

Computational design e sistemi di classificazione per la verifica predittiva delle prestazioni di sistema degli organismi edilizi

RICERCA E
SPERIMENTAZIONE/
RESEARCH AND
EXPERIMENTATION

Carlo Zanchetta, Paolo Borin, Cristina Cecchini, Gregorio Xausa,

Dipartimento di Ingegneria Civile Edile e Ambientale, Università degli Studi di Padova, Italia

carlo.zanchetta@unipd.it

paolo.borin@unipd.it

cristina.cecchini@unipd.it

gregxausa@gmail.com

Abstract. Il limite principale di ogni classificazione sta nella sua staticità. Una tipologia è una fotografia del mondo in un particolare punto del tempo – è difficile che colga le mutazioni dei vecchi raggruppamenti o la nascita di tipi nuovi. Il suo destino è essere superata dalla storia (Gösta Esping-Andersen).

L'obiettivo di dominare gli aspetti economici, sociali ed ambientali connessi con la produzione di un'opera architettonica impone un approccio sistemico in base al quale è necessario produrre modelli di studio finalizzati all'analisi coordinata di una pluralità di problematiche prestazionali mutuamente interdipendenti.

La tecnologia del BIM, e in dettaglio dei modelli informativi interoperabili, offre una base operativa significativa per evadere tale necessità. Tuttavia l'attuale disponibilità di modelli informativi si concentra molto sul collezionamento di una pluralità di modelli digitali di prodotto in uno spazio virtuale e poco sulla modellizzazione del loro comportamento relazionale. Tale relazionalità invece contraddistingue e caratterizza i mutui rapporti che permettono di definire l'edificio come sistema e rappresenta di fatto l'aspetto di maggior valore di una modellazione.

Il presente studio esplicita l'utilizzo della classificazione intesa come strumento di attivazione e validazione dell'approccio esigenziale-prestazionale alla progettazione edilizia. Referenziando le categorie ed i tipi degli elementi del modello informativo ai codici della classificazione tecnologica e prestazionale degli organismi edilizi è possibile riconciliare in maniera coordinata elementi e unità funzionali dell'organismo edilizio a requisiti e specificazioni espresse dalla normativa. In questo modo, procedendo secondo una logica incrementale, si può arrivare alla gestione dei requisiti dell'intero organismo edilizio e al monitoraggio dell'effettivo adempimento degli obiettivi progettuali e dei dettati normativi.

Il modello informativo offre infatti, durante l'iter progettuale, la possibilità di catalogare le specificazioni di prestazione attese e quindi definite a livello di progettazione tecnologica dei singoli elementi tecnici. Una volta compilati tali valori e reso interoperabile il modello verso soluzioni di simulazione è possibile raccogliere i risultati e pubblicarli, tramite algoritmi di computational design, nei parametri delle unità funzionali al fine di monitorarne la rispondenza verso le specificazioni espresse.

In questo modo il modello assume il ruolo di base decisionale per il processo edilizio in quanto permette di raccogliere le specifiche tecniche relative alle componenti semplici e alle unità funzionali e contestualmente confrontarle con le specificazioni di prestazione relative ai prodotti edilizi e, aspetto assai più complesso, ai sistemi che compongono l'organismo edilizio, attivi o passivi che siano.

La ricerca proposta si configura quindi come una ipotesi di potenziamento del

contenuto informativo del progetto finalizzato a supportare le capacità decisionali di gestione delle informazioni per il successo del progetto.

Il lavoro è stato evaso nell'ambito di un progetto di ricerca e sviluppo che l'Università degli Studi di Padova sta conducendo in partenariato con F&M S.p.A., società operante nel settore dell'ingegneria dell'architettura.

La prima fase del lavoro è consistita nella analisi della letteratura concernente lo sviluppo e la diffusione degli standard di classificazione con particolare riferimento alla classificazione OmniClass e alla sua operabilità e implementazione nei sistemi BIM.

