



Classificazione Decimale Dewey:

721 (23.) MATERIALI ARCHITETTONICI E ELEMENTI STRUTTURALI

ARMANDO TRENTO

**BUILDING
KNOWLEDGE
MODELLING**
DALLA INTEROPERABILITÀ
ALLA COLLABORAZIONE TRA CONOSCENZE

Presentazione di

ANTONIO FIORAVANTI





ISBN
979-12-218-1578-8

PRIMA EDIZIONE
ROMA 4 NOVEMBRE 2025

Ai miei genitori e all'aspirazione di fare bene

INDICE

13	<i>Prefazione</i>
15	<i>Sinossi della ricerca</i>
17	<i>Presentazione</i> di ANTONIO FIORAVANTI
23	<i>Introduzione</i>

PARTE I

EDILIZIA – COLLABORAZIONE – ICT

33	CAPITOLO I L'edilizia nel mercato globale 1.1. Il prodotto edilizio è unico e il progetto è multidisciplinare, 35 – 1.2. La complessità sale e la qualità scende, 42 – 1.3. Il contesto digitale: le professioni, l'università e l'industria, 49.
57	CAPITOLO II Sistemi di gestione della complessità progettuale 2.1. Modelli per la progettazione multidisciplinare, 59 – 2.2. Analisi di alcuni paradigmi progettuali, 62 – 2.3. Tecnica/sociale, interfaccia uomo/computer, prospettiva globale/parziale, cooperazione/collaborazione, 66.

75 **CAPITOLO III**

Progettazione multidisciplinare collaborativa potenziata dal computer

3.1. Approcci per la ricerca, 77 – 3.2. Gli strumenti si evolvono: dal CAD al BIM, 79 – 3.3. Building Information Modelling: le basi, 81 – 3.4. International Alliance for Interoperability e lo standard IFC, 84 – 3.5. Problemi e limiti degli attuali strumenti per la progettazione, 86 – 3.6. Conclusioni, 91.

PARTE II

RAPPRESENTAZIONE E GESTIONE

DELLA CONOSCENZA TECNICA IN EDILIZIA

95 **CAPITOLO IV**

Tecnologie per un sapere condiviso

4.1. Informazione e conoscenza, 97 – 4.2. La rappresentazione della conoscenza nell'Intelligenza Artificiale, 103 – 4.3. La rappresentazione della conoscenza nel Web Semantico, 109.

119 **CAPITOLO V**

Modellare la conoscenza tecnica per la collaborazione nell'edilizia

5.1. La rappresentazione della conoscenza per il progetto, 122 – 5.2. Definizione di ontologia nel campo della progettazione, 127 – 5.3. Un approccio basato sulle ontologie per la progettazione: pro e contro, 133.

143 **CAPITOLO VI**

Un ambiente collaborativo finalizzato allo scambio di conoscenza

6.1. Filosofia di un ambiente di supporto alla collaborazione progettuale, 145 – 6.2. Un modello basato sulla rappresentazione e gestione della conoscenza, 148 – 6.3. Processo di comunicazione mediata da filtri, 153.

PARTE III

METODO DI FORMALIZZAZIONE LOGICA

DELL'AMBIENTE COLLABORATIVO

163 **CAPITOLO VII**

Superamento degli attuali modelli per l'interoperabilità in edilizia

7.1. Il livello della sintassi, 167 – 7.2. Il livello della semantica, 171 – 7.3. Arricchimento semantico per una interoperabilità concettuale, 185.

