le Entità a cui l'ingegnere strutturale è interessato, dopodichè, importato il file, l'Attore può cominciare a lavorare sul progetto utilizzando il proprio software specialistico.



Progettazione specialistica nello Spazio di Lavoro Privato: l'ingegnere sviluppa la sua soluzione in ambiente CAD.

L'Ingegnere Strutturista, dopo aver posizionato Pilastri e Travi, esporta la sua soluzione nel Software Esterno Specialistico di calcolo (ad esempio SAP) per effettuare le verifiche di sua competenza.

A tale scopo, il sistema mette a disposizione dell'utente un'interfaccia da/verso il software esterno specialistico commerciale studiata per consentire estrema flessibilità di lavoro agli attori .

I risultati del calcolo, che includono le dimensioni per tutti gli elementi strutturali progettati, vengono importati all'interno dell'Ontologia. In seguito, la soluzione arricchita con la geometria ed il dimensionamento degli elementi strutturali, viene condivisa all'interno dello Spazio di Lavoro Comune.



Figura 75. *L'Ingegnere Strutturista sviluppa la soluzione progettuale.*

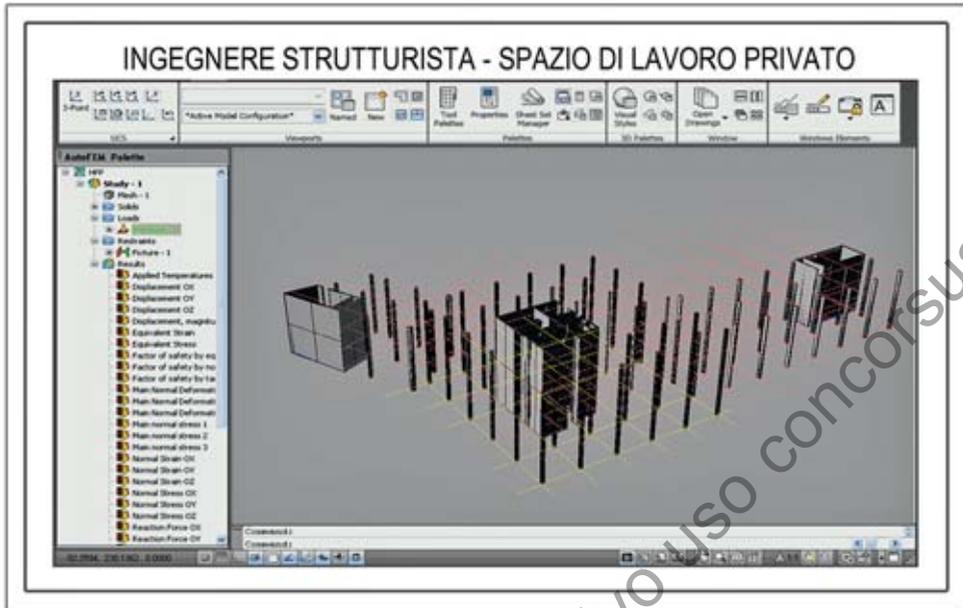


Figura 76. L'Ingegnere Strutturista verifica la soluzione progettuale nel software di calcolo.



Condivisione della soluzione nello Spazio di Lavoro Comune: l'Architetto riceve la soluzione condivisa dall'Ingegnere Strutturale.

Come nella fase progettuale precedente, la rete mostra le Entità a cui, in questo caso, è l'Architetto ad essere interessato. Selezionate quelle che ritiene opportuno includere, ovvero quelle relative alla struttura e all'involucro esterno, verifica il lavoro dell'Ingegnere Strutturista e gli eventuali conflitti con la propria idea progettuale.

L'Architetto, non soddisfatto dalla soluzione proposta, chiede all'Ingegnere di arretrare i pilastri che erano stati posizionati sulle facciate dei volumi laterali destinati ad accogliere le degenze.

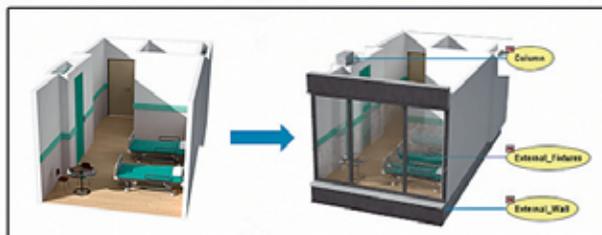


Figura 77. L'Architetto visualizza le Entità relative alla struttura e all'involucro.



Progettazione specialistica nello Spazio di Lavoro Privato: l'Ingegnere Strutturista progetta una nuova soluzione.

L'Ingegnere definisce nel proprio Spazio di Lavoro Privato una nuova soluzione che possa soddisfare le esigenze degli altri Attori, ed in particolare la richiesta dell'architetto.

Effettuate le verifiche sulla nuova struttura ed importati i risultati nell'Ontologia, l'Attore condivide la nuova proposta progettuale.



Figura 78. *L'Ingegnere Strutturista elabora una nuova soluzione progettuale.*



Versionamento della soluzione: gli Attori interessati convalidano la soluzione progettuale.

La collaborazione non è un processo tra due Progettisti. Tutti gli attori sono coinvolti per controllare qualsiasi soluzione progettuale condivisa nel loro rispettivo Spazio di Lavoro Privato, per verificare le regole specialistiche-vincoli e poi, d'accordo con tutti gli altri attori su una soluzione progettuale condivisa, accettarla.

La piattaforma è in grado di memorizzare, per mezzo di un sistema di controllo delle versioni, l'ultima soluzione convalidata, concordata e approvata nella fase di progettazione che è in corso.

La struttura ridefinita è ora compatibile con le esigenze dell'architetto, che convalida la soluzione progettuale condivisa dall'ingegnere strutturista. Quest'ultimo comunica i risultati del calcolo positivi all'architetto e la soluzione collaborativa diventa concordata.

Nello Spazio di Lavoro Comune appare in nero, in quanto accettata da tutti gli attori coinvolti.



Progettazione specialistica nello Spazio di Lavoro Privato: l'ingegnere energetico riceve l'avvertimento dal sistema della nuova condivisione.

L'Ingegnere Energetico importa la soluzione nella proprio spazio di lavoro privato e inizia il calcolo del consumo di energia di ogni stanza per mezzo di un software commerciale esterno; dopodichè calcola il rapporto Superficie/Volume della soluzione progettuale ed effettua una verifica sull'energia primaria necessaria al sistema per il riscaldamento.

Valutando che il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento degli ambienti supera i limiti ammissibili l'ingegnere suggerisce all'architetto due diverse soluzioni.

La prima mira a migliorare l'isolamento dell'involucro edilizio, mantenendo la facciata esterna invariata ed aumentando le prestazioni isolanti degli infissi, la seconda invece, più economica, prevede la riduzione del 30% della superficie vetrata sul fronte esposto a Nord.

L'ingegnere Energetico nel proprio Spazio di Lavoro Privato associa ad ogni elemento costruttivo, non solo le caratteristiche estetiche dei materiali presenti nell'ontologia dell'architetto, ma anche le proprietà private specialistiche come la massa superficiale e la trasmittanza, nonché le regole specialistiche di controllo/calcolo e verifica delle soluzioni progettuali.

È opportuno evidenziare come ad ogni Entità siano associati Significati, Proprietà e Regole specifici e diversi per ogni Attore.

Facendo riferimento alle specifiche del cliente, l'Ingegnere Energetico analizza i risultati di calcolo, indicando:

- I codici in vigore sui consumi energetici (in termini di bisogni primari *Building Energy*);
- le richieste del Cliente in termini di Classe Energetica dell'edificio.

Nella simulazione proposta, la soluzione progettuale è conforme con i codici vigenti, ma l'edificio (in configurazione reale) ha una classe energetica B mentre il Cliente chiede una classe di costruzione "A-Energy".

Dati generali di input Struttura

TRASMITTANZA TERMICA DEI COMPONENTI EDILIZI FINESTRATI UNI10077-1

L1= larghezza lorda serramento [m]	1.20
L2= altezza lorda serramento [m]	1.50
A1= area del telaio [m²]	0.36
Ag= Area vetro:	1.44
Ft= coefficiente di riduzione dovuto all'area del telaio	0.800
g= trasmittanza solare dell'elemento	0.600
Fc= coeff. riduzione dovuto a tendaggi interni e/o esterni (schermatura mobile liberamente montabile e smontabile)	0.700
Fep= coeff. riduzione dovuto a tendaggi interni e/o esterni (schermatura mobile permanente)	0.10
Emissività termica del componente trasparente	0.837
La trasmittanza termica Uw è	CALCOLATA SECONDO UNI 10077-1
Ug = trasmittanza termica del componente trasparente	2.200
Telaio:	Telaio in metallo con taglio termico
d = parametro geometrico funzione del tipo di configurazione	15.00
Uf = trasmittanza termica del telaio	2.825
Lg= lunghezza perimetrale della superficie vetrata	4.84
Trasmittanza lineare dovuta al distanziatore	0.110
Uw= trasmittanza termica della superficie finestrata	2.621
Tipo di tapparella	
DR = resistenza termica aggiuntiva (tapparelle abbassate)	0.00
Uws= trasmittanza termica (chiusura chiusa)	$1/[(1/Uw)+DR]$
Uw,corr = trasmittanza termica corretta (finestra+chiusura)	2.621
Premere il pulsante kp=Uw per impostare il valore della trasmittanza di picco kp con la trasmittanza del componente finestrato Uw	
kp = Uw	
Descrizione dello strato vetrato: Superfici vetrate con vetro camera 4-18-4 con intercapedine	

Figura 79. Le proprietà dell'Entità "Window" per l'Ingegnere Energetico.

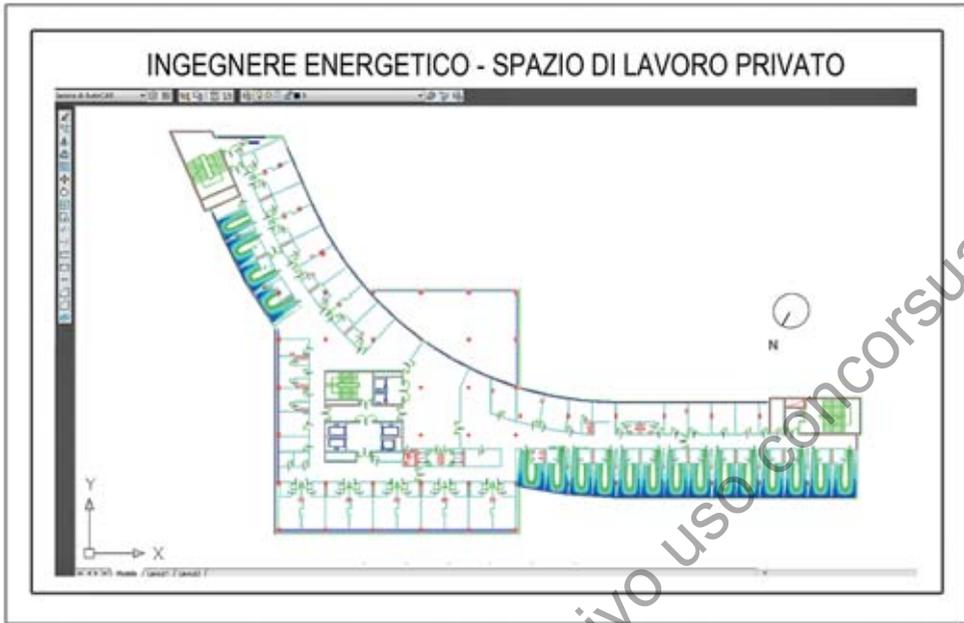


Figura 80. L'Ingegneria Energetica effettua una verifica sulla dispersione energetica dell'edificio.



Condivisione della soluzione nello Spazio di Lavoro Comune: il Cliente valuta le proposte dell'ingegnere Energetico.

Facendo riferimento alle considerazioni dell'Ingegnere Energetico e valutando la soluzione dell'Architetto, il Cliente controlla l'estetica ed il budget complessivo della costruzione. A tal proposito, ogni componente dell'edificio ha una proprietà collegata che ne definisce il "Costo", in questo modo il Cliente è considerato come uno dei progettisti dell'edificio perché stabilisce i vincoli derivanti dal contesto edilizio, le specifiche di costruzione (performance) ed i costi complessivi di costruzione.

La verifica, che l'Attore interessato effettua su questo paramentro, evidenzia che la soluzione volta a mantenere la facciata e l'architettura invariata, adottando vetri ad alte performance d'isolamento termico, risulta essere troppo costosa.

A questo punto il Cliente invia a tutti gli attori coinvolti un avvertimento, chiedendo ulteriori fasi di collaborazione/comunicazione al fine di ridurre il più possibile le dimensioni delle superfici vetrate e lo spessore del materiale isolante al fine di limitare i costi dei componenti, cercando di mantenere invariata la configurazione spaziale interna.



Progettazione specialistica nello Spazio di Lavoro Privato: l'Architetto rielabora la proposta progettuale.

L'Architetto seguendo le indicazioni del Cliente modifica la proposta progettuale diminuendo le superfici finestrate presenti sulle ali dell'edificio e che accolgono principalmente le stanze di degenza, dopodichè condivide la nuova soluzione nello Spazio di Lavoro Comune.

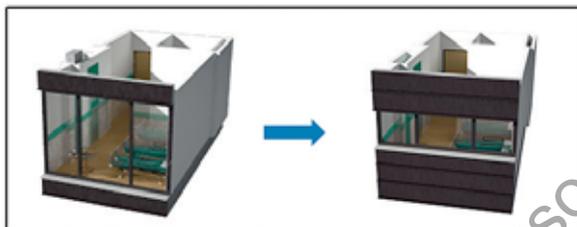


Figura 81. *L'Architetto riduce la superficie finestrata delle stanze di degenza.*



Condivisione della soluzione nello Spazio di Lavoro Comune: Gli Attori visionano la soluzione condivisa.

Dopo aver verificato che la nuova soluzione rispetti i limiti di dispersione energetica ammessi dalla normativa vigente, l'Ingegnere Energetico suggerisce all'Architetto di proteggere le camere di degenza dall'irraggiamento solare che altrimenti potrebbe risultare eccessivo, soprattutto sul fronte esposto a sud.

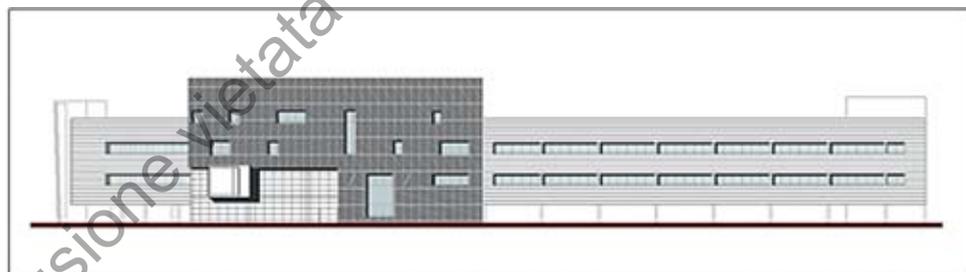


Figura 82. *Prospetto Sud dell'edificio.*



Progettazione specialistica nello Spazio di Lavoro Privato: l'Architetto inserisce degli elementi schermanti.