In una seconda fase sono stati approfonditi i meccanismi per l'implementazione nelle piattaforme BIM di gestione del progetto della codifica e delle specificazioni riconducibili ai codici della classificazione.

Tale obiettivo è stato raggiunto attraverso l'utilizzo di soluzioni di computational design e data integration sviluppate con il sostegno di linguaggi di programmazione visuale (VPL). Le stesse soluzioni di VPL sono state utilizzate al fine di compilare le prestazioni di sistema simulate da programmi di FEA e validare le scelte compiute in relazione agli obiettivi proposti e alle prescrizioni normative confrontando requisiti e prestazioni.

Il progetto ha permesso di attivare una effettiva progettazione esigenziale prestazionale grazie alla compilazione di questa mappatura e al fatto che la tecnologia BIM permette di definire la relazione tra un elemento tecnico e un determinato spazio e contestualmente di monitorare in quello spazio le funzioni ed i requisiti imposti.

Parole chiave: performance based building design, building information modeling, codifica, classificazione, sistemi edilizi, interoperabilità.

Introduzione

L'industria delle costruzioni si differenzia dagli altri settori

produttivi per la sua peculiarità nel produrre beni unici, la cui prototipazione richiede una grande quantità di tempo e l'intervento di molte persone con profili professionali differenziati. Le problematiche che la concorrenzialità di questi fattori introducono nel processo edilizio impongono l'adozione di misure di coordi-

Computational design and classification systems to support predictive checking of performance of building systems

Abstract. The aim of control the economic, social and environmental aspects connected to the construction of a building imposes a systematic approach for which it is necessary to make test models aimed to a coordinate analysis of different and independent performance issues.

BIM technology, referring to interoperable informative models, offers a significant operative basis to achieve this necessity. In most of the cases, informative models concentrate on a product-based digital models collection built in a virtual space, more than on the simulation of their relational behaviors. This relation, instead, is the most important aspect of modelling because it marks and characterizes the interactions that can define the building as a system.

This study presents the use of standard classification systems as tools for both the activation and validation of an integrated performance-based building process. By referring categories and types of the

informative model to the codes of a technological and performance-based classification system, it is possible to link and coordinate functional units and their elements with the indications required by the AEC standards. In this way, progressing with an incremental logic, it is possible to achieve the management of the requirements of the whole building and the monitoring of the fulfilment of design objectives and specific normative guidelines.

The informative model, indeed, offers through the whole building process, the possibility to list the expected performance requirements defined at the design level for the singles technical elements. Once filled in those values and given the model interoperability to analysis platforms, we can gather the results and publish them by using computational design algorithm in parameters of functional units with the aim to monitor the relation with the expressed specifications.

In that way, the model assumes the role of decisional basis for the building process because it allows to gather the technical specifications of simple components and functional units and in the same time compare them to the performance requirements of building products and to all the system composing the building, both active or passive.

This research is proposed as a hypothesis for the extension of the project informative content, with the aim to support the decision-making skills related to information management to ensure the success on projects.

The work has been developed during a research program in partnership between University of Padova and F&M Ingegneria S.p.A., an Italian company operating on engineering and architecture.

In the first phase of work the study focused on the literature analysis dealing with development and spread of standard clas-

namento, attuate anche mediante l'utilizzo di un linguaggio universale e non soggetto ad ambiguità. A questo scopo risulta necessaria l'implementazione di sistemi di classificazione standard per condurre ad una identificazione strutturata e univoca degli elementi dell'organismo edilizio.