193	CAPITOLO VIII
	Formalizzazione logica dell'ambiente collaborativo
	8.1. Obiettivi, approccio metodologico e lavori correlati, 195 – 8.2. Piattaforma CAD integrativa, 203 – 8.3. Processo di sviluppo dell'ambiente: fasi, attori, risorse, 217.
225	CAPITOLO IX
	Ontologie per il progetto dimostrativo
	9.1. Processo di costruzione delle Ontologie, 227 – 9.2. Esempi di Ontologia Condivisa e Ontologie Specialistiche, 235 – 9.3. Processi di integrazione, 269.
281	<i>Conclusioni</i>
289	<i>Bibliografia</i>
303	<i>Immagini</i>

PREFAZIONE

Ad un certo punto del mio percorso formativo, a metà del corso di studi in Ingegneria Edile–Architettura sono stato travolto, come tanti miei colleghi, da un radicale cambiamento degli strumenti disponibili per lo sviluppo di un progetto di architettura.

Le nostre abitudini si sono improvvisamente trasformate così come l'arredamento delle nostre camere. Il tavolo del tecnigrafo, prima di essere trasportato definitivamente in cantina, è stato a lungo in posizione verticale, come supporto per appendere le tavole appena stampate: non era più il luogo della rappresentazione e dello sviluppo delle idee progettuali, ma piuttosto quello della verifica grafica delle stampe. Il disegno era frutto di lunghe ore passate ad interagire, spesso a voce alta, con un innovativo software di progettazione architettonica. La matita, amica insostituibile, tornava a lavorare con rinnovato sentimento progettuale principalmente sulla carta appena stampata, ad intervalli scanditi appunto, dall'inedito rito della stampa. Nuove liturgie a cui volentieri ci saremmo sottratti se non ne avessimo percepito immediatamente gli entusiasmanti vantaggi.

E già, tornare a casa (diventata intanto piacevolmente spaziosa) dopo una revisione non era più un momento così drammatico: non ci aspettavano lunghe ore per lucidare con l'inchiostro di china, da capo, ogni disegno di ogni tavola, ma il nuovo scenario digitale ci permetteva di *modificare* il file dall'ultima versione salvata! E visualizzarla poi in tre dimensioni, interattivamente, senza punti di fuga da segnare sul muro in corridoio.

Tutto questo non significava, ovviamente, che fossimo diventati dei progettisti migliori, ma appariva chiaro, fin da subito, che avremmo avuto più tempo per esplorare un maggior numero di soluzioni per i nostri problemi progettuali.

Eravamo entrati più o meno consapevolmente nel mondo del CAD e ci confrontavamo, per la prima volta, con i pregi e difetti dei suoi strumenti.

Contestualmente all'innovazione delle nostre stanze di studenti, in città stava avvenendo un altrettanto radicale cambiamento: per mano di operai e tecnici che si vedevano trafficare vicino i tombini, si stava "posando il cavo". Il loro intervento rivoluzionario era rapido, silenzioso e (per la maggior parte degli sguardi) invisibile. In effetti stavano posando e collegando, a scala locale, segmenti di cavo a fibre ottiche di quella che, in breve tempo sarebbe diventata la rete mondiale di telecomunicazioni a banda larga. Come il barone Von Haussmann aveva imposto la sua ardita ragnatela fatta di viali ampi, salubri e diritti, all'intrico di strade della vecchia Parigi e come gli operai delle ferrovie americane avevano posato le traversine dei binari che avrebbero ridotto le distanze con il lontano West, così queste squadre di operai stavano costruendo un'autostrada informatica, riconfigurando i rapporti spaziotemporali in modi che, ancora una volta, avrebbero cambiato le nostre abitudini di vita.

Procedendo con il corso di studi, ci è stato sempre più chiaro che un progetto di architettura, oggi, inquadrato all'interno dell'intero processo edilizio, sia un'operazione assai complessa, collettiva, frammentata tra diverse specializzazioni, diversi operatori, diverse fasi, diversi contesti, siano essi normativi, ambientali, sociali e culturali. Ci siamo laureati sperimentando sulla nostra pelle l'oggettiva difficoltà di gestire tutta, o meglio una parte di questa complessità progettuale.

Ci siamo confrontati con l'alta formazione del dottorato di ricerca ed è in quel momento che nacque la sfida, visto che la nostra abitudine, la mia in particolare, di parlare al computer, interrogandolo e interrogandoci, non è di certo sparita, anzi.