L'Architetto, accogliendo il suggerimento dell'Ingegnere Energetico, studia una soluzione per inserire, sopra le finestre a nastro, degli elementi frangisole con l'in-

tento di ridurre la radiazione solare che altrimenti potrebbe creare problemi ai pazienti ricoverati nelle stanze di degenza.

Volendo rendere uniforme l'immagine architettonica dei volumi laterali, l'Architetto decide di ridurre la superficie finestrata di tutte le camere di degenza e di inserire al di sopra degli infissi un unico elemento schermante orizzontale.

Terminate le modifiche al progetto, quest'ultimo viene condiviso nello Spazio di Lavoro Comune.

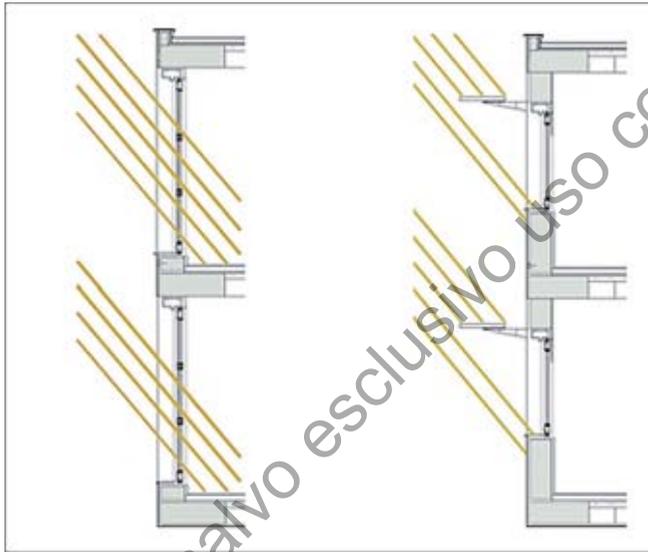


Figura 83. Esposizione fronte sud.



Condivisione della soluzione nello Spazio di Lavoro Comune: il Project Manager valuta il progetto.

Project Manager e Cliente discutono della soluzione proposta, validata da tutti gli Attori e memorizzata dal sistema. Effettuate alcune verifiche in termini di prestazioni e requisiti attraverso le regole presenti nel sistema, il progetto risulta essere complessivamente soddisfacente.

Ad un'attenta analisi però il Cliente si accorge che la passerella di collegamento tra la vecchia struttura ospedaliera ed il nuovo edificio, distanti circa cinquanta metri l'uno dall'altro, non è in piano, dovendo superare un dislivello di quasi due metri.

Nell'ipotesi progettuale, il ponte di collegamento presenta una pendenza del 4%. Il Cliente (che nella fattispecie ricordiamo essere il Direttore Sanitario della strut-



Figura 84. Ponte di collegamento tra il vecchio ospedale e la nuova struttura.

tura) ritiene accettabile che quel collegamento, riservato agli utenti dell'ospedale, abbia una tale configurazione, ma chiede al *team* di elaborare comunque un'ipotesi che porti in piano la passerella aerea, cercando una soluzione per eliminare il dislivello tra i piani.



Progettazione specialistica nello Spazio di Lavoro Privato: l'Architetto propone diverse soluzioni al problema.

A questo punto si profilano due possibili percorsi alternativi per l'Architetto: Il primo prevede l'aumento dell'altezza del piano terra con conseguente aumento volumetrico dell'immobile. Il secondo, alzando e riprogettando la piazza su cui è impostato l'ampliamento ospedaliero, mantiene invariata l'altezza dell'interpiano e porta la passerella di collegamento alla quota necessaria per eliminare il dislivello tra i due edifici.

Nel primo caso, l'aumento di altezza del piano terra dell'edificio coinvolgerebbe l'atrio dell'ospedale ed il pilotis al di sotto delle degenze. Per l'Architetto, questa soluzione, non solo sarebbe compatibile con tali funzioni, ma accrescerebbe anche la qualità architettonica delle stesse, dando più respiro sia agli spazi dedicati al pubblico, interni all'edificio, sia alla piazza coperta esterna ad esso.

Optando per questa soluzione l'attore definisce le nuove quote nel progetto ed importa la soluzione nello Spazio di Lavoro Comune.



Condivisione della soluzione nello Spazio di Lavoro Comune: l'Ingegnere Strutturista riceve la proposta dell'Architetto.

L'Ingegnere Strutturista filtra "in ingresso" la soluzione dallo Spazio di Lavoro Comune arricchendola, attraverso la Struttura di Conoscenza Specialistica, di tutte quelle entità, proprietà e regole specifiche per il suo lavoro e alleggerendola di tutte la Conoscenza per lui superflua.

Importato il file, l'Attore effettua nuovamente le verifiche sul progetto utilizzando il proprio software specialistico.



Progettazione specialistica nello Spazio di Lavoro Privato: l'ingegnere sviluppa la sua soluzione in ambiente CAD.

Le verifiche effettuate dall'Ingegnere, per mezzo dei propri software specialistici di calcolo strutturale, danno un esito negativo. Infatti, il piano pilotis, promosso dall'Architetto al fine di creare uno spazio coperto, libero da pareti e in diretta relazione con l'esterno, presenta in verità, un comportamento sismico estremamente pericoloso. Tale comportamento è solitamente nominato fenomeno del "piano soffice".

La presenza di un piano soffice, ovvero di un piano con una rigidità ridotta alle azioni orizzontali, rispetto ai restanti piani dell'edificio, è una delle principali cause di collasso globale sotto le azioni sismiche. Le sollecitazioni di taglio che scorrono normalmente lungo tutti i piani tamponati dell'edificio, trovano nel piano pilotis una situazione di forte debolezza, portando al collasso i pilastri liberi dalla muratura perimetrale di quel piano; il nocciolo della questione sta appunto nella diversa rigidità tra un piano tamponato e un piano pilotis.

Tale comportamento che dovrebbe essere preso in considerazione sin dalla fase preliminare del progetto, prevedendo adeguate strutture per assorbire le azioni sismiche in quel piano, è stato invece sottovalutato dall'Architetto coinvolto nella nostra simulazione. Quest'ultimo, incrementando l'altezza del piano pilotis, ha di fatto accentuato l'indebolimento strutturale dovuto al "piano soffice" comportando così l'esito negativo della verifica.



Versionamento della soluzione: la conclusione di una fase progettuale.

Ogniquale volta una versione del progetto, pubblicata nello Spazio di Lavoro Comune, viene accettata da tutti gli Attori coinvolti nella fase di progettazione, questa viene memorizzata dal sistema ABCD e resa disponibile per la fase progettuale successiva.



Figura 85. *La soluzione progettuale condivisa e validata da tutti gli Attori*

A questo punto il team continuerà a lavorare sul progetto cercando di definire una Soluzione Progettuale Condivisa che possa essere validata da tutti gli Attori coinvolti nel processo.

Diffusione vietata salvo esclusivo uso concorsuale

Conclusioni
POTENZIALITÀ E SVILUPPI

Diffusione vietata salvo esclusivo uso concorsuale

Potenzialità e sviluppi degli esiti della ricerca

Nelle parti precedenti sono stati illustrati i risultati di una ricerca condotta dagli autori nel corso di diversi anni.

I principali risultati sono riassumibili in un Modello di Rappresentazione della Conoscenza Progettuale, che abbiamo chiamato BKM (*Building Knowledge Modeling*) e in una Piattaforma per la Progettazione Architettonica Collaborativa, che abbiamo chiamato ABCDp (*Architectural and Building Design Platform*).

Si è anche proceduto ad effettuare una implementazione, in parte concettuale e in parte tecnologica, di un prototipo che ne ha consentito di verificare la fattibilità realizzativa. Il suo funzionamento è stato verificato tramite una applicazione (semplificata) a casi di studio complessi per i quali gli attuali strumenti di supporto alla progettazione risultano tuttora insufficienti.

Questa validazione ha dimostrato quanto la rappresentazione formale della conoscenza apra a notevoli sviluppi per quanto attiene alla computabilità delle soluzioni progettuali, all'immediato riscontro di criticità progettuali e alla verifica della rispondenza di quanto progettato agli obiettivi preposti.

Si è così giunti alla convinzione che lo sviluppo industriale di questa piattaforma si traduca nella realizzazione di una nuova generazione di strumenti di supporto per la progettazione collaborativa, consentendo ai diversi attori di condividere non solo i dati, ma concetti e regole di ragionamento.

Infatti l'introduzione e il miglioramento di meccanismi di ragionamento attivabili secondo necessità va oltre le potenzialità degli strumenti commerciali esistenti per il supporto all'attività decisionale.

Potenzialità e sviluppi del Modello BKM

Il modello BKM, descritto nella Parte III sia dal punto di vista concettuale che implementativo, è costituito dall'insieme delle Strutture di Conoscenza relative ai vari attori specialisti coinvolti (*Specialist Knowledge Structure*, SKS) nel processo di progettazione, tra loro connesse per tramite della struttura (rete semantica) delle entità presenti nelle varie SKS.

Si realizza così un complesso legame tra le varie SKS (ciascuna propria di ogni attore specialista) attraverso la rete di relazioni intercorrenti tra significati, proprietà e regole (MPR) di ciascuna entità per come essa appare in ognuna delle Strutture di Conoscenza Specialistiche.

Il modello così definito è potenzialmente capace sia di rappresentare la conoscenza necessaria e sufficiente per impostare e dar corso ad un processo di progettazione collaborativa tra molteplici specialisti di campi disciplinari anche assai differenziati, sia

di rappresentare la conoscenza “contenuta” nella soluzione finale come esito del processo progettuale.

Una delle ragioni di interesse del modello BKM risiede proprio in questo fatto: che consente di rappresentare nello stesso modo sia la conoscenza impiegata nella progettazione (*project independent*) che quella associata alla soluzione del processo progettuale (*project dependent*).

Questa dualità può dar luogo ad almeno due interessanti sviluppi del modello.

In termini di conoscenza generale non legata ad uno specifico progetto, o come l'abbiamo definita, di *project independent knowledge*, BKM può essere considerato come *un nuovo modo di rappresentare la conoscenza tecnica esplicita*, che attualmente viene rappresentata in forma di testi (libri, articoli, manuali etc.) o di software applicativi.

Nessuno può né vuole evidentemente mettere in discussione la validità di questi metodi di rappresentazione, alcuni dei quali antichi quanto la stessa scrittura simbolica pre-alfabetica, che sono stati e sono la base della accumulazione del sapere, e che continueranno ad essere la fonte primaria dell'insegnamento e della formazione culturale.

Purtuttavia se ne vogliono porre in evidenza alcuni limiti, che consistono essenzialmente nella mancanza di relazioni dirette tra le varie forme di conoscenza relative ai domini in cui si articola il sapere disciplinare.

Limiti che diventano maggiormente significativi quando si considera la rappresentazione di saperi differenziati che devono interagire in rapporto ad una finalità unitaria, come sempre avviene in ogni attività di progettazione e nella fattispecie in quella di opere di architettura.

Come sa bene chi si occupa di questi problemi sia nella pratica professionale che nell'insegnamento, la maggiore difficoltà si incontra proprio nel coordinare le tante e diverse competenze disciplinari specialistiche necessarie al progetto e farle convergere verso un obiettivo comune attivando un processo di collaborazione.

Il modello BKM si presta ad agevolare la risoluzione di tali problematiche sia nella formazione che nella professione, consentendo ai vari specialisti di ciascuna disciplina innanzitutto di vedere quali aspetti del proprio sapere sono coinvolti nello specifico problema progettuale e, cosa ancor più importante, di vedere e comprendere le interazioni tra il proprio sapere e quello degli altri attori coinvolti nel medesimo processo, spesso intenti a perseguire soltanto le proprie finalità.

Per ottenere tale risultato è necessario uno sviluppo del modello sia in *termini cognitivi* che *implementativi*, entrambi dimostratisi fattibili in base a quanto illustrato nel corso di questo volume.

In *termini cognitivi* ciò significa sviluppare la conoscenza tecnica nei dominî di applicazione del Processo, degli Attori, del Contesto e nei settori di intervento in cui si colloca il Prodotto.

Si tratta di produrre dei “*manuali attivi inter-referenziati*” che, per ogni settore di intervento (residenze, scuole, ospedali, uffici etc.) o sotto-settore, definiscano le “*entità edilizie*” di interesse insieme con i significati e relative proprietà e regole (MPR) specifiche di ogni area disciplinare ritenuta significativa per la elaborazione di un progetto.

In particolare la codifica della conoscenza *project independent*, che non varia da un progetto ad un altro, consente la memorizzazione di “*entità-master*”; ciò permette la creazione di “*librerie*” di entità (ad esempio, muri, porte, finestre, etc., ma anche stanze, aule, alloggi etc.), che possono essere utilizzate dai professionisti coinvolti in un processo di progettazione, così come da parte dei produttori di questi oggetti.

Nella costruzione di un “manuale” applicando il modello BKM, le entità vanno interconnesse nella rete semantica che, insieme alle relative MPR, costituisce la Struttura di Conoscenza Specialistica (*Specialist Knowledge Structure SKS*) dell’area disciplinare. Le varie SKS vanno a loro volta reciprocamente connesse tramite i riferimenti incrociati delle MPR relative alle medesime entità presenti nelle varie SKS.

Ulteriormente, i significati, le proprietà e le regole (*Meaning, Properties, Rules* MPR) di ciascuna entità vanno interconnessi con le proprietà e regole delle entità costituenti i dominî del Processo, degli Attori e del Contesto, nelle possibili opzioni previste e da compilare all’inizio del processo di consultazione del “manuale”.

Le caratteristiche delle entità di questi dominî rappresentano pertanto dei *parametri* rispetto ai quali le MPR delle entità edilizie (del Prodotto) si caratterizzano come *variabili*. Fissando pertanto i valori dei parametri vengono “inizializzati” i valori delle variabili del problema progettuale.

L’insieme complesso così definito consente a ogni soggetto interessato di consultare le problematiche progettuali del dato settore di intervento connesse con il proprio ambito disciplinare; gli consente altresì di esplorare le ulteriori competenze necessarie per la progettazione e le implicazioni che queste hanno sul proprio intervento.

È possibile così attivare un processo conoscitivo interdisciplinare che consente simulazioni e verifiche interattive del problema.

Ciò introduce, sul *piano didattico*, una formazione alla collaborazione progettuale in una forma assai più diretta e immediata di quanto possa essere effettuato con i tradizionali manuali o testi scientifici e/o didattici.

Sul *piano professionale* l’uso di una manualistica siffatta agevola notevolmente sia la consultazione delle caratteristiche specifiche dell’ambito disciplinare dello specialista, sia la comprensione, per quanto necessario, delle caratteristiche degli altri ambiti disciplinari con i quali ogni specialista è chiamato ad interagire.

Infatti, associando alle entità le relative informazioni MPR è possibile ridurre la

quantità di interpretazione individuale da parte di specialisti di dominî distinti che collaborano e superare, almeno in parte, le carenze e le incomprensioni tra i professionisti derivanti da differenze di formazione e di “visione del mondo”.

La costruzione di un impianto conoscitivo del tipo sopra descritto richiede un grande dispendio di energie in termini di differenziazione di competenze e di quantità di lavoro: è, in altri termini, la istituzione di una nuova e diversa forma di “*manualistica operativa dell'architettura e dell'edilizia*”, con numerosi soggetti chiamati a formulare le specifiche di quanto abbiamo sopra descritto, per ogni settore di intervento considerato.