È chiaro che un qualsiasi progetto di standardizzazione dei processi decisionali realizzativi e gestionali del sistema edilizio deve vertere sulla implementazione di un efficace processo di standardizzazione della nomenclatura e della classificazione. Tuttavia la effettiva applicabilità di un ipotetico sistema standardizzato di classificazione deve misurarsi con la complessità del sistema edilizio e sulla mancanza di univocità che contraddistingue gli elementi che lo compongono. Tale mancanza di univocità mal si adatta alla implementazione di sistemi di classificazione di tipo gerarchico offrendo piuttosto una certa affinità con i sistemi a faccette. Per contro, un sistema a faccette risulta di difficile gestione soprattutto in un'ottica di informatizzazione dei processi decisionali, realizzativi e gestionali. Per quanto l'assegnazione di un codice per ogni elemento del sistema offra la soluzione maggiormente operabile per affrontare il problema della standardizzazione del sistema edilizio, è nella necessità di classificare uno stesso elemento in modo differente a seconda della fase, della funzione e delle molteplici relazioni che esso intesse con l'intero sistema che è necessario impostare una politica della classificazione e una conseguente disciplina della traduzione dei sistemi edilizi in modelli informativi.

Tale soluzione offre evidenti problemi di operabilità e traducibilità in linguaggio macchina. Obiettivo di questa ricerca è evidenziare come sia possibile impostare una disciplina della gestione standardizzata dei processi di classificazione che nasca

dalla mediazione di problematiche operative di difficoltà di implementazione dei sistemi di classificazione con le ottimizzazioni offerte dall'information technology applicata al settore delle costruzioni ed in dettaglio al building information modelling.

Background e analisi di letteratura

Esempi di sistemi di classificazione per le costruzioni sono il MasterFormat e l'Unifomat sviluppato dal CSI americano, l'Uniclass inglese. È evidente come il fine di un sistema di classificazione debba consistere nel fornire un quadro comune per la organizzazione di tutte le informazioni del processo edilizio (Kang, Paulson, 1997) e contestualmente nel garantire l'accesso a sistemi informativi di gestione di costruzione, finalizzati alla diffusione della conoscenza (Caldas, Soibelman, 2003), essendo questa una componente essenziale nel processo di qualificazione del progetto di costruzione.

A scapito di un approccio sempre rigoroso e volto alla operabilità dei sistemi di classificazione si registra una certa disomogeneità nei vari standard sviluppati da diversi paesi e istituzioni in più di cinquant'anni.

Il problema principale riguarda il fatto che gli elementi del sistema edilizio dovrebbero corrispondere idealmente ad un solo nodo di una tassonomia, ma a volte questi possono essere caratterizzati da più nodi. (Jorgensen, 2011). Pur essendo l'obiettivo di una classificazione quello di distinguere tra gli oggetti di una collezione (Ekholm, 1995) una classificazione dovrebbe essere "esaustiva e definitiva" ossia ogni oggetto della collezione deve appartenere a una e una sola classe.

sification codes, with more attention on OmniClass and its implementation in BIM platforms.

In the second stage, it concentrated on the implementation of the standard classification system and the performance specifications on the BIM platforms used for project design and management.

The result has been achieved through the use of Computational design and data integration solutions, developed with the help of visual programming language (VPL). The same solutions have been used to fill in the performances of the whole system that has been simulated with FEA software and to validate the choices in relation to the proposed aims and to the normative prescriptions by comparing requirements and performances.

The project has made possible to activate a real integrate performance-based design process thanks to the realization of the map previously mentioned and to the fact

that BIM technology can define the relationship between technical elements and determined spaces and, at the same time, to monitor functions and requirements on that space.

Keywords: performance based building design, building information modeling, encoding, classification, building systems, interoperability.

Introduction

AEC industry differs from all other productive sectors for its peculiarity of building unique products, their prototyping requires a huge commitment of time and the intervention of many people with different professional profiles. Those factors introduce a competitiveness issue in the building process and impose the adoption of some coordination measures, that are carried out through a universal language without any risk of ambiguity. For this aim it is

necessary to implement standard classification systems to lead to a univocal and organic identification of the elements that constitute the building system.