Gli strumenti dell'ICT, il veloce potenziamento degli hardware, e poi diverse generazioni di ricerca, sviluppo e commercializzazione di strumenti CAD per l'architettura sembrerebbero poterci aiutare nella

ricerca di risposte, anche parziali, al problema progettuale; risulta evidente però, sin da una prima lettura delle pubblicazioni scientifiche sulla materia, che in realtà anche le domande si fanno più complesse. Da qualche tempo i ricercatori di quest'ambito stanno evidenziando la necessità di non limitarsi solo allo sviluppo di programmi 'interoperabili' che possano aiutare gli architetti a disegnare più velocemente o a memorizzare e gestire un'enorme mole di dati o a produrre simulazioni sempre più realistiche, ma piuttosto di esplorare e capire cosa facciano realmente i progettisti mentre progettano e mentre collaborano tra domini specialistici complementari, su quali processi cognitivi facciano leva.

Un promettente percorso di approfondimento al quale ho dedicato con passione, sino ad oggi, le mie energie di ricercatore.

SINOSSI DELLA RICERCA

Obiettivi:

Un nuovo modo per rappresentare la conoscenza progettuale e un modello per gestirla collaborativamente al fine di esplorare più soluzioni e aumentare l'efficienza dei processi.

Metodologia:

- Analisi di metodi e tecniche per la progettazione di organismi complessi;
- Collaborazione multidisciplinare tra i domini specialistici dell'edilizia e delle ICT;
- Rappresentazione e gestione della conoscenza attivata nel processo collaborativo;
- Esame di casi di studio.

Strumenti:

- ICT per la rappresentazione e gestione della conoscenza;
- Strumenti CAD per il progetto + Assistanti Intelligenti;
- Casi di studio.

Implementazione logica:

Modellazione di una piattaforma aperta per l'integrazione tra le specializzazioni attraverso lo scambio di conoscenze progettuali.

Si sviluppa secondo le seguenti fasi:

- Analisi: identificazione caratteristiche del problema semantico e modello risolutivo.
- Concettualizzazione: conoscenze prodotte e usate dai progettisti. Integrazione tra e per mezzo delle strutture ontologiche. Comunicazione migliorata tramite agenti software.
- Formalizzazione: progetto della struttura ontologica per organizzare la conoscenza e definizione logica dei software che caratterizzano la sua gestione;
- Implementazione: scrittura, in un formato adeguato, di tratti sufficientemente esemplificativi di conoscenza progettuale; modellazione del processo di integrazione (mappatura dati–informazione–conoscenza);
- Validazione: attraverso esempi e scenari applicativi.

Risultati attesi:

- un metodo generalizzabile per formalizzare digitalmente i saperi tecnici;
- una strumentazione procedurale;
- un modello di “meccanismo–filtro” per la mappatura;
- una piattaforma per applicazioni didattiche;
- casi di studio.

PRESENTAZIONE

Questo libro porta alla luce parte di una storia segreta e nascosta, come spesso avviene nelle vicende italiane. E che ho vissuto in prima persona.

Gli è che nel primo periodo del CAAD — Computer Aided Architectural Design — che possiamo situare negli anni Settanta, dopo un decennio precedente di sperimentazioni tecnologiche come Ivan Edward Sutherland e il suo programma Sketchpad, gemmavano nel mondo — MIT, Strathclyde, Sidney, Carnegie-Mellon University, Helsinki, Osaka, Technion, e Roma — iniziative pionieristiche dell'applicazione dello *strumento* computer al settore edilizio, inteso questo in senso vasto.

Strumento — tool — e non — device — semplice *attrezzo*.

Questo è il discrimine.