È altrettanto vero, però, che una simile operazione di costruzione e aggiornamento continuo avrebbe come conseguenza un grande positivo impatto sulla qualità della formazione e della progettazione dell'architettura.

Meno complesso e di dimostrata fattibilità è l'*aspetto implementativo* del sistema cognitivo conseguente all'applicazione del modello BKM.

L'uso delle *ontologie* quale strumento rappresentativo di insiemi conoscitivi complessi per consentire operazioni di selezione, *query* e *retrieving* è ormai ampiamente diffuso e utilizzato nei più diversi dominî applicativi.

Nel corso del lavoro di ricerca ne sono state esplorate le potenzialità tecniche e riteniamo che, almeno nel prossimo futuro, corrispondano perfettamente agli obiettivi del lavoro implementativo.

Diverso è il ricorso ai linguaggi di programmazione, che potranno essere selezionati in rapporto alla complessità del lavoro implementativo e all'avanzamento della ricerca informatica. Purtroppo tali modifiche tecniche non inficiano in nulla la generalità e l'implementabilità del modello.

Altro caso di notevole interesse dell'applicazione del modello BKM è nell'uso che se ne può fare della conoscenza legata ad una soluzione progettuale compiuta, ovvero ad un *progetto* compiuto ed integrato.

Siamo in presenza di quella che abbiamo chiamato conoscenza dipendente da uno specifico progetto o *project dependent knowledge*.

Nelle parti precedenti di questo lavoro abbiamo visto che nel corso dello sviluppo progettuale le soluzioni parziali sono costituite da *strutture di dati* direttamente dipendenti dalle strutture di *conoscenza specialistiche* SKS di ogni attore coinvolto nel processo.

In genere le soluzioni parziali *non* sono tra loro coerenti e congruenti fino al termine del processo (e talvolta nemmeno allora!), ma via via convergono a seguito dell'attività di collaborazione degli attori, fino a quando le (principali) incongruenze e conflitti non siano considerati risolti.

A questo punto la soluzione finale (il progetto integrato in tutte le sue componenti) è costituito da un insieme coerente di strutture di dati, che possono confluire in un'unica grande struttura unitaria.

In realtà ciò in realtà non avviene: infatti i documenti finali (testi, grafici, calcoli) di un progetto restano separati e distinti per specifiche competenze.

Risulta tuttavia estremamente significativo mantenere ciascuna *struttura di dati*, costituente la porzione del progetto (o soluzione parziale) di ogni attore, associata alla conoscenza specifica (*project dependent*) che la ha generata.

Sarà così possibile in qualsiasi momento, da parte di qualsiasi operatore, “consultare” il progetto in forma dinamica e interattiva per ricevere informazioni complete e strutturate sulla natura delle soluzioni adottate da ogni specialista (espresse in termini di significati, proprietà e regole applicate ad ogni entità o loro *assembly*). Sarà così possibile anche comprendere (almeno in parte) le motivazioni di determinate scelte tecniche e le implicazioni che queste comportano sulle altre componenti del progetto.

Ulteriore valore aggiunto derivante dall'applicazione del modello BKM alla “lettura” del progetto consiste nella sua *complementarità con il modello BIM*.

Per quanto detto in precedenza, la struttura di dati del progetto può essere espressa in molteplici forme, in rapporto al modellatore utilizzato.

Sempre più diffuso oggi diventa il ricorso a modellatori BIM (vedi ad esempio REVIT) sollecitato anche dalle normative ed indirizzi del settore produttivo e dalle Pubbliche Autorità per migliorare la coerenza delle soluzioni progettuali nelle fasi di appalto, di costruzione e di gestione dell'intervento.

Orbene, risulta evidentemente di semplice attuazione associare la struttura di dati (o meglio, l'insieme delle strutture di dati) del progetto con un modellatore BIM, e per questo tramite associare le varie *strutture di conoscenza specialistiche - project dependent* direttamente con il relativo modello BIM.

Risulta evidente la grande potenzialità di questa associazione: nell'impiego del modello BIM nelle fasi attuative e gestionali sarà sempre possibile l'interrogazione e la verifica interattiva delle proprietà degli oggetti considerati e delle regole che ne hanno guidato la definizione sia in termini concettuali che tecnici.

Ciò consentirà, in qualsiasi momento del ciclo edilizio, di intervenire per modificare consapevolmente quanto necessario, conoscendo, per mezzo di simulazioni, le implicazioni che tali interventi possono avere sul singolo oggetto e sulla propagazione degli effetti negli altri oggetti.

In ultima analisi, le implicazioni che il modello BKM può avere nel “fare architettura” sono molteplici.

Sotto forma di “manuali attivi inter-referenziati” forniscono un supporto alla attività di progettazione collaborativa, favorendo lo scambio delle informazioni trans-disciplinari.

La conoscenza interdisciplinare consente di generare modelli di simulazione ben più complessi di quanto avvenga in termini tradizionali, attivando verifiche assolutamente innovative. Ne è esempio l'originale modello di simulazione del compor-

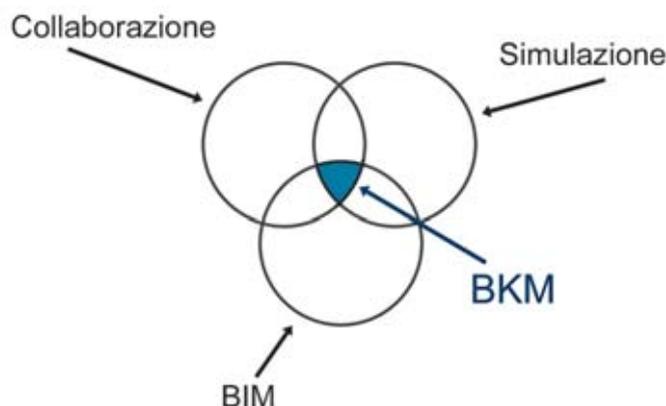


Figura 86. Il modello BKM in relazione alle sfere della collaborazione, della simulazione e della modellazione BIM.

tamento dinamico e interattivo degli utenti in un complesso ospedaliero, elaborato da Davide Simeone nell'ambito del Dottorato di ricerca in Ingegneria dell'Architettura della Università Sapienza di Roma (Simeone e Kalay, 2012; Simeone et al., 2013).

L'associazione del modello BKM con modelli BIM consente di potenziare, come si è visto, l'uso di quest'ultimo in termini di gestione del processo attuativo degli interventi.

In sostanza il modello BKM si pone al centro e tramite di una terna di sfere di interesse in genere tra loro assolutamente distinte: la collaborazione progettuale, i processi di simulazione, la modellazione BIM, integrandole in una sintesi foriera di miglioramenti della qualità del prodotto di architettura.

Potenzialità e sviluppi della Piattaforma ABCD

La piattaforma ABCD descritta nella Parte IV è stata concepita per essere lo strumento di gestione del modello BKM nella progettazione architettonica collaborativa. La sua finalità è dunque focalizzata sulla *gestione della collaborazione*.

Come si è detto, la piattaforma consente l'uso interattivo del modello BKM favorendo la comprensione vicendevole tra specialisti di domini disciplinari diversi e l'interoperabilità tra concetti. Ammette inoltre, e non è il minore dei vantaggi, l'impiego degli strumenti software normalmente usati dai progettisti affiancando loro un ambiente condiviso, finalizzato alla collaborazione progettuale orientata alla risoluzione congiunta delle problematiche legate allo specifico progetto.

È dotata di autonomia implementativa e in quanto "strumento" è assai più sensibile del modello BKM alla tecnologia informatica utilizzata per la sua realizzazione.

Gli elementi costitutivi fondamentali sono: i “*filtri*”, gli “*spazi di lavoro*” e i “*meccanismi di trasferimento*”, che si applicano alle Strutture di Conoscenza del modello BKM.

Si è visto come nel modello BKM la relazioni tra due o più Strutture di Conoscenza di altrettanti attori vengano messe in relazione attraverso le caratteristiche MPR di entità corrispondenti (vedi Parte III cap 3.3). Orbene, la piattaforma consente agli attori di selezionare nella propria Struttura di Conoscenza Specialistica SKS le corrispondenze ritenute significative con le entità presenti nelle SKS degli altri attori. Si realizza in tal modo una relazione che consente di trasferire da un attore agli altri soggetti tutte e solo le informazioni (dati) e le relative conoscenze di loro interesse, realizzando quello che abbiamo chiamato “*meccanismo di filtro*”.

Altro aspetto cruciale della piattaforma risulta essere l’*interfaccia utente* (ad oggi solo parzialmente implementata) nella quale si visualizzano gli *spazi di lavoro*, sia quello *comune*, condiviso con gli altri attori, nel quale compaiono le soluzioni parziali “semanticamente impoverite”, sia quello *privato*, nel quale ogni attore elabora la propria soluzione parziale e ne verifica la correttezza dei contenuti.

Si realizza in tal modo un ambiente per lo scambio di dati, concetti, obiettivi, vincoli e regole attraverso una semantica condivisa e comprensibile a tutti gli attori coinvolti.

L’elemento maggiormente distintivo della piattaforma è tuttavia il *processo di gestione collaborativa* del progetto, che si sviluppa secondo un work-flow definito da protocolli interni allo specifico progetto.

Come si mostra nella terza e quarta Parte, il processo di progettazione richiede di essere *inizializzato* con la selezione degli attori e, per ciascuno di essi, con la selezione delle entità di proprio interesse definendo così la propria struttura di conoscenza specialistica SKS. Questa in genere sarà desunta da uno o più “manuali inter-referenziati” in cui sia implementato il modello BKM.

Tuttavia, nel caso in cui siano assenti particolari entità o siano da aggiungere e/o modificare nuove caratteristiche MPR, il *Project Manager* potrà intervenire, su richiesta, per sopperire a tali evenienze.

Il project manager assume così un nuovo ruolo, di particolare importanza nel processo di progettazione collaborativa: non partecipa direttamente a questa, ma ne effettua un controllo continuo, per verificarne la correttezza attuativa.

Di fatto la collaborazione viene effettuata *on line* e in tempo reale direttamente dagli attori, nel rispetto dei protocolli definiti all’inizio del processo.

Il project manager ha il doppio compito, di controllare il rispetto dei protocolli e di sovrintendere alle operazioni di inizializzazione, incluse le integrazioni relative alle entità e alle loro MPR richieste dagli attori in corso d’opera.

Allo stato attuale sono stati implementati concettualmente, e in parte informaticamente, i diversi componenti della piattaforma applicando linguaggi formali per la modellazione della conoscenza mediante ontologie e programmando applicazioni “*plug-in*” e software ad hoc per le diverse fasi dello specifico processo di progettazione collaborativa assunto come caso di studio e verifica.

Pur nella sua limitatezza tecnologica, l'implementazione del prototipo è sufficiente a dimostrare la validità degli assunti teorici e ha posto le basi per ulteriori sviluppi di tipo industriale per la realizzazione di una nuova generazione di strumenti di supporto alla progettazione edilizia.

Per raggiungere questo fine è tuttavia richiesto preliminarmente un ulteriore passo intermedio di sviluppo tecnologico per la realizzazione di un prototipo pre-industriale, comprensivo di una idonea interfaccia utente (*graphic user interface*) che eventualmente consenta ulteriori funzionalità specialistiche.

Solo in seguito alla realizzazione e validazione su larga scala di questo prototipo di seconda generazione si ritiene sia praticabile lo stadio finale di ricerca industriale per la produzione di un prodotto commerciale consistente in un sistema di supporto alla progettazione di nuova generazione, da "montare" al di sopra degli usuali strumenti software di progettazione (da qui il termine "*piattaforma*").

* * *

Abbiamo visto che il modello BKM gode di autonomia rispetto alla piattaforma; tuttavia nel loro insieme possiedono un valore aggiunto rispetto alla semplice loro somma, consentendo un supporto completo alla progettazione e favorendone il processo collaborativo.

Tuttavia anche la piattaforma ABCDp può essere anche usata "vuota", cioè senza la acquisizione di manuali "inter-referenziati" già predisposti, ma lavorando sul semplice "*template*" (struttura non compilata) del BKM, definendo le entità progettuali e le loro caratteristiche, secondo le specificità del team di professionisti.

Questo vale specialmente nei casi di organizzazioni professionali fortemente strutturate nelle quali vi sia una grande mole di esperienze acquisite che sfuggono ad una definizione "*ready-made*" da parte di soggetti terzi.

Ma la scelta di compilare autonomamente il *template* può essere necessaria nei casi di problematiche progettuali sperimentali, innovative o nelle quali non siano maturate sufficienti esperienze: in tali situazioni la messa a sistema delle diverse competenze coinvolte può fornire un fondamentale supporto all'ideazione e alla creatività (sempre che i soggetti coinvolti ne siano dotati!).

In questi casi l'uso/riuso intelligente della conoscenza organizzativa acquisita attraverso l'esperienza, è in grado di ridurre significativamente il tempo speso per risolvere problemi relativi al processo/prodotto e, in ultima analisi, di aumentare la qualità del lavoro finale.

Nella sua presente configurazione la Piattaforma è applicabile a processi di progettazione di nuove costruzioni; tuttavia si ritiene che la piattaforma sia perfettamente applicabile anche a situazioni di restauro, ristrutturazione o comunque di intervento sull'esistente, con grande vantaggio per questi settori.

Si è infatti riscontrato che per questi interventi non esistono ad oggi strumenti efficaci per la modellazione informativa degli stessi: non esistono basi di dati (né tan-

tomeno di conoscenza) strutturate che possano fornire supporto ai progettisti nell'analisi delle possibili modalità di intervento, di risultati di casi assimilabili, *best-practices* e quant'altro.

Attualmente gli autori sono impegnati in un vasto progetto di ricerca di interesse nazionale (PRIN) finanziato dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, nell'ambito del quale stanno sviluppando l'applicazione del modello BKM e della piattaforma ABCD al restauro di monumenti archeologici, nella fattispecie di strutture ipogee di epoca tardo-antica.

Questo caso di studio si colloca nell'obiettivo più generale di esplorare quel vasto campo del settore delle costruzioni che include ogni forma di intervento sul patrimonio edilizio esistente, per verificare quali e quanti adattamenti richiedano il modello e la piattaforma.

È inoltre attualmente in corso la valutazione delle possibilità di applicazione del prodotto della presente ricerca in altri domini.

Infatti, pur essendo stata sviluppata per l'ambito edilizio, la base teorica su cui si fonda il Modello BKM ammette molteplici generalizzazioni e trasferimenti in domini disciplinari e contesti applicativi di tutt'altra natura.

È un fatto che strutture complesse basate sulle Ontologie sono oggi impiegate in Medicina per la *reasoning* finalizzato alla diagnosi e/o comparazioni con casi di studio analizzati in passato.

L'estrema scalabilità e versatilità degli strumenti impiegati apre a molteplici sviluppi futuri.

L'interesse principale degli autori, anche e soprattutto con riferimento alle loro competenze specifiche, resta tuttavia orientato allo sviluppo di un prototipo pre-industriale della Piattaforma in ambito edilizio.