It is clear that every standardization project of the design, decision-making and managing processes on building systems must focus on the implementation of an operative standardization process of naming and classification. However, the effective applicability of an hypothetic standard classification system have to measure itself with the complexity of the building system and with the lack of uniqueness that mark the elements that compose it. That lack doesn't fit with the implementation of hierarchical classification systems, but best fits to faceted classification. On the other hand, a faceted classification system is difficult to be managed in particular for the processes related to the building industry. Despite the most

operable solution, to face the problem of building systems standardization seems to be the assignment of one code to each element of the model, the appliance of a standard classification system appears more useful when we need to classify every instance in different way depending on the phase, the function and the plurality of relations that link it with the whole building system. In those cases, it is important to set up a classification strategy and a discipline for the translation of building systems in informative models.

That solution offers evident operability problems and difficulties in translation to the machine language. The aim of this research is to underline how it shall be possible to formulate a discipline for the standard management of the classification process that arises from the mediation of the operative issues related to the difficulties of implemen-

Caratteristiche dei sistemi di classificazione maggiormente diffusi

zione svolto da Lou e Goulding nel 2008.

I sistemi di classificazione nazionali utilizzati dal BCA, HBS, CSLB e Works Branch sono molto semplici da usare e ampiamente accettati, ma sono fortemente incompatibili e hanno scarsa espandibilità. I sistemi più consolidati quali l'SfB svedese e il CI/SfB del Regno Unito, espongono i punteggi più alti ma non permettono una implementazione in sistemi informatici.

Uniclass, CAWS e BSAB espongono peculiarità significative ma anche limiti in relazione a uno o più dei parametri valutativi. Il livello di sviluppo di MasterFormat, UNSPSC e OmniClass offre uno scenario di implementazione più completo anche grazie alla espandibilità e semplicità di implementazione che li contraddistinguono. Classificazioni elettroniche come Stabu Lexicon, POSC / Caesar e Barbi hanno rating circa uguali ma sono complessi da utilizzare e impongono un complicato processo di adozione. Essi hanno però il vantaggio principale di poter essere illimitatamente espansi e modificati nel tempo per adattarsi ai cambiamenti futuri per l'industria. Le ISO / DIS 12006-3 e lo standard IFC sono riconosciuti in tutto il mondo e offrono una espandibilità e possibilità di implementazione estremamente elevate ponendo però un problema sostanziale di comunicabilità dello standard trattandosi di codici informatici.

L'analisi ponderata delle problematiche di diffusione e le possibilità di implementazione in sistemi informatici oltre che la effettiva vastità e completezza del sistema portano a considerare Om-

Al fine della attuale trattazione risulta significativo riprendere il lavoro di analisi e confronto dei differenti sistemi di classifica-

zione svolto da Lou e Goulding nel 2008.

I sistemi di classificazione nazionali utilizzati dal BCA, HBS, CSLB e Works Branch sono molto semplici da usare e ampiamente accettati, ma sono fortemente incompatibili e hanno scarsa espandibilità. I sistemi più consolidati quali l'SfB svedese e il CI/SfB del Regno Unito, espongono i punteggi più alti ma non permettono una implementazione in sistemi informatici.

Uniclass, CAWS e BSAB espongono peculiarità significative ma anche limiti in relazione a uno o più dei parametri valutativi. Il livello di sviluppo di MasterFormat, UNSPSC e OmniClass offre uno scenario di implementazione più completo anche grazie alla espandibilità e semplicità di implementazione che li contraddistinguono. Classificazioni elettroniche come Stabu Lexicon, POSC / Caesar e Barbi hanno rating circa uguali ma sono complessi da utilizzare e impongono un complicato processo di adozione. Essi hanno però il vantaggio principale di poter essere illimitatamente espansi e modificati nel tempo per adattarsi ai cambiamenti futuri per l'industria. Le ISO / DIS 12006-3 e lo standard IFC sono riconosciuti in tutto il mondo e offrono una espandibilità e possibilità di implementazione estremamente elevate ponendo però un problema sostanziale di comunicabilità dello standard trattandosi di codici informatici.