Come altre volte nella storia, lo “strumento” ha ampliato le possibilità umane in modo assolutamente vertiginoso. È successo, giusto per rammentarcelo, così tante volte che ne perdiamo il senso di eccezionalità: con le schegge di selce, con le lenti ottiche, con la pittura ad olio, fino ai rivelatori di onde gravitazionali LIGO, Virgo e KAGRA.

Il nuovo strumento utilizzato per gli algoritmi logico-matematici e per le verifiche funzionava egregiamente, mentre per l'uso legato agli aspetti dell'attività del *progettare* — uso questa espressione per centrare il focus sul verbo — era irritante e d'intralcio. Il più famoso tentativo di superare questo limite, di squarciare questo velo di Maya, parafrasando Schopenhauer, fu di Nicholas Negroponte con il tentativo di affrontare l'idea della progettazione tout court; vi si applicò con tutto il supporto del MIT per alcuni anni, produsse diversi aggiornamenti dell'idea di “The Architecture Machine” nei suoi saggi, e alla fine rinunciò ad occuparsene: troppo difficile!

Si era in pieno del primo “AI winter”, nel quale ci fu un ripiegamento dell’uso dello strumento su tecnicità sempre importanti ma non ambiziose, per così dire, “compartimentate” del progettare: eliminazione delle linee nascoste, facilitazione delle trasposizioni grafiche, analisi-modello-simulazione di semplici strutture portanti, modellazioni HVAC di alcune stanze...

In quel momento, Gianfranco Carrara, che aveva già precorso la fase pionieristica, fondò il CABDL — Computer Aided Building Design Laboratory — nel 1977 presso la Facoltà di Ingegneria della Università degli Studi di Roma “La Sapienza”. La “Scuola romana” si rivelò una eccezione; non solo si occupò con Alberto Paoluzzi del miglioramento delle applicazioni topologiche dei Grafi all’architettura che sfociava nella prima generazione di “progettazione automatica”, ma perseguiva costantemente la ricerca di modellare l’azione del progettare nella sua unitarietà e concretezza.

Constato ora che non era soltanto un’eccezione nel mondo del CAAD, ma anche un’alterità.

Questa alterità si evidenziava nel centrare l’interesse sulla rappresentazione semantica degli enti che sottostanno a tutto il processo progettuale, piuttosto che essere legato a singoli aspetti fenomenologici del progettare, come dimostrato dal lavoro di Gabriele Novembri in poi.

Altro aspetto peculiare della sua storia è l’essere legata, in controfase, con i cosiddetti inverni della AI – Artificial Intelligence; più si riscontravano limiti applicativi e tecnologici in quella, più ci si applicava ad affrontare e a dipanare i nodi computazionali, di rappresentazione e di processo progettuale, spinta, come era la “Scuola”, da una visione olistica del *progettare*.

Forse questa sua peculiarità era dovuta a questo gruppo di persone che erano, anche se con diverse sfumature, contemporaneamente esperte e appassionate dell’attività progettuale e del mondo informatico-computazionale.

Da quanto sopra, la nostra posizione scientifica — utilizzare al suo massimo i nuovi *tool*, compresa l’AI, per migliorare il *Processo progettuale* — non era ben compresa in quanto “altra e alta” sia dal contesto culturale prevalente dell’accademia ove era ignorata, sia dalla maggioranza delle

scienze dall'architettura computazionale che la guardava con scetticismo. D'altronde, a posteriori, parlare di AI intesa come *symbolic reasoning*, non come ora legata a metodi statistici (semplificando molto), era come una apparizione di sci-fi in un congresso di metrica latina.

Ben pochi altri con noi decidevano di varcare le Colonne d'Ercole.

Ma le difficoltà e cristallinità hanno reso più consapevole la *Scuola*, al prezzo di essere sepolta da una miriade di pubblicazioni routinarie.