Si prevede di inserire ulteriori funzionalità di verifica e simulazione dell'edificio tramite sistemi di modellazione non deterministica degli utenti, come già definiti concettualmente nel corso di ricerche parallele già citate (op. cit. Simeone).

Questi sviluppi consentiranno anche nelle fasi iniziali della progettazione di verificare l'effettiva rispondenza dell'organismo architettonico (nel caso in esame, un ospedale) alle finalità cui esso è destinato, nonché alla formazione del personale.

La possibilità di coordinare il processo di progettazione tra i diversi attori (compresi i clienti) e di valutare la qualità funzionale dell'edificio prima della sua costruzione aumenterà le possibilità di soddisfazione per il cliente e fornirà maggiori garanzie di futura efficienza e prestazioni raggiunte.

In conclusione gli autori ritengono consapevolmente che il modello BKM e la relativa piattaforma ABCD, qualora convenientemente sviluppati e implementati industrialmente sotto forma di prodotti distribuibili, consentano importanti vantaggi sia in termini professionali che formativi.

In questo lavoro gli autori si sono impegnati per lunghi anni con molti sforzi e sacrifici, e quanto qui riportato ne è il risultato.

Il compito che si sono assunti è stato quello di esplorare un nuovo mondo e di verificarne la praticabilità. Il loro lavoro è stato essenzialmente di tipo concettuale. Gli sviluppi attesi sono essenzialmente di tipo tecnologico e richiedono mezzi tecnici e finanziari che solo l'industria può dare.

Il futuro, come dicevano gli antichi, riposa sulle ginocchia di Giove.
E il seguito, se verrà, sarà compito delle giovani generazioni.

Diffusione vietata salvo esclusivo uso concorsuale

Diffusione vietata salvo esclusivo uso concorsuale

BIBLIOGRAFIA
APPENDICE

Diffusione vietata salvo esclusivo uso concorsuale

Bibliografia

- Anderson, P.W. (1972), "More is Different", *Science, New Series*, vol. 177, Agosto, pp. 393-396.
- Banham R. (2004), *Architettura della seconda età della macchina. Scritti 1955-1988*, a cura di M. Biraghi, Mondadori Electa.
- Banham R. (2005), *Architettura della prima età della macchina*, a cura di M. Biraghi, Christian Marinotti Edizioni.
- Beetham, H. and Sharpe, R. (eds) (2007), "Rethinking Pedagogy for a Digital Age", Oxford, RoutledgeFalmer.
- Berger, P.L. e Luckmann, T. (1967), *The social Construction of Reality*, New York: Anchor Books.
- Björk, B.C. (1989), *Information Technology in construction: domain definition and research issues*, *Computer Integrated Design and Construction*, vol.1(1), pp. 3-16.
- Böhms, M et al. (2006), "Semantic Web –based Open engineering Platform", EU STRP 016972 report D23 draft version available at <http://www.swap-project.eu> (last acceset 2007).
- Bugliolo, D. (2000), "Knowledge vs Information et KM-Appunti: 2" *Ontologie AIDA Informazioni*, 2000, p. 24-28. CICS - Centro interdipartimentale per il calcolo scientifico Università degli Studi di Roma "La Sapienza" <http://www.aidainformazioni.it/pub/kmapunti12000.html> (ultimo accesso dicembre 2008).
- Carrara, G, Cocomello, P. e Paoluzzi, A. (1980), *Modelli per l'analisi del sistema tipologico ambientale*, Roma: Tipografia E.S.A.
- Carrara, G., Fioravanti, A. and Novembri, G. (1989), "Towards a New Generation of Computer Assistants for Architectural Design: An Existing Scenario", proceedings of ECAADE Conference, Aarhus, Denmark.
- Carrara, G., Kalay, Y.E. (1994), "Past, present, future: process and Knowledge in Architectural Design", in G Carrara and YE Kalay (eds.), *Knowledge-Based Computer-Aided Architectural Design*, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, pp. v-vii, 147-201, 1994).
- Carrara, G., Kalay, Y.E. and Novembri, G. (1994), "Knowledge-Based Computational Support for Architectural Design", *Reconnecting, ACADIA Conference Proceedings*, Saint Louis, pp. 5-12.
- Carrara, G., Confessore G., A. Fioravanti and Novembri, G. (1995), "Multimedia and Knowledge-based Computer-aided Architectural", in B. Colajanni and G. Pellitteri (eds), *Multimedia and Architectural Disciplines*, Proceedings of the 13th eCAADe Conference, Palermo, Italy.
- Carrara, G., Fioravanti, A., and Novembri, G. (1997), "An Intelligent Assistant for architectural design studio", eCAADe 1997 Conference, Wien, Web page <http://info.tuwien.ac.at/ecaade/proc/carrara/carrara.htm>
- Carrara G. e Fioravanti A. (1999), *Progettazione - Verso il tezo millennio. Innovazione nel processo di progettazione edilizia*, Artigiana Multistampa Snc, Roma.
- Carrara, G. (2000), *Il Processo Edilizio ed il Processo di Progettazione*, Roma: Artigiana Multistampa Snc.
- Carrara, G., Fioravanti, A., Novembri, G., Brusasco, P.L., Caneparo, L. and Zorgno, A.M. (2000), "Computer Supported Design Studio", *Automation in Construction*, vol. 9, pp. 393-408.
- Carrara G. and Fioravanti A. (2001), "A Theoretical model of shared distributed knowledge bases for collaborative architectural design", in J. Gero e K. Hori eds. *Strategic Knowledge and Concept Formation III*, Sydney: Key Centre of Design Computing and Cognition, University of Sydney, pp. 129-143.
- Carrara, G, Fioravanti, A, Novembri, G (2001), *Knowledge-based System to Support*

- Architectural Design, in H Penttila (ed.), *Architectural Information Management*, eCAADe 2001 Conference Proceedings, Helsinki, pp. 80-85.
- Carrara, G. e Fioravanti, A. (2002), "Private Space and Shared Space: Dialectics in Collaborative Architectural Design", *Collaborative Decision-Support Systems, Focus Symposium and InterSymp Conference Proceedings*, Baden-Baden, pp. 27-44.
- Carrara, G., Fioravanti, A. (2004), "How to construct an audience in Collaborative Design - The Relationship among which Actors in the Design Process", in Rudiger, B, Tournay, B and Orbaek, H (eds), *Architecture in the Network Society*, Vester Kopi A/S, 22nd eCAADe Conference Proceedings, Copenhagen, pp. 426-434.
- Carrara, G., Fioravanti, A. and Nanni, U. (2004), "Knowledge Sharing, not MetaKnowledge. How to join a collaborative design Process and safely share one's knowledge", in J Pohl (ed.) *Intelligent Software System for the New Infostructure*, Focus Symposium and InterSymp-2004 Conference Proceedings, Baden-Baden, pp. 105-118.
- Carrara, G. and Fioravanti, A. (2005), "The Quest for the Holy Grail - Holistic Collaborative Design", *Digital Design: The Quest for New Paradigms*, 23rd eCAADe Conference Proceedings, Lisbon, Portugal, pp. 211-218.
- Carrara, G. e Fioravanti, A. (2007), "X-House - A Game to Improve Collaboration in Architectural Design", *Predicting the Future*, 25th eCAADe Conference Proceedings, Frankfurt am Main, Germany, pp. 141-149.
- Carrara G., (2008), *La rappresentazione e la gestione della conoscenza tecnica nel processo collaborativo di progettazione dell'architettura*, in: *Nella Ricerca*, Annali del Dipartimento di Architettura e Urbanistica per l'Ingegneria, La Sapienza, Roma. Gangemi Editore, Roma.
- Carrara G., Fioravanti, A. e Nanni, U. (2009a) "Knowledge-based Collaborative Architectural Design", *International Journal of Design Sciences and Technology*, vol. 16 pp. 1-16.
- Carrara, G., Fioravanti, A., Loffreda, G. and Trento, A. (2009b), "An Ontology-based Knowledge Representation Model for Cross-Disciplinary Building Design: A General Template", *Computation: The New Realm of Architectural Design*, 27th eCAADe Conference Proceedings, Istanbul, pp. 367-374.
- Carrara, G., Fioravanti A. and Kalay, Y.E. (2009c), "Enhancing multi-disciplinary collaboration through semantically rich representation", *Automation in Construction*. vol.10 (6), pp. 741-755.
- Carrara, G., Fioravanti A. and Trento, A. (2010), "Interoperabilità e Collaborazione", *Atti del convegno "Progetto di Architettura e Interoperabilità - Architectural Design and Interoperability"*, XXIII Congresso Mondiale dell'Architettura -XXIII UIA World Congress of Architecture, Torino, pp. 27-33.
- Carrara, G., Fioravanti A. and Trento, A. (2011), *Connecting Brains - Shaping the World, Collaborative Design Spaces*. Europia Productions Paris, France, 327 pp. ISBN 979-1-090094-05-5.
- Cheng N.Y. (2003), *Approaches to design collaboration research*, *Automation in Construction*, vol. 12(6), pp.715-724.
- Ciribini, A. (2013), *L'information modeling e il settore delle costruzioni: IIM e BIM*, Maggi Editore, Collana Politecnica.
- Ciribini, A. (2014), *Building Information Modeling: avvertenze per l'uso nel Settore delle Costruzioni in Italia*, Brescia.
- Cross, N. (1985), *L'architetto automatizzato*, Liguori S.r.l., Napoli.
- Dakros, N and Knox, R.E. (2004), "You Need More Than E-Mail to Share Tacit Knowledge", *Stamford Gartner Research*, available at: <https://www.gartner.com/doc/450075/need-email-share-tacit-knowledge>.
- Damasio A. (1994), *L'errore di Cartesio*, Milano: Adelphi.
- Eastman, C., Jeng, T.S., Chowdbury, R. and Jacobsen, K. (1997), "Integration of Design

- Applications with Building Models”, CAAD Futures 1997 Conference Proceedings, München, pp. 45-59.
- Eastman C.M. ed. (1998), Special Issue: Teamcad Workshop, Automation in Construction, vol. 7(6).
- Eastman, C. (1999), Keynote address and paper: “Representation of Design Processes”, Conference on Design Thinking, MIT.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. and Liston, K. (2008), BIM Handbook: A Guide to Building Information Modelling, Hoboken: NJ, John Wiley & Sons.
- Eastman, C., Jeong, Y.S., Sacks, R. and Kaner, I. (2010), “Exchange Model and Exchange Object Concepts for Implementation of National BIM Standards”, Journal Of Computing In Civil Engineering, vol. 24(1), pp. 25.
- Fagin R. et al. (1996), “Reasoning about Knowledge”, MIT, cap. 4.
- Fioravanti A. (2002), “The relations among the actors and the architectural project in the design process: a rugby match”, [Designeducation] Connecting the Real and the Virtual, 20th eCAADe Conference Proceedings, Warsaw, pp. 318-321.
- Fioravanti, A. (2008a), “An e-Learning Environment to Enhance Quality in Collaborative Design. How to Build Intelligent Assistants and “Filters” Between Them”, *Arhitektura I Sovremennyye Informacionnyye Tehnologii*, vol. 5(3): 1-12.
- Fioravanti, A. (2008b), “Creatività, Progettazione, Architettura (e ICT): alla ricerca di incubatori e di interfacce”, in Imbesi G., Lenci R., Sennato M. (eds) Nella Ricerca. pp. 43-60, Roma: Gangemi Editore.
- Fioravanti, A. e Loffreda, G. (2009), “Formalizing and Computing Ontologies to Speed Up the Construction of Knowledge-based Collaborative Systems: Three Different Approaches”, Computation: The New Realm of Architectural Design, 27th eCAADe Conference Proceedings, Istanbul, pp. 341-348.
- Fioravanti, A., Loffreda, G., and Trento, A. (2011a), “An innovative comprehensive knowledge model of architectural design process”, International Journal of Design Sciences & Technology Volume 18 Number 1, pp. 1-18.
- Fioravanti, A., Loffreda, G., Trento, A. (2011b), “Computing Ontologies to Support AEC Collaborative Design - Towards a Building Organism delicate concept”, in Zupancic T. Juvancic A., Verovsek S., Jutraz A (eds) Respecting Fragile Places, eCAADe 2011 Conference Proceedings, Ljubljana, pp. 177-186.
- Fioravanti, A., Loffreda, G., Simeone, D., Trento, A. (2012), “Divide et Impera to Dramatically and Consciously Simplify Design - The mental/instance path - How reasoning among spaces, components and goals”, in Achten H, Pavlicek J, Hulín J, Matejovska D (eds) Digital Physicality, eCAADe 2012 Proceedings, Vol. 1 pp. 269-278.
- Fioravanti, A., Gargaro S, Cursi, S (2013), Awareness: the best tool for decision-making in the Collaborative Design process - Context ontologies and intelligent systems for early stage decisions in architectural design, in Engemann K.J. and Lasker G.E. (eds) *Advances in Decision Technology and Intelligent Information Systems* Proceedings, vol. XIV, pp. 42-46.
- FSF: <https://www.fsf.org/about/>
- Gero J.S. e Reffat R.M. (2001), “Multiple representations as platform for situated learning systems”, Designing, Knowledge-Based Systems, vol. 14(7), pp. 337-351.
- Gero, JS. e Kannengiesser, U. (2004), “Modelling expertise of temporary design teams”, Journal of Design Research, vol. 4, no. 3.
- Giedion, S. (1948), *Mechanization Takes Command: A Contribution to an Anonymous History*, New York: Oxford University Press.
- Gross, M.D., Do, E.Y., McCall, R.J., Citrin, W.V., Hamill, P., Warmack, A. and Kuczun, K.S. (1998), “Collaboration and coordination in architectural design: approaches to computer mediated team work”, Automation in Construction, vol. 7, pp. 465-473.

- Gruber T.R. (1993), "Towards principles for the design of ontologies used for knowledge sharing". In: Guarino N. & Poli R. (eds.): *Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation*, Kluwer Academic Publishers, Deventer, the Netherlands.
- Hietanen, J. (2006), "IFC Model View Definition Format", International Alliance for Interoperability (IAI), (http://www.iai.international.org/software/MVD_060424/IAI_IFCModelViewDefinitionFormat.pdf), Mar. 15, 2009.
- Hobbs, R.W. (1996), "Leadership through collaboration", *AI Architect*, vol. 3, pp. 1.
- Hofstadter D.R. (1979), *Gödel, Escher e Bach An Eternal Golden Braid*, New York: Basic Book.
- Hofstadter, D.R. and Mitchell, M. (1988), "Concepts, Analogies, and Creativity" *Proceedings of the Canadian Society for Computational Studies of Intelligence*, (ed. by R. Goebel), pp. 94-101.
- Hofstadter, D.R. and Mitchell, M. (1988), "Conceptual Slippage and Analogy-Making: A Report on the Copycat", *Project.Proceedings of the Tenth Annual Conference of the Cognitive Science Society*, pp. 601-607.
- Jeng, T. and Eastman, C.M. (1998), "A database architecture for design collaboration", *Automation in Construction*, vol. 7(6), pp. 475-483.
- Jeong, Y. and Trento, A. (2008), "Interleaving Semantics: a Filter Mediated Communication Model to Support Collaboration in Multi-Disciplinary Design", *Architecture in Computro*, 26th eCAADe Conference Proceedings, Antwerpen, pp. 643-652.
- Kalay, Y. (2009), *Collaborative Working Environments for Architectural Design*, Roma: Palombi.
- Kavakli, M. (2001), "NoDes: kNOWLEDge-based modeling for detailed DESign process - from analysis to implementation", *Automation in Construction*, Vol. 10 (4), pp. 399-416.
- Khemlani, L. (2003), "Should We BIM? Pushing the State of the Art in AEC", *CADence*, vol. 18(6), pp. 6-12.
- Khemlany, L. (2008), "Technology Adoption and Implementation at HOK", *AECbytes*, November 25.
- Khun, T. (1962), *Structures of Scientific Revolution*, Chicago: University of Chicago Press.
- Kolarevic, B. Schmitt, G., Hirschberg, U., Kurmann, D. and Johnson, B. (2000) "An experiment in design collaboration", *Automation in Construction*, vol. 9(1), pp. 73-81.
- Konar, A. (2005), *Computational Intelligence - Principles, Techniques and Applications*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Kvan T. (2000), Collaborative design: what is it?, Martens, B. (guest ed.), Special Issue eCAADe '97, *Automation in Construction*, 9(4) 409-415.
- Laiserin, J. (2000), "Collaborative AEC Design", *CADence*, vol. 15(11) pp. 10-17.
- Laiserin, J. (2001), "AEC Collaboration", *CADence*, vol. 16(6) pp. 10-17.
- Lee AWK. (2006), "Design Computing Education Software Development Integration of Scaffolding Strategies and Multiple Representations", in K Koszewski and S Wrona (eds), [Designeducation] *Connecting the Real and the Virtual*, 20th eCAADe Conference Proceedings, Warsaw, pp. 140-143.
- Lenzerini, M. (2005), "Logiche descrittive per l'integrazione di dati e servizi". Forum PA, 2005 Roma.
- Lima, C., Fies, B., Zarli, A., Bourdeau, M., Wetherill, M. and Rezgui, Y. (2002), "Towards an IFC-enabled ontology for the Building and Construction Industry: the e-COGNOS approach". In: Rezgui Y., Ingiride B. & Aouad G. (eds.) *Towards a European Knowledge Economy in the Construction and Related Sectors*, Proc. of the eSM@RT 2002 Conference, Salford, UK, pp. 254-264 (part A).
- Loffreda, G. (2009), *Un modello di Rappresentazione della Conoscenza basato sulle Ontologie per la Progettazione Edilizia Multidisciplinare*, Tesi di Dottorato in Ingegneria Edile-Architettura, ciclo XXII, Sapienza Università di Roma.
- Mac Luhan, M. (1967), *Understanding Media: The Extensions of Man*, Gingko Press, tradotto in italiano in *Gli strumenti del comunicare*, Milano: Il Saggiatore, 1967.

- McCarthy, J. (1960), "Recursive functions of symbolic expressions and their computation by machine", *Communication of the ACM* I, vol. 7, pp. 184-195.
- Maggi, P.N. (1994), *Il processo edilizio*, Vol. 1, CittàStudi, Milano.
- Michalski, R.S. and Stepp, R.E. (1984), "Learning from Observation: Conceptual Clustering", in R.S. Michalski, J.G. Carbonell, and T.M. Mitchell (eds), *Machine Learning. An artificial Intelligence Approach*. Springer-Verlag, New York.
- Minski, M. (1989), *La società della mente*, Milano: Adelphi.
- Mitchell, W.J. (2001), *City of Bits*, MIT press.
- Moynihan, D. P. (1969), *Maximum Feasible Misunderstanding*, New York: Free Press.
- Negroponte, N. (1975), *Soft Architecture Machines*, MIT, Cambridge, MA, US.
- NIBS. (2008), *United States national building information modeling standard version 1 - Part 1: Overview, principles, and methodologies*. (<http://www.wbdg.org/bim/nbims.php>).
- Norma n. UNI829001-83-1981-EIT.
- Norman, D. and Zhang, J. (1994), 'Representations in Distributed Cognitive Tasks', *Cognitive Science Tasks*, vol. 18, pp. 87-122.
- Novembri, G. (1987), *Progettazione edilizia e tecniche dell'artificial intelligence*, Tesi di Dottorato in Ingegneria Edile-Architettura, ciclo I, Sapienza Università di Roma.
- Papamichael, K., Porta, J.L., Chauvet, H., Collins, D., Trzcinski, T., Thorpe, J. and Selkowitz, S. (1996), "The Building Design Advisor", *Design Computation: Collaboration, Reasoning, Pedagogy*, ACADIA Conference Proceedings, Tucson, pp. 85-97.
- Pawley, M. (1990), *Theory and Design in the Second Machine Age*, Blackwell Pub.
- Pevsner, N. (1945), *I pionieri dell'architettura moderna*, Milano.
- Pirsig, R.M. (1974), *Lo Zen e l'arte della manutenzione della motocicletta (Zen and the Art of Motorcycle Maintenance)*, traduzione di Delfina Vezzoli, Milano: Adelphi 1990.
- Poggi, A., Lembo, D., Calvanese, D., De Giacomo, G., Lenzerini, M. and Rosati, R. (2008), "Linking data to ontologies. J". on *Data Semantics*, X:133-173.
- Pohl, J., Chapman, A. and Pohl, K.J. (2000), "Computer-Aided Design Systems for the 21st Century: Some Design Guidelines", *Proceedings of the 5th Conference on Design and Decision Support Systems in Architecture*, Nijkerk, The Netherlands, August 20-25, 2000, pp. 307-324.
- Popper, K. (1975), *Conoscenza oggettiva. Un punto di vista evoluzionistico*, traduzione italiana di *Objective Knowledge: An Evolutionary Approach*, ed. 1972, Armando, Roma, 1975.
- Prigogine, I. e Stengers, I. (1979), *La nuova alleanza-Metamorfosi della scienza*, Einaudi, Torino: Einaudi.
- Reffat, R.M. and Gero, J.S. (2000), *Computational situated learning in design*, in J. S. Gero (ed.), *Artificial Intelligence in Design '00*, *Proceedings of AID'00 Conference*, Kluwer Academic Publishers, pp. 589-610.
- Rosenman, M.A., and Gero, J.S. (1996), "Modelling multiple views of design objects in a collaborative CAD environment", Gero, J.S., (guest ed.), *Special Issue: Artificial Intelligence in Computer-Aided Design*, *Computer Aided Design*, vol. 28 (3).
- Russel, S.J. e Norvig, P. (2010), *Intelligenza Artificiale - Un approccio moderno*, Vol. 1 e 2, ed. italiana a cura di Francesco Anigoni di *Artificial Intelligence - A modern approach*, 3rd ed., Pearson Education Italia - Prentice-Hall.
- Shank R.C., Abelson, R.P. (1977), *Script, Plans, Goal and Understanding*, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, N.J.
- Shibley, R.G. e Schneekloth, L. (1988), "Risking Collaboration: Professional Dilemmas in Evaluation and Design", *Journal of Architecture and Planning Research*, vol. 5, pp. 304-320.
- Simeone, D. and Kalay, Y.E. (2012), "An Event-Based Model to simulate human behaviour in built environments", in *Digital Physicality - Proceedings of the 30th eCAADe Conference - Volume 1*, Czech Technical University in Prague, Faculty of Architecture (Czech Republic), pp. 525- 532.

- Simeone, D., Kalay, Y., Schaumann, D. and Hong Seung Wan (2013), "Modelling and Simulating Use Processes in Buildings", in Stouffs R. and Sariyildiz S. (eds.), *Computation and Performance – Proceedings of the 31st eCAADe Conference – Volume 2*, Faculty of Architecture, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, pp. 59-67.
- Simeone, D. (2013), *Un modello di Simulazione del Comportamento Umano negli Edifici*, Tesi di Dottorato in Ingegneria Edile-Architettura, ciclo XXV, Sapienza Università di Roma.
- Simon, H. A. (1996), *The Sciences of the Artificial*, 3rd ed., Cambridge: The MIT Press.
- Simon, H.A. (1997), *Models of Bounded Rationality*, Cambridge, The MIT Press.
- Stiny, G. and Gips, J. (1972), "Shape grammars and the generative specification of painting and sculpture", *Information Processing*, vol. 71, pp. 1460-1465, North-Holland Publishing Company.
- Stiny, G. (2006), *Shape: Talking about Seeing and Doing*, Cambridge, MA: The MIT Press.
- Tagliagambe, S. (2001), *Reti e rappresentazione della conoscenza*, 'Nuova Secondaria', n. 4, 15, anno XIX, pp. 19-22.
- Tagliagambe S. (2011), *Andis Conference*, Bologna 31 Marzo 2011.
- Trento, A., Jeong, Y. (2007), "A Distributed Collaborative Model for Linking Semantics in Multi-Disciplinary Design", book from selected conference proceedings CollABD'07 - *Collaboration in Architectural and Building Design*, edited by Gianfranco Carrara and Yehuda Kalay, publisher Palombi editore, Rome, pp. 27-40.
- Trento, A. (2008), *Un modello di progettazione collaborativa per l'edilizia basato sulla rappresentazione della conoscenza. Sviluppo di un ambiente di investigazione scientifica e sperimentazione didattica*, Tesi di Dottorato in Ingegneria Edile-Architettura, ciclo XXI, Sapienza Università di Roma.
- Trento A. and Jeong Y.W. (2008), "Interleaving Semantics for Multi-Disciplinary Collaborative Design in A/E/C", *Collaboration and the Knowledge Economy: Issues, Applications, Case Studies*, conference proceedings of e-Challenges '08 Conference, pp. 649-656. Editors Paul Cunningham and Miriam Cunningham, IOS Press, Amsterdam.
- Trento, A., Loffreda, G., Kinayoglu, G. (2009), "Participative Technologies: An Internet-based environment to access a plural design experience- Knowledge modeling to support user's requirements formalization", conference proceedings eCAADe '09, *Computation: the New Real of Architectural Design*, Istanbul, pp. 515-522.
- Trento, A.; Fioravanti, A.; Loffreda, G. and Carrara, G. (2010), "Managing formalised knowledge to support collaborative design - A research approach for integrating and reasoning on different ontological levels". In: *10th Design & Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning*, Eindhoven, pp. 19.1-19.17.
- Ugwu, O., Anumbab, C.J. e Thorpe, A. (2005), "Ontological foundations for agent support in constructability assessment of steel structures – a case study", *Automation in Construction*, vol. 14, no 1, pp. 99-114.
- Carrara, G., Fioravanti A. and Wix, J. (1997), *ISO 10303 Part 106, BCCM (Building Construction Core Model) /T200*, draft.
- Woo, S., Lee, E. and Sasada T. (2001), *The multiuser workspace as the medium for communication in collaborative design*, *Automation in Construction*, 10(3) 303-308.
- Wurzer, G., Fioravanti, A., Loffreda G., Trento, A. (2010), "Function & Action - Verifying a functional program in a game-oriented environment", in Schmitt G et al. (eds) *Futures Cities*, 28th eCAADe Proceedings, vdf Hochschulverlag AG an der ETH, Zurich, pp. 389-394.
- Wurzer, G. (2009), "Systems - Constraining Functions through Processes (and Vice Versa)", in Cagdas G e Colakoglu B (eds) *Computation: The New Realm of Architectural Design*, 27th eCAADe Conference Proceedings, Istanbul, pp. 659-664.
- Zhang, F., Norman D.A. (1994), *Representations in Distributed Cognitive Tasks*, *Cognitive Science*, 18(1) 87-122.

Appendice

La rappresentazione delle entità grafiche

La presente Appendice rappresenta un approfondimento tecnico al presente volume.

In particolare, nel corso degli anni, molti sforzi sono stati destinati alla creazione di una teoria efficace di formalizzazione e gestione della Conoscenza. Parallelamente si è convenuto sulla necessità di creare collegamenti con strumenti di progetto normalmente impiegati nella pratica comune e proprio dagli sforzi ed i ragionamenti su tali argomenti sono scaturite le pagine che seguono.

Non ci saranno disamine teoriche su quanto precedentemente esposto bensì un collegamento tra le Strutture di Conoscenza sviluppate e software commerciali di visualizzazione delle soluzioni progettuali proposte; in particolare, il sistema sviluppato è orientato alla visualizzazione dei risultati dei constraint checking (verifiche di rispetto vincoli) e regole di ragionamento associate alle entità.

Come precedentemente illustrato, la progettazione edilizia si fonda sullo sviluppo di documenti ed elaborati che mediante rappresentazioni grafiche contribuiscono ad una esaustiva descrizione e rappresentazione dell'elemento "reale" cui ci si riferisce.

Nel corso degli anni, l'evoluzione da strumenti "analogici" (carta e matita, pennini a inchiostro), all'impiego di strumenti digitali e programmi di supporto alla progettazione prima bidimensionali (2D), poi tridimensionali (3D), quindi BIM (4D, 5D), ha modificato in maniera sostanziale l'approccio dei progettisti allo sviluppo delle proprie soluzioni progettuali.

La piattaforma proposta, configurandosi come uno strumento di ausilio ai progettisti, è basata sulla commistione di strumenti tradizionali impiegati comunemente negli studi di progettazione con strumenti innovativi per la formalizzazione della Conoscenza.

L'idea su cui si fonda l'intera piattaforma ABCD consiste nella formalizzazione ed applicazione al di sopra degli strumenti di rappresentazione grafica BIM/CAD un ulteriore livello logico che consenta la creazione di una struttura per la verifica semantica dei concetti impiegati e sottesi da ogni proposta progettuale tanto Specialistica di ogni singolo attore coinvolto, quanto Globale e inter-disciplinare per la verifica delle interferenze tra le molteplici soluzioni proposte.

Di seguito si riporta un possibile strumento per la definizione e implementazione di due diversi sistemi per la realizzazione di una interfaccia tra software commerciali per la rappresentazione di entità grafiche CAD (Autodesk AutoCad 2013) e BIM (Autodesk Revit 2013) e l'editor di Ontologie impiegato per la definizione delle strutture di Conoscenza (Protégé Frames 3.4.8 o successivi).

Per ciascuno dei sistemi sviluppati saranno quindi illustrati potenzialità e limiti; infine sarà presentata una esemplificazione del processo progettuale di sviluppo e controllo di una soluzione progettuale con l'evidenziazione di vincoli e regole violate nell'ambiente grafico impiegato.

Implementazione con sistemi BIM. Problematrice riscontrate e potenzialità future

In prima *instance*, al fine di ampliare le potenzialità degli strumenti attualmente più evoluti nell'ambito della progettazione edilizia, si è scelto di applicare la teoria illustrata precedentemente per la realizzazione di una interfaccia con strumenti di Building Information Modeling, in particolare con Autodesk Revit 2013.

Con l'obiettivo di collegare le entità BIM con le *instance* delle classi modellate in Protege, procedendo per step è stata realizzata una interfaccia tra i due ambienti impiegando software e plug-ins commerciali, software open-source e parti di software sviluppate ad hoc.

Implementazione Struttura di Conoscenza Esemplificativa

Al fine di verificare le potenzialità della piattaforma proposta un numero significativo di Classi relative al Dominio del Prodotto è stato definito ed implementato.

Dis eguito si riporta il modello impiegato e alcune delle classi sviluppate comprendenti:

- Nome Classe;
- Descrizione;
- Proprietà
- Regole

Sulla base delle schede sopra riportate si è quindi proceduto con l'implementazione informatica in linguaggio OWL delle Classi definite.

La struttura fondata sui Frames del software open source Protégé Frames 3.4.8 consente di strutturare i concetti legati alla rappresentazione di un edificio secondo una struttura formale corrispondente:

- Significati (Meanings) => Classi
- Proprietà => Object o Data Properties
- Regole e vincoli => Constraints, Cardinalità e Regole formalizzate (PAL o SWRL)

Class	Properties	Sub-Class	ID
External_Wall	has_height	 Basic Wall CW 302-50-100p	AR_04
	has_length		
	has_origin_point		
	has_area		
	has_volume		
	has_top_constraint		
	has_base_constraint		
	has_room_bounding		
	...		
	...		
External_Door	has_height	 Curtain Wall Exterior Curtain Wall	AR_05
	has_length		
	has_origin_point		
	has_area		
	has_top_constraint		
	has_base_constraint		
	has_room_bounding		
	has_horizontal_grid		
	has_verical_grid		
	...		
...			
External_Door	has_height	 Concept ExtDbl 1810 x 2110mm	AR_08
	has_width		
	has_origin_point		
External_Door	...	 Concept ExtSgl 910 x 2110mm	AR_09
	...		

Figura 87. Implementazione delle Entità appartenenti al Dominio dei Componenti.

Con tali strumenti e sulla base del modello Meanings-Properties-Rules proposto, una struttura di Conoscenza è stata implementata e si è quindi ricercato un sistema per il collegamento con il software Revit.

Interfaccia Revit-Protégé

A seguito della ricerca condotta e al fine di creare un repository contenente i dati sulle *instance* tanto relative alle entità grafiche che logico/semantiche, nel corso della ricerca si è deciso di realizzare un Database intermedio che potesse contenere le informazioni provenienti da software distinti.

Si è quindi verificato che I software impiegati potessero essere collegati ad un database esterno e, impiegando gli opportuni plug-in è stato possibile “inter-connettere” ad un medesimo Database tanto Protégé quanto Autodesk Revit.

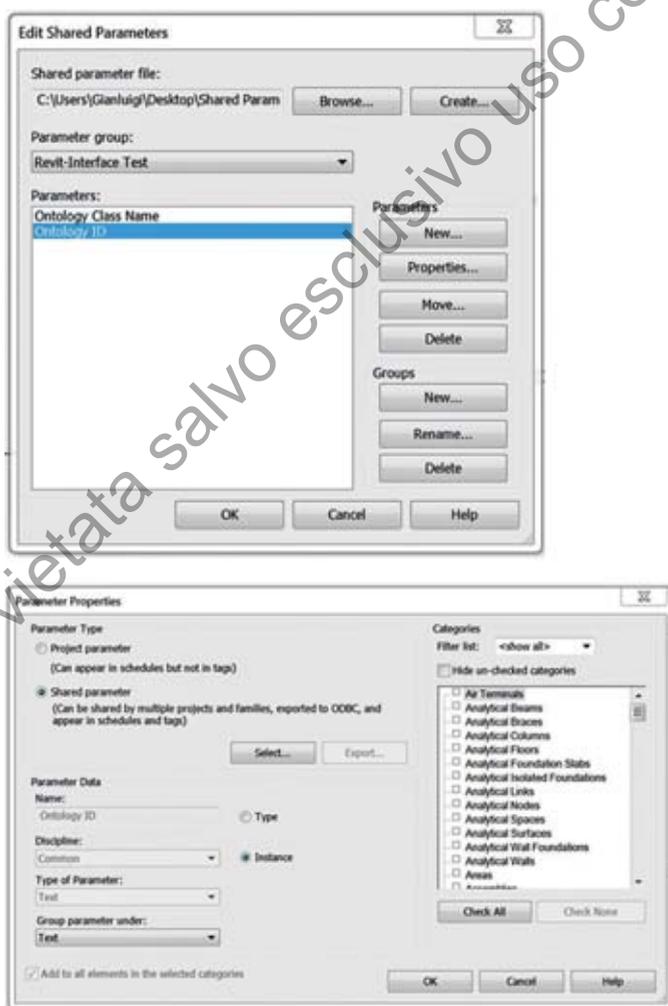


Figura 88. Creazione degli Shared Parameters in Autodesk® Revit 2013.

Gli strumenti utilizzati sono pertanto:

- Autodesk® Revit 2013;
- Protégé Frames 3.4.8;
- Revit DB Link;
- Oracle SQL;
- Microsoft ODBC.

Per prima cosa è stato necessario “personalizzare” Revit creando dei nuovi Parametri Condivisi (Shared Parameters) ad hoc: sono stati definiti due nuovi parametri e associati a tutte le famiglie.

In particolare sono stati realizzati il parametro *Ontology Class Name* e *Ontology ID*:

- *Ontology Class Name*: necessario per poter collegare l'*instance* Revit ad una *instance* avente il nome selezionato nella Struttura di Conoscenza implementata in Protégé Frames;
- *Ontology ID*: definito per garantire un ID univoco alle *instance* rappresentate e tener quindi traccia delle *instance*, avere quindi la possibilità di modificarle ed effettuare un versioning delle soluzioni proposte.

Il processo progettuale prevede quindi la realizzazione di una proposta in ambiente grafico mediante la definizione di spazi e componenti tramite le famiglie disponibili in ambiente BIM.

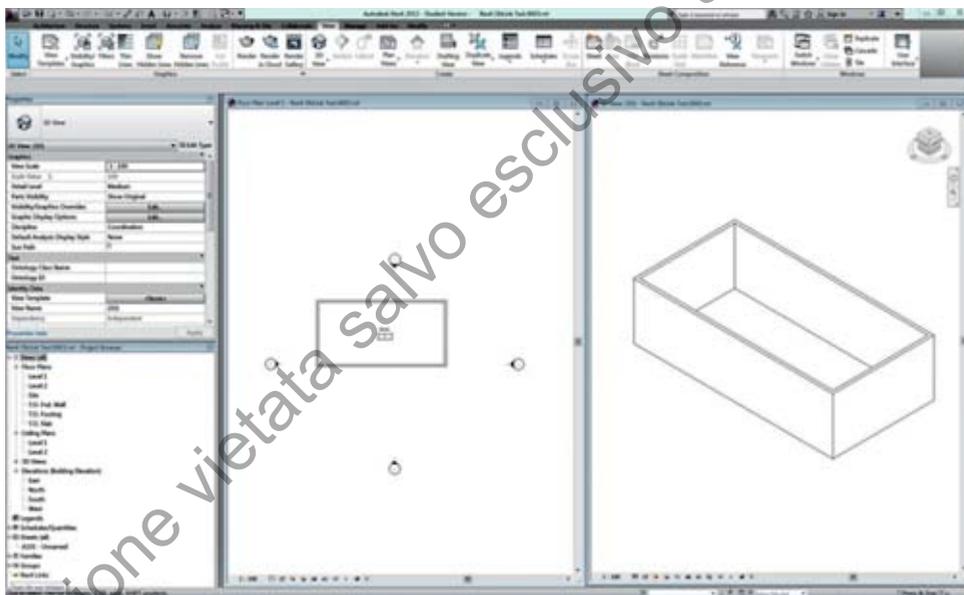


Figura 89. Modellazione di una stanza in Revit.

A seguire, a ciascuna delle *instance* grafiche modellata è possibile associare il “concetto logico” cui l'*instance* rappresentata vuole essere collegata nella Struttura di Conoscenza.

Ciò consente, ad esempio, di ampliare le caratterizzazioni delle classi e delle famiglie fornite da Revit sfruttando le potenzialità rappresentative delle Ontologie: ad esempio, sarà possibile non fermarsi alla sola definizione di Muro, bensì si potrà specificare una sottoclasse in Protégé che definisca se tale muro è interno (partizione interna) o esterno (tamponatura esterna), si potranno aggiungere proprietà non presenti nelle famiglie standard BIM senza l'onere di dover definire numerose famiglie personalizzate né parametri condivisi nonchè sarà possibile definire regole di inferenza che verifichino la coerenza, la congruenza e la consistenza della soluzione proposta.

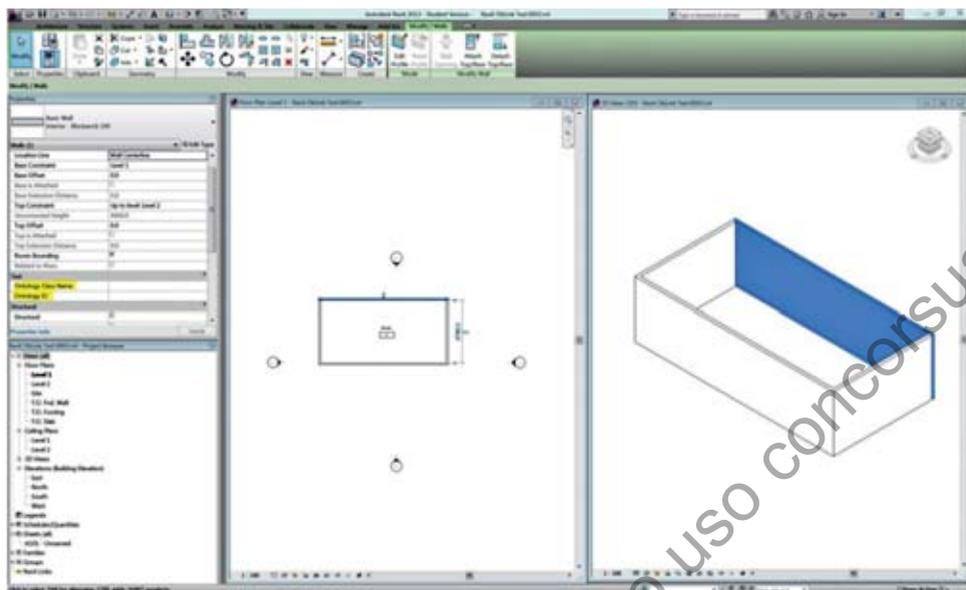


Figura 90. Selezione di una instance di Muro e Specifica degli Shared Parameters:

Lo step successivo consiste nell'impiego di uno specifico Add-on, denominato Revit DB Link che consente l'esportazione della soluzione progettuale sviluppata in un Database MySQL opportunamente creato precedentemente.

Tale strumento crea quindi un Database con tante tabelle quante le Famiglie impiegate nella soluzione progettuale BIM; ciascuna delle tabelle riporterà per ogni riga le single *instance* grafiche rappresentate con le colonne relative a tutte le proprietà delle singole *instance*.

Avendo precedentemente definito i due Parametri Condivisi Ontology ID e Class Name, sarà quindi possibile definire anche tali valori all'interno del Database.

Da Protégé sarà dunque possibile importare il DB realizzato mediante un ulteriore plug-in denominato DataMaster v.1.3.2.

Il suddetto plug-in consente di importare il DB appena creato: ogni tabella potrà quindi essere associata ad una Classe presente all'interno della Struttura di Conoscenza; inoltre ogni *instance* al momento dell'associazione riporterà all'interno dello slot Ontology Class Name, il nome della classe della struttura di Conoscenza cui si riferisce; infine un ID progressivo viene associato a ciascuna *instance*.

A questo punto, le potenzialità delle strutture ontologiche consentono, a seguito di una efficace modellazione, la verifica ed il controllo di regole e vincoli progettuali di molteplice natura: Specialistica, Condivisa, Collaborativa.

La definizione di vincoli di Cardinalità, di Regole di calcolo e/o di inferenza consentono di interrogare i dati importati e analizzarne la conformità alla struttura semantica sviluppata.

I risultati di tali elaborazioni portano al controllo di dati, logici e/o geometrici e alla loro eventuale modifica in caso di violazione di particolari regole definite.

I dati modificati possono quindi essere nuovamente esportati tramite Protégé verso un ulteriore Database; il nuovo database rappresenta quindi una versione ulteriore della soluzione progettuale in-progress.

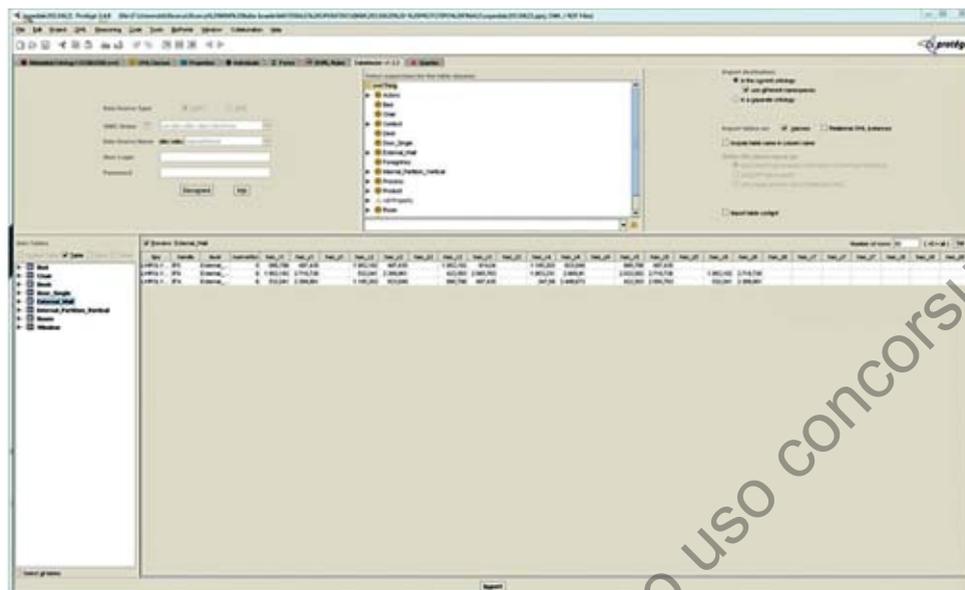


Figura 91. Collegamento del Database esportato tramite Revit DB Link.

A questo punto l'obiettivo principale dell'interfaccia realizzata, come specificato in capo alla presente Appendice, si è focalizzato sulla realizzazione di un sistema di feedback verso l'ambiente grafico (usuale per i progettisti) che consentisse una facile evidenziazione delle entità oggetto della violazione di vincoli e/o regole di inferenza.

Proprio tale aspetto ha palesato i limiti dell'impiego del software Autodesk® Revit per gli obiettivi preposti: Revit infatti non consente la modifica "esterna" (ossia su software distinti da Revit stesso) dei valori geometrici relative alle cosiddette "Famiglie di Sistema" (System Families).

In pratica, pur modificando i valori associati alle proprietà geometriche delle entità rappresentate, al momento dell'Import tramite Revit DB Link, il software opera come di seguito esposto:

- Segnala i valori ed i campi modificati rispetto alla versione precedente;
- Modifica i campi "non" geometrici così come specificati nella nuova versione: ad esempio, edita i campi dei Parametri Condivisi creati ad hoc per l'identificazione univoca delle *instance* tra Revit e Protégé;
- Evidenzia che ci sono stati campi modificati anche tra le proprietà geometriche ma, per le Famiglie di Sistema, avverte di non avere "privilegi e diritti" di modifica su tali campi.

Il sistema di Warning delle modifiche riscontrate, pur consentendo l'individuazione delle stesse tramite ID, non consente una diretta ed efficace segnalazione grafica delle modifiche e dei vincoli violati.

La natura proprietaria del software ha impedito ulteriori approfondimenti e si è avviata quindi una riflessione interna sugli obiettivi della piattaforma ed in particolare, sulla natura di "strumento di supporto alla progettazione" della stessa.

Il risultato di tali elaborazioni ha portato a ritenere non sufficiente l'indicazione tramite LABEL delle entità che avessero violato un vincolo, bensì che fosse necessario avere anche un feedback grafico (ambiente usuale per ogni progettista coinvolto in un processo progettuale collaborativo) immediato ed efficace che potesse in qualche modo facilitare l'individuazione delle incoerenze, incoerenze e/o incongruenze della soluzione progettuale proposta.

Da questi presupposti, e previe molteplici analisi di fattibilità e soprattutto di possibilità di inter-

- Esportazione in un file di testo (Txt) della lista layer;
- Creazione di una applicazione Lisp caricata su Autocad per l'import della lista creata;
- Caricamento e Lancio dell'applicativo Lisp sviluppato.

Tramite una apposita query è infatti possibile isolare la lista delle Classi sviluppate come illustrato nell'immagine a pagina precedente.

A valle dell'isolamento delle Classi è quindi possibile realizzare un export della lista e ottenere quindi un file Txt riportante le diverse classi formalizzate, ciascuna su una singola riga.

È stato quindi sviluppato appositamente un applicativo in linguaggio Lisp per la creazione automatica di layer aventi il medesimo nome delle Classi appena esportate.

Nello specifico, il codice prodotto crea automaticamente dal file di testo precedentemente esportato, un numero di layer pari alle righe presenti nel file Txt e ciascun layer avrà nome corrispondente a una Classe e colore variabile tra 2 e 7.

Il colore 1 (corrispondente al colore Rosso in AutoCAD) è stato riservato alle segnalazioni dei vincoli violati come specificato in seguito.

Nell'immagine successiva si riporta il codice Lisp implementato.

Caricando quindi l'applicazione LISP in Autocad saranno automaticamente creati layer con nomi corrispondenti alle Classi presenti nella Struttura di Conoscenza con colori da 2 a 7.

A questo punto il singolo attore può sviluppare la propria soluzione progettuale con un limite dovuto solo alla natura prototipale della piattaforma: è ammesso l'impiego di soli oggetti linea e polilinee con massimo 8 vertici.

Tali limiti non inficiano in alcun modo la validità del prototipo nè riducono la comprensibilità delle potenzialità del sistema.

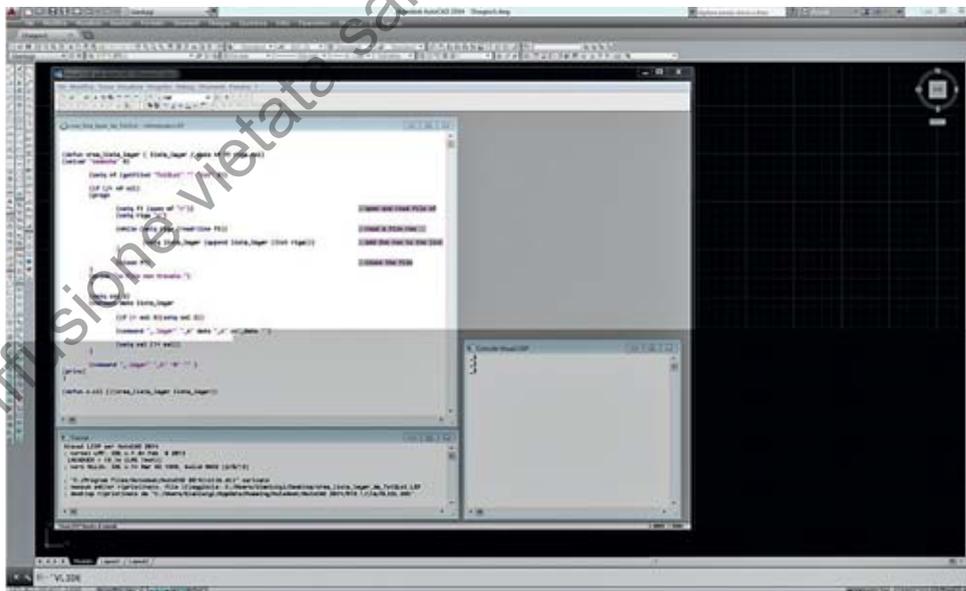


Figura 93. Implementazione Codice Lisp.

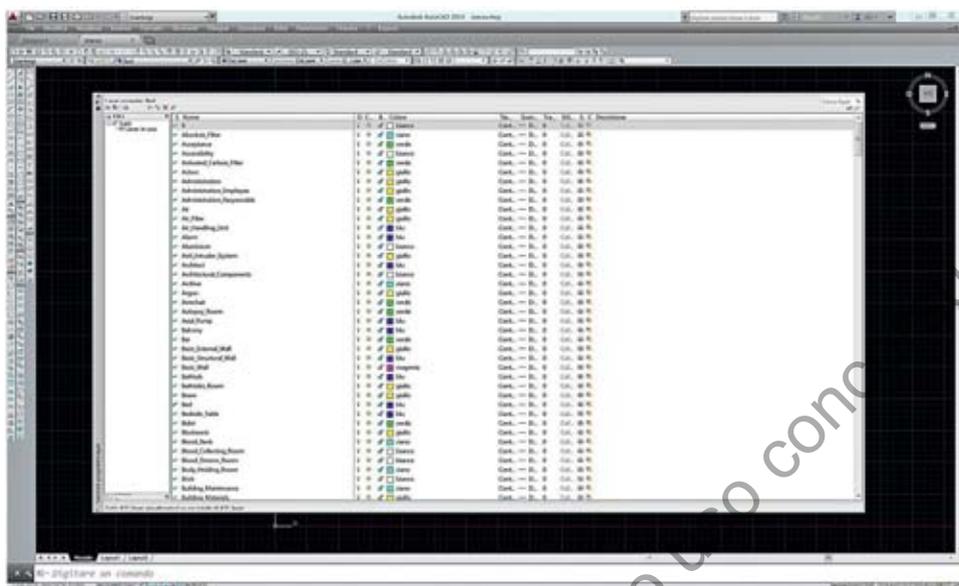


Figura 94. Screenshot Autodesk® AutoCAD con Layer caricati automaticamente.

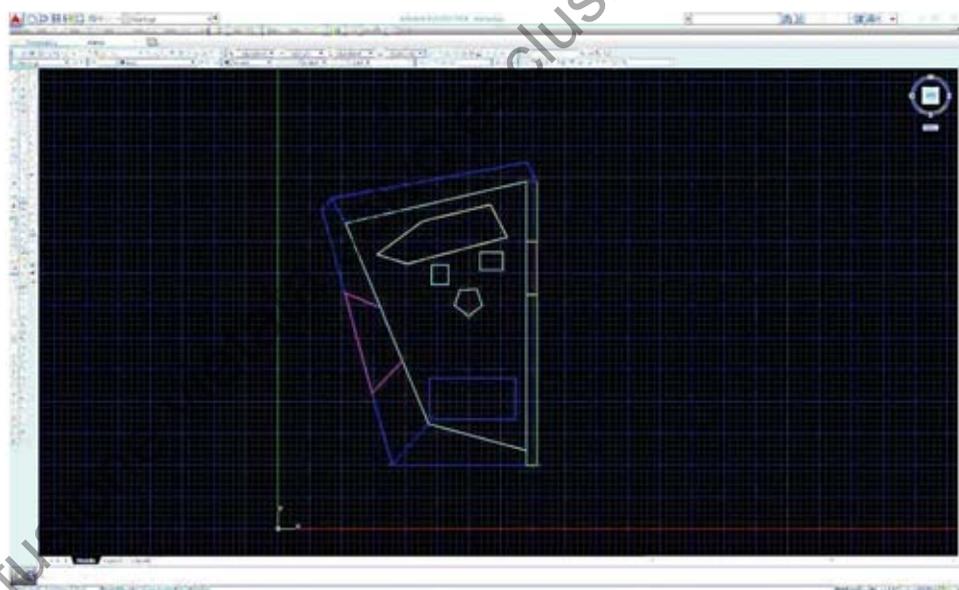


Figura 95. Rappresentazione di una Stanza in AutoCAD mediante linee e polilinee su Layer precedentemente definiti.

Per lo step successivo è stato necessario sviluppare un software ad hoc per la creazione automatica di un Database Microsoft Access costituito da tante tabelle quanti i layer utilizzati nella soluzione grafica e in ciascuna delle tabelle, tante righe quante le linee e/o polilinee rappresentate.

Infine sulle colonne vengono riportate alcune delle caratteristiche degli enti geometrici rappresentati:

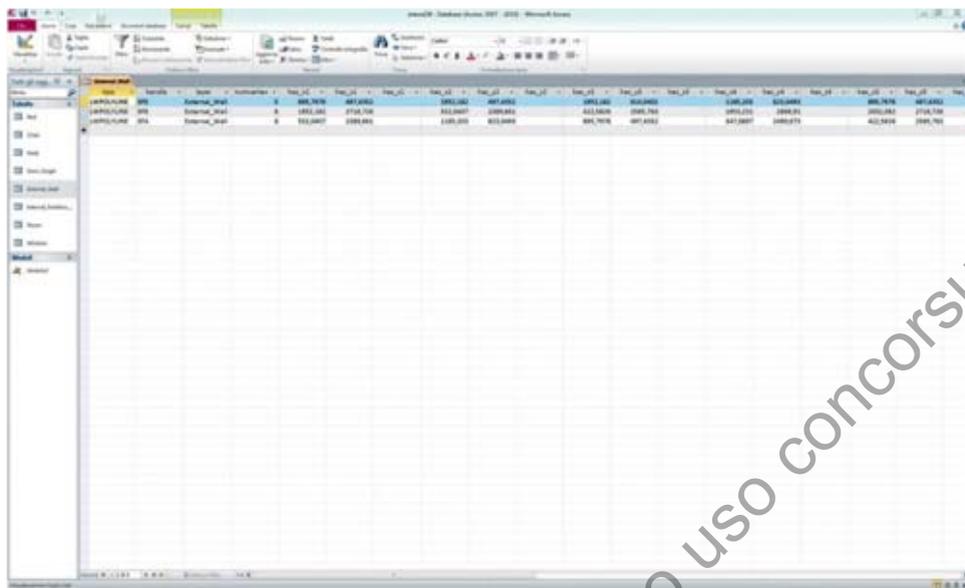


Figura 96. Database Microsoft® Access esportato tramite software implementato “ad hoc”.

- Handle: identificativo univoco dell’oggetto grafico;
- Tipo dell’oggetto: linea o polilinea;
- Coordinate dei singoli vertici dell’oggetto grafico (xn, yn, zn).

La fase successiva consiste nell’importazione dei dati geometrici delle entità rappresentate in ambiente grafico all’interno della struttura di Conoscenza e quindi nell’Ontologia di Progetto.

Questo passaggio è reso possibile dal plug-in residente all’interno del software Protégé Frames 3.4.8 denominato Datamaster v.1.3.2.

Pravia realizzazione di un collegamento ODBC al database Microsoft® Access tramite il setup di un DSN di sistema tra le origini dati ODBC di Microsoft® Windows, tramite questo strumento è possibile connettersi al database selezionato.

Le precedenti cautele e la struttura delle tabelle costruita dal software precedentemente descritto ed implementato ad hoc consente l’importazione dei contenuti delle tabelle stesse esattamente all’interno di *instance* delle Classi corrispondenti ai layer selezionati in ambiente Autodesk® AutoCad.

Come si vede dall’immagine di seguito riportata, la struttura di Conoscenza non è più ora costituita dalle sole Classi bensì compaiono *instance* corrispondenti agli elementi grafici definiti in ambiente AutoCad e i campi relativi alle coordinate geometriche degli stessi compaiono riempiti dai valori provenienti dalla soluzione progettuale sviluppata.

A questo punto intervengono le potenzialità del livello logico-semantic della piattaforma: la struttura di Conoscenza consente infatti di attribuire molteplici livelli di “strutturazione” dei dati e dei concetti modellati.

Sulla base di quanto implementato sarà dunque possibile definire:

- Regole di assemblaggio tra concetti di basso livello e concetti di livello più alto
- Relazioni gerarchiche tra spazi (ad esempio: unità ambientali ed unità edilizie) e componenti (ad esempio: Pareti – Pareti interne o esterne)

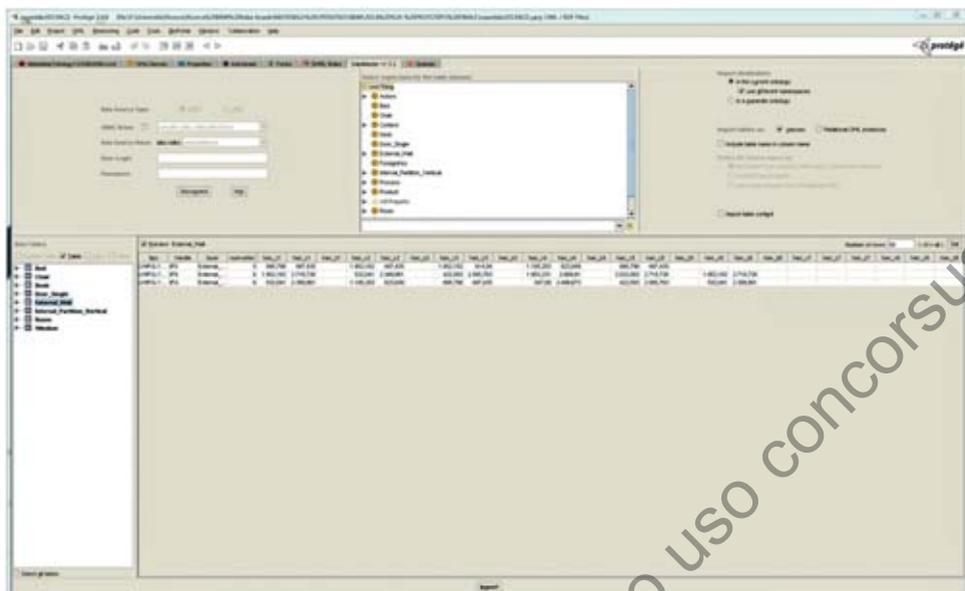


Figura 97. Screenshot DataMaster v1.3.2 con Database associato.

- Relazioni topologiche
- Regole di cardinalità legate al Significato di un concetto (ad esempio: Stanza = spazio delimitato da almeno 3 pareti, 1 solaio e un pavimento e con una porta di accesso)
- Algoritmi e regole specialistiche
- Regole di interferenza tra domini specialistici distinti
- Regole di coerenza delle soluzioni specialistiche
- Regole di coerenza della soluzione complessiva

Sulla base del sistema modellato è quindi possibile operare interrogazioni e verifiche a vari livelli su quanto progettato, è possibile verificare regole sulla base del livello di approfondimento raggiunto e isolare verifiche limitandole a determinate aree di interesse o invece verificare l'intero insieme delle regole specialistiche (e non) sviluppate e implementate.

Nello specifico del prototipo proposto sono state modellate regole per diversi attori specialisti afferenti a domini differenti:

- Architetto
- Strutturista
- Ingegnere Energetico e/o MEP
- Cliente

Rimandando al testo del volume (in particolare alla Parte relativa alla simulazione della Piattaforma) che illustra nello specifico le regole implementate, si propone di seguito il processo a seguito della verifica di violazione di alcuni dei vincoli impost al progetto.

A tal proposito si fa riferimento a una regola che verifichi che all'interno della stanza modellata sia rispettato il vincolo normativo che impone che la superficie della finestra risulti maggiore di 1/8 della Superficie in pianta dell'ambiente considerato.

Nella regola, la cui formalizzazione è riportata nell'immagine seguente, sarà dunque verificato tale aspetto e, qualora si rilevasse una violazione sarebbero modificati due valori di due



Figura 98. Esempio di Regola di inferenza per la verifica del rispetto di una norma cogente (Normativa Nazionale italiana).

rispettive proprietà opportunamente associate a tutte le *instance* della Struttura di Conoscenza implementata:

- `modified`: proprietà (Data property) con campo boolean che qualora con valore True indicherebbe una *instance* che viola la regola considerata;
- `constraint_comment`: proprietà (Data property) con campo String che, qualora ci fosse una regola violata, restituirebbe un commento atto a specificare la natura della regola violata per fornire un supporto progettuale all'attore che sta operando la verifica stessa.

Ipotizzando pertanto che la verifica non vada a buon fine, saranno modificati i campi suddetti tanto nell'*instance* della Finestra, quanto in quella della Stanza cui la Finestra è collegata.

Operando come per la definizione della lista delle Classi, al fine di individuare le eventuali *instance* che risultano aver violato la regola oggetto della verifica, si procederà di nuovo effettuando una Query sull'Ontologia di Progetto, cercando tutte le *instance* che riportano il valore True nella proprietà "modified".

Si procede quindi nuovamente con l'export della Query e si ottiene un nuovo file di testo (Txt) riportante la lista della *instance* da controllare.

Data la natura (leggermente) più open del software Autodesk® AutoCad rispetto a Revit, e in particolare alla "leggibilità" e "modificabilità" dei dati nel formato DXF di salvataggio, è stato possibile avere un feedback grafico delle *instance* oggetto della violazione dei vincoli e delle regole implementate nella struttura di Conoscenza.

In particolare, è stato sviluppato un ulteriore software in Visual Basic in grado di leggere le informazioni dal file di testo appena esportato dalla query, analizzare gli "handle" (ID unici delle *instance* AutoCad) delle *instance* che dovranno essere modificate e procedere alla modifica del colore delle stesse trasformandolo in colore 1 (Rosso).

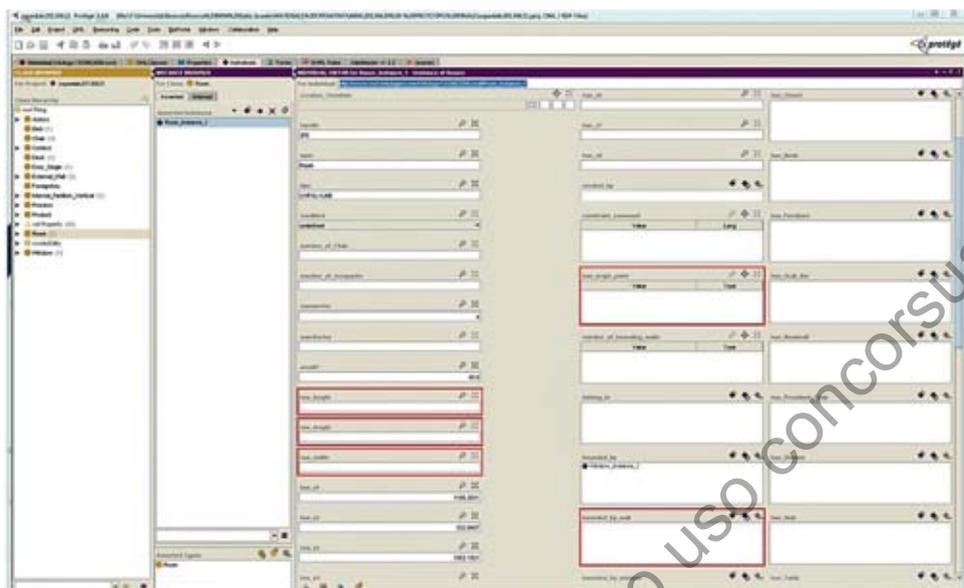


Figura 99. Screenshot Instance di “Room” con campi derivati da elaborato grafico sviluppato.

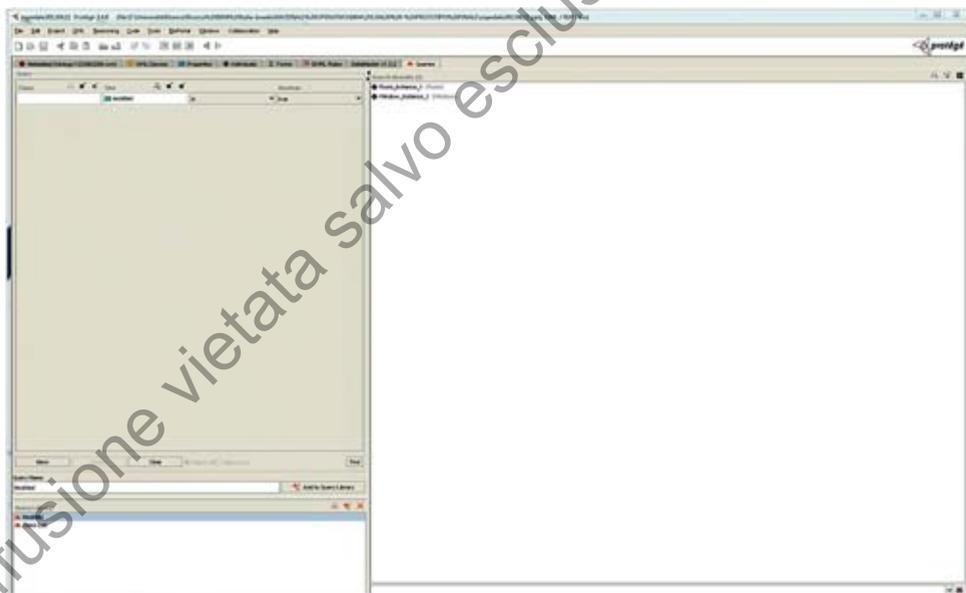


Figura 100. Query per l'individuazione delle instance che violano una determinata regola di inferenza.

Il file ottenuto viene quindi salvato in un nuovo file di output che rappresenta, di fatto, una versione ulteriore del progetto in progress.

All'apertura del file generato è dunque immediatamente possibile individuare le *instance* che non rispettano la regola modellata in quanto presenteranno tutte un colore Rosso, diverso da quello di tutte le altre *instance* modellate.

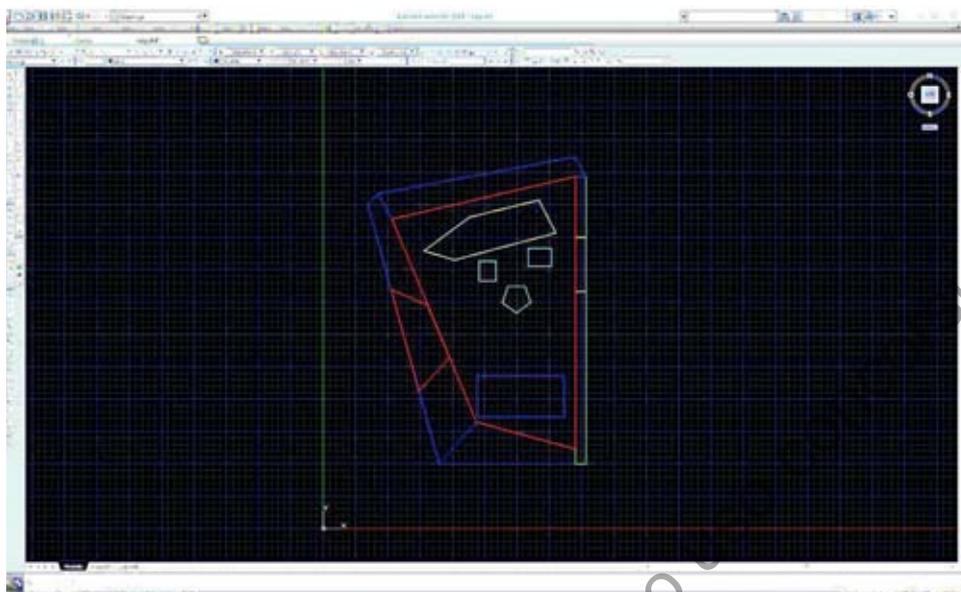


Figura 101. Screenshot Autodesk® AutoCAD con evidenziate in Rosso (Colore 1) le instance che violano una determinata regola verificata.

Evidentemente, la modifica è demandata al progettista e all'esperienza e alla capacità dello stesso; questi potrà quindi ampliare la superficie finestrata o ridurre la superficie dell'ambiente e procedere quindi a una nuova verifica di coerenza della soluzione progettuale modificata.

Il processo di sviluppo di una soluzione progettuale è per sua natura, iterativo e richiede pertanto diversi passaggi che si ripetono in sequenza:

- Produzione della soluzione progettuale;
- Verifica dei vincoli e regole di inferenza;
- Individuazione delle *instance* che violano tali vincoli;
- Modifica e Produzione di una nuova soluzione progettuale ...

Tale iterazione è quindi legata alle molteplici verifiche e inferenze che necessariamente vengono effettuate sulle singole soluzioni sviluppate.

Sfortunatamente, la natura "monotonica" del linguaggio OWL e SWRL non ammette che molteplici inferenze possano modificarsi l'una con l'altra.

La "Monotonicità" è una proprietà del linguaggio e delle inferenze: afferma in sostanza che l'aggiunta di nuove informazioni desunte da processi di inferenza non saranno in contraddizione con le conclusioni precedentemente ottenute da altre inferenze.

Un esempio tipico di inferenza non monotonica è il classico esempio di dichiarazione che, normalmente, un uccello può volare (regola di default). Se viene quindi affermato che un pinguino è un uccello allora si sarà immediatamente in grado di concludere che un pinguino può volare (proposizione risultata di inferenza logica).

Si può quindi aggiungere e specificare che un pinguino rappresenti un'eccezione a questa regola e che nello specifico non può volare.

Queste informazioni aggiuntive negano la conclusione desunta dalla regola originale e ciò

è possibile solo in una logica non monotonica in cui l'informazione aggiuntiva non contraddice il default originale che gli uccelli possono volare.

Si sostiene spesso che la logica non monotonica rappresenti uno Strumento migliore e affine al pensiero umano ed rappresenti quindi una migliore corrispondenza per le applicazioni reali.

In realtà però, le logiche non-monotoniche tendono ad essere molto più complesse delle logiche monotoniche tanto più quando le si voglia formalizzare in ambiente informatico.

Nello specifico, OWL e SWRL sono logiche monotoniche, pertanto, al fine di consentire molteplici iterazioni di inferenza a valle di modifiche apportate alla struttura di Conoscenza sviluppata, si è reso necessario sviluppare un ulteriore Software ad hoc in grado di "eliminare" le inferenze precedentemente desunte quale risultato della verifica delle regole lanciate e procedere quindi a una nuova verifica applicata a una "apparentemente" nuova Ontologia.

Anche tale strumento è stato sviluppato in Visual Basic e a valle della sua esecuzione si ottiene una nuova Ontologia OWL "ripulita" nei valori relativi alle inferenze eseguite precedentemente e che può quindi essere riempita nuovamente con i dati provenienti dalla nuova soluzione progettuale sviluppata in ambiente grafico Autodesk® AutoCad.

Il processo sopra descritto dimostra le potenzialità della piattaforma ABCD proposta, ne valida la concezione e apre a ulteriori ricerche e sviluppi futuri.

Il prototipo implementato rappresenta un software pre-industriale finalizzato alla dimostrazione dell'utilità di uno strumento del genere in ambiente progettuale auspicandone un successivo step di prototipazione industriale.

Diffusione vietata salvo esclusivo uso commerciale

Diffusione vietata salvo esclusivo uso concorsuale

Parole chiave
per l'indice
computerizzato

Architettura

BIM

Collaborazione

Conoscenza

Gestione
della conoscenza

Intelligenza
artificiale

Modellazione

Multidisciplinarietà

Ontologie

Progettazione
assistita

Progetto

Qualità

Rappresentazione
della conoscenza

Semantica

Tecnologia

“...questo volume intende illustrare il risultato di una lunga ricerca. Abbiamo cercato di separare la descrizione della parte teorica da quella della sua applicazione. Ne è risultata una articolazione in cinque parti, corrispondenti ai contenuti che abbiamo sopra indicato: la prima parte tratta della collaborazione progettuale, delle sue caratteristiche e del rapporto con la qualità del progetto. La seconda parte esamina le caratteristiche della conoscenza progettuale, i dominî principali in cui si esplica, le sue proprietà. La terza parte disamina le caratteristiche teoretiche e implementative del modello BKM. La quarta parte definisce le caratteristiche della piattaforma ABCD e le sue modalità implementative. La quinta parte illustra il funzionamento di un prototipo in scala ridotta della piattaforma ABCD e la sua applicazione a un caso di studio. Infine le conclusioni indicano i futuri sviluppi degli esiti della ricerca...”

GIANFRANCO CARRARA, ingegnere, professore ordinario di Architettura Tecnica, ha insegnato nelle università di Roma Sapienza, di Catania e di Ancona. Autore di oltre 150 pubblicazioni scientifiche sull'industrializzazione edilizia, sull'architettura dell'ospedale, sul Computer-Aided-Design e sulla rappresentazione della conoscenza progettuale. Progettista e direttore dei lavori di numerose opere di architettura, in particolare nel settore dei servizi pubblici e degli ospedali.

ANTONIO FIORAVANTI, ingegnere, ricercatore universitario, insegna Architettura Tecnica alla Università di Roma Sapienza. Autore di oltre 75 pubblicazioni scientifiche a valenza internazionale sul CAAD, sulla progettazione collaborativa, sulla modellazione dell'organismo edilizio e del processo progettuale, sulla teoria della progettazione, sulle tecniche di A.I., BIM e GIS applicate all'edilizia, sul Built Heritage.

ARMANDO TRENTO, ricercatore post-doc si interessa di metodi e modelli di gestione della conoscenza progettuale; in particolare degli sviluppi che un modello semanticamente ricco può offrire ai processi BIM per migliorare la collaborazione multidisciplinare. Sperimenta teorie e tecniche avanzate in ambito professionale.

GIANLUIGI LOFFREDA, ingegnere e dottore di ricerca presso la Università di Roma Sapienza. Si occupa di ricerca nell'ambito della formalizzazione della conoscenza a mezzo di ontologie e collegamento con sistemi commerciali BIM. Esperto in ambito energetico, sistemi HVAC e piping, progettista e direttore lavori nel settore civile, industriale e nel decommissioning di siti nucleari.

STEFANO CURSI, laureato in Ingegneria Edile-Architettura presso la Università di Roma Sapienza, dove sta attualmente conseguendo un dottorato di ricerca. I suoi studi sono orientati verso i sistemi BIM e la rappresentazione della conoscenza del Built Heritage attraverso ontologie.