L'analisi ponderata delle problematiche di diffusione e le possibilità di implementazione in sistemi informatici oltre che la effettiva vastità e completezza del sistema portano a considerare Om-

niclass, standard diffuso a partire dal 2006 dal CSI, un sistema tra i maggiormente operabili (Biscaya et al., 2007)

È importante osservare come sul fronte della standardizzazione informativa lo standard Uniclass appaia maggiormente evoluto soprattutto in relazione alla adozione delle norme inglesi BS-PAS 1192 per la digitalizzazione del settore delle costruzioni.

Tuttavia in relazione alla effettiva operabilità del sistema si ravvisano in Uniclass alcuni limiti sostanziali, fatto questo che ha portato ad adottare il primo per il proseguo dell'attività.

Peculiarità del sistema OmniClass

I punti di forza di Omniclass risiedono essenzialmente nella sua caratteristica di forte opera-

bilità e universalità, Omniclass, infatti:

- Considera e classifica tutti gli elementi che prendono parte all'intero ciclo di vita dell'edificio, assegnando la stessa importanza ai processi e ai prodotti coinvolti;
- È un sistema di classificazione a faccette che permette la descrizione dell'organismo edilizio da diversi punti di vista, siano essi considerati contemporaneamente o separatamente dagli attori coinvolti nel processo;
- È compatibile con altri sistemi di classificazione in quanto si basa sulla struttura dettata dalla norma ISO 12006-2 "Building construction - Organization of information about construction works - Part 2:

Framework for classification of information" ed integra gli standard UniFormat e MasterFormat in due delle sue tabelle costitutive

- Utilizza codici esclusivamente numerici che rendono il sistema universale per gli esseri umani e facilmente gestibile dagli strumenti informatici

tation of the classification systems with the optimization chances offered by information technology applied to AEC industry and, in particular, to building information modelling.

Background and literature review

Examples of classification systems in the AEC industry are MasterFormat and UniFormat, developed in USA by CSI or the British standard Uniclass. It is clear that the aim of those systems is to give a unique platform for the organization of the ensemble of information linked to the building process (Kang, Paulson, 1997). In the same time, it has to ensure the access to management informative systems created to the knowledge spread (Caldas, Soibelman, 2003) because it is a central element in the qualification process.

At the expense of a strict approach aimed to the operability of classifica-

tion systems it is noticed a diffuse heterogeneity between the various standards developed in different countries and by different institutions through the last fifty years.

The most important issue is related to the ideal univocal match between the elements of the building system and the nodes of a taxonomy, because most of the time the first category is related to more than one point of the second (Jorgensen, 2011). Although the aim of the classification is to distinguish the objects in a collection (Ekholm, 1995) it shall also be "exhaustive and definitive", namely each element of the collection have to belong to a single class.

Characterization of most diffused classification systems

For this study it is important to watch to the analysis and comparison work of the different standard classification

systems developed by da Lou e Goulding in 2008.

The national classification standards used by BCA, HBS, CSLB and Works Branch are simpler to be employed and largely accepted, but they are incompatible and don't offer significant expandability. More consolidated systems, as Swedish SfB and British CI/SfB expose higher score but don't allow an application to the information technology.

UniClass, CAWS and BSAB have significant features, but also some limits in relation to one or more of the rating criteria. The level of development of MasterFormat, UNSPSC and OmniClass offers a more complete scenario about applicability, thanks to their expandability and use simplicity. Electronic classification systems as Stabu Lexicon, POSC Caesar and Barbi have almost the same rating but are more complex to be used and impose

a difficult process to be implemented. However, they have the benefit to be expandable without limit and editable over time to adapt themselves to the industry changes. ISO/DIS 12006-3 and IFC standard are universally recognized and offer high possibilities to be expanded and implemented along with a communication issue linked to their nature of computer codes.

Reasoning upon both diffusion issues and implementation possibilities to informative systems lead to consider OmniClass, the standard diffused by CSI since 2006, the most operable scheme (Biscaya et al., 2007). This decision faces even the consideration of the scale and the completeness of the mentioned classification systems

It is important to look that, between the others, UniClass appears more evolved in the information standardization field, in particular in relation to its adoption

Tabella 1 | Raffronto tra i sistemi di classificazione più diffusi
Comparison between most diffused classification systems

	BCA, Singapore	HSB, NSW, Australia	CSLB, California, US	Works Branch, Hong Kong	C/SB (UK)	Uniclass (UK)	CAWS (UK)	STABU LexiCon (Netherlands)	POSC/Caesar (Norway)	BARBI (Norway)	SFB (Sweden)	BSAB (Sweden)	MasterFormat (North America)	CICS	ECIS	UNSPSC	ISO/DIS 12006-3	IAT-IFC	OmniClass
EASE OF USE	4	5	5	4	4	3	5	2	1	2	5	4	3	4	4	5	1	1	3
EASY UP-TAKE	4	1	3	4	4	5	3	1	1	2	5	4	4	4	3	3	5	3	3
EXPANDABILITY	3	1	2	3	3	3	3	5	5	5	1	4	5	2	2	5	5	5	4
COMPATIBILITY	1	1	1	1	4	3	3	4	3	4	4	3	3	2	2	3	4	4	4
DEPTH	5	2	2	5	2	3	4	5	5	5	2	3	4	3	3	4	5	5	5
ACCEPTANCE	3	3	3	3	5	3	4	3	2	3	5	3	4	2	2	4	4	4	4
	20	13	16	20	22	20	22	20	17	21	22	21	23	17	16	24	24	22	23

– È uno schema espandibile che, assieme all'evoluzione dell'industria delle costruzioni può crescere ed aggiornarsi ma senza mai contraddirsi.

In modo particolare sono state analizzate e impiegate 4 delle 15 tabelle (13 – Spaces by function, 21 – Elements, 22 – Work results e 23 – Products) costituenti lo standard di classificazione.

Implementazione dei sistemi di classificazione nelle piattaforme BIM: potenzialità e limiti di utilizzo

Esistono due tipi di classificazione che possono compiutamente essere implementati in un sistema informativo edilizio (BIM). Il primo tipo riguarda la classificazione dei modelli digitali di prodotto (elementi digitali della costruzione) in relazione al ruolo che questi hanno nell'organismo edilizio. Ciascuna piat-

taforma di model authoring offre differenti restituzioni del sistema edilizio secondo schemi che di fatto possono essere ricondotti alla visione standardizzata offerta da IFC.

Possiamo quindi affermare che la semplice modellazione e conseguente esportazione in formato interoperabile corrisponde ad un atto di classificazione dell'elemento o spazio secondo lo standard ISO 16739: 2013 corrispondente appunto allo schema IFC. Il problema principale di questa classificazione riguarda il fatto che la codifica IFC degli elementi del modello espone una classificazione di livello molto generale limitandosi alla sola definizione del ruolo degli elementi senza quindi entrare nella tipizzazione degli stessi, fatto questo necessario per poter attivare un processo di verifica e controllo della rispondenza delle prestazioni degli elementi, e dei sistemi, ai requisiti imposti.

È per questo motivo che vive nella modellazione informativa un

on the British law for the digitalization in the AEC industry BS-PAS 1192. However with regard to the effective operability, it is noted that UniClass has some substantive limits, and that is the reason that make us prefer the first one for this study.

Particularity of omniclass

Omniclass's strengths are in its characteristics of operability and universality. The standard, indeed:

- consider and classify all the elements that take part in the whole life cycle of the building, giving the same importance to processes and products;
- is a faceted classification system that lead to describe the building system from various point of view, in the same way if they are considered as separated or taken together by the different professionals involved in the process;

– is compatible with other classification systems because it is founded on the structure of the ISO 12006-2 "Building construction - Organization of information about construction works - Part 2: Framework for classification of information" and incorporates the standards UniFormat and MasterFormat in some of its tables;

- uses only numerical codes, that make the system universal for human being and easily manageable for computer tools;
- is an expandable schema that can be updated and enlarged without contradictions along with the changing of the AEC industry.

For this study, in particular, 4 out of the 15 tables of the standard has been analyzed. They are Table 13 – Spaces by function, Table 21 – Elements, Table 22 – Work results and Table 23 – Products.

Potentiality and limits of the implementation of classification systems in bim authoring applications

There are two kinds of classification systems that can be implemented on a building informative system (BIM). The first one is related to the classification of the digital models of product (digital elements of construction) with regard to the role that they assume in the building system. Every model authoring platform offers different representations of the building system basically according to the IFC standard. We can assume that the simple fact of modelling and exporting in an interoperable file format is an act of classification of elements and spaces according to ISO 16739:2013, that corresponds to IFC.

The main issue of this classification is that IFC classification of model elements stays at a general level. It is limited

to the definition of the role of elements without entering on their typing, that is the fundamental aspect to activate a validation process of the compliance between elements requirements and system performances.

For that reason it exists another kind of classification, operable in informative modelling platforms, that is the proper one related to elements. It is developed by filling in a parameter value defined for the aim to identify unequivocally the characteristic of each element.

The implementation of a standard classification system on an informative model allows to achieve more interesting results than the identification of elements. BIM technology, indeed, makes possible to recognize the system of relations that link each entity to the whole system. This builds a relational and standardized database that grows with the phases of definition of the project.

secondo tipo di classificazione, di fatto la classificazione vera e propria degli elementi, che viene evasa assegnando un valore ad un parametro appositamente predisposto al fine di identificarne inequivocabilmente le caratteristiche.

L'implementazione di un sistema di classificazione standard in un modello informativo consente di ottenere un risultato più interessante rispetto alla sola identificazione degli elementi. Il carattere proprio della tecnologia BIM, infatti, rende possibile il riconoscimento del sistema di rapporti che legano ciascuna entità all'insieme dell'organismo, costituendo una base di dati codificata, ossia relazionale e standardizzata che cresce con gli stadi di definizione del progetto.

Le piattaforme BIM permettono generalmente l'implementazione di qualsiasi standard per la catalogazione degli elementi mediante la disposizione di campi dati collegati a database esterni contenenti la struttura dei sistemi di classificazione individuati. (Metadati) Nei software di model authoring le potenzialità offerte da tale possibilità sono limitate dal fatto che tipicamente non è possibile assegnare ad un singolo elemento più valori ai fini della sua classificazione. (Classificazione uno a molti)

Tale considerazione genera un ostacolo alla capitalizzazione delle potenzialità che offre un sistema di classificazione di tipo a faccette quale è appunto Omniclass. Infatti, nella concezione di un progetto ciascuna componente può essere descritta sotto punti di vista differenti, in differenti fasi e con riferimento a differenti discipline del progetto, ma pur sempre secondo sistemi coerenti tra loro. I software di modellazione conducono invece ad una scomposizione di tipo gerarchico e orientata al prodotto, in quanto elemento che costituisce l'unità minima del modello informativo. Per permettere l'utilizzo della classificazione come strumento a

doppia valenza, ossia per la registrazione dei requisiti in fase di concept e per la verifica della rispondenza ad essi in fase di validazione, occorre classificare secondo diversi livelli di approfondimento capaci di seguire gli stadi di definizione del progetto stesso. Tale limite si ravvisa in realtà solo nella attuale offerta tecnologica delle applicazioni software in quanto sotto il profilo degli standard informativi (IFC) è buildingSmart stessa a puntualizzare la necessità di gestire, per ciascun elemento, una pluralità di codifiche.

La struttura di riferimento di IFC, pur contemplando la creazione al suo interno di un sistema di classificazione ad hoc, da definire all'interno del progetto, stabilisce riferimenti ad uno o più sistemi di classificazione esterni.

"IfcClassification is used for the arrangement of objects into a class or category according to a common purpose or their possession of common characteristics" (ISO 16739:2013 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries). In questo senso è paradigmatica l'introduzione nella release 4 dello schema della classe IfcClassificationReference. Con questo bSI dimostra una precisa volontà di precisare e ottimizzare il processo di collegamento tra elementi e classificazione (Laakso, 2016). Tuttavia lo sforzo di sviluppo di BuildingSmart ha portato non solo ad un aggiornamento all'interno di IFC. Per l'inserimento di un sistema di classificazione all'interno di un modello è necessaria un'armonizzazione dei sistemi di classificazione all'interno di una struttura che li possa contenere attraverso un dizionario condiviso (Afsari, Eastman, 2016) direzione intrapresa da buildingSMART nello sviluppo del building Smart data dictionary o bSDD.

BIM platforms generally allow the implementation of every classification system for the cataloguing of elements through the provision of data fields connected to external databases (metadata) in which the structure of the classification system is explained. In model authoring software the potentials are limited by the fact that usually it is not possible to assign more classification codes to a singular element.

This consideration generates an obstacle to the full use of the possibilities that a faceted classification system, such as OmniClass, offers. In the design process, indeed, every component can be described from various point of view related to project phases or disciplines, while keeping its coherent unity. Modelling software instead leads to a hierarchical product-based decomposition, because product is the minimum unit

that compose the informative model. To ensure the use of classification as a double tool, to register requirements in the design phase and to verify them in the validation one, there is the need to classify by different levels of detail able to follow the progress in the definition of the project.

The limit consists on the actual software availability because by looking at the informative standards, starting from IFC, BuildingSmart recognize the necessity to manage, for each element, a plurality of codes.

IFC structure, indeed, while including the chance to define ad hoc classification system in the project environment, establish the references to one or more external classification systems. ISO regulation about IFC defines classification in this way: "IfcClassification is used for the arrangement of objects into a class or category according to a

common purpose or their possession of common characteristics". For this reason it is very important the implementation on the 4th release of the scheme of the IfcClassificationReference class. With that decision BuildingSmart demonstrates the wish to specify and optimize the connection process between elements and their classification (Laakso, 2016). However the effort developed by BuildingSmart brought to something more than the update of the IFC scheme. To the inclusion of a classification system on a model it is necessary to develop an harmonisation of the classification systems on a structure able to contain them through a shared dictionary (Afsari, Eastman, 2016). This is the direction taken by BuildingSmart with the development of its buildingSmart data dictionary (bSDD) project.

Definition of a knowledge base: from classification to mapping of element's relations

The research project focuses on the possibility to link to the classification of a technical or spatial element to the requirements stated by regulations and its performance.

The experimentation is based on some operating assumptions whose practicality represents, in the end, the goal of the research.

Start from technical regulations to assign requirements to spaces classified by means of Omniclass table 13 (function by spaces), as well as to functions and technical elements; implement a classification strategy that permits to assign more tags to the same element to solve the problem of its dependency from multiple disciplines and procurement approaches. This complexity is managed thank to a pro-

Definizione di un modello di conoscenza: dalla codifica alla mappatura delle relazioni

Il progetto di ricerca verte sulla possibilità di collegare ad un codice della classificazione i requisiti e le prestazioni che la normativa tecnica esplicita con riferimento all'elemento codificato, fisico o ambientale che sia.

La sperimentazione si fonda su alcune ipotesi operative la cui applicabilità rappresenta di fatto l'obiettivo della ricerca:

- mappare i requisiti in relazione agli spazi classificati secondo la tabella 13 di OmniClass (function by spaces), alle funzioni e agli elementi tecnici partendo dalla normativa tecnica;
- procedere ad una classificazione uno a molti degli elementi del modello nella quale la complessità operativa della sovrapposizione