Venendo alla genesi di questo libro, quando Armando Trento sbarcò a Berkley nel 2007, per un periodo di studi durante il suo Dottorato di ricerca, era forte della cultura della *Scuola*, e lì non fu un semplice “assorbitore” di tecnologie e idee, quanto piuttosto è stato un “sollecitatore” di quelle, apportando una *visione strategica* cui l'ambiente *radical discipline* dell'Università poteva appoggiarsi. Nel suo libero contatto con la comunità universitaria molto interdisciplinare e transdisciplinare di Berkeley, e nelle interazioni avute con l'amico Yehuda E. Kalay e il College for Environmental Design ha avuto l'intuizione di collegare la tecnologia delle ontologie con la formalizzazione degli oggetti edilizi — in senso lato — con le relazioni tra questi e con i ragionamenti progettuali che operiamo nell'attività progettuale. Anche qui si dimostra come un formalismo, se ben compreso, può essere creativamente utilizzato per migliorare la comprensione e il processo stesso dell'attività del progettare.

La preziosa monografia raccoglie i contenuti di un lavoro di ricerca organizzato per fasi che nello sviluppo temporale di più di dieci anni si sono sovrapposte e reiterate attraverso un sistema non lineare di eventi, ipotesi, verifiche e acquisizioni nell'ambito degli argomenti di studio trattati.

Il corpo della ricerca è stato poi suddiviso in quattro parti, sempre ricordando che i richiami sono frequenti e le parti dialoganti.

Nella *Parte I — EDILIZIA – COLLABORAZIONE – ICT* — viene inquadrato l'ambito problematico dell'interazione multidisciplinare tra gli “specialismi” nel campo dell'edilizia.

In particolare, riconosciuta l'unicità del prodotto e del processo edilizio rispetto a quello di altri ambiti industriali, e rilevate le problematiche che ritardano lo sviluppo del settore, si esplorano alcuni sistemi

di gestione della complessità progettuale e si approfondiscono le caratteristiche di quello che si definisce “approccio collaborativo”.

Si dà conto dello stato dell’arte sulle attuali ricerche e sulle relative applicazioni tecnologiche orientate a migliorare l’informazione e la comunicazione nell’ambito dell’edilizia.

Si analizzano gli standard esistenti e gli strumenti per la progettazione che li utilizzano a supporto dell’integrazione multidisciplinare, rilevando che gli attuali modelli informatici di rappresentazione dell’organismo edilizio sono stati concepiti per lo scambio delle informazioni tra software, e non propriamente per l’interpretazione e l’integrazione dei concetti progettuali ad esse sottese.

Si giunge così, in conclusione della Parte I, all’assunto che la progettazione multidisciplinare si basa sulla conoscenza e sui modi in cui questa viene scambiata tra gli attori del processo.

Lo studio effettuato si propone quindi di riesaminare la teoria, i metodi e i protocolli per l’interoperabilità su cui si basano gli strumenti software attualmente esistenti.

Nella *Parte II — RAPPRESENTAZIONE E GESTIONE DELLA CONOSCENZA TECNICA IN EDILIZIA*, — si approfondiscono metodi e tecniche per la rappresentazione e la gestione della conoscenza in generale e, in particolare, nell’ambito dell’edilizia.

Per migliorare i processi di interazione che attualmente si fermano allo scambio di informazioni, e non già dei significati ad esse sottesi, si studiano, attraverso un percorso autonomo, le tecnologie disponibili (p.es. nell’ambito del web—semantico e dell’intelligenza artificiale) per modellare il sapere tecnico.

In particolare, si analizzano con attenzione le tecnologie per la formalizzazione di ontologie generiche, discutendone i vantaggi e gli svantaggi per una loro applicazione sperimentale nell’ambito della progettazione e dell’edilizia in generale.

Nell’ultima sezione di questa Parte II si illustra la proposta di un ambiente di supporto alla progettazione multidisciplinare collaborativa, sviluppata dall’autore in quegli anni all’interno della *Scuola romana*, coordinata da Gianfranco Carrara e poi da Antonio Fioravanti, durante lo svolgimento del dottorato e di alcuni assegni di ricerca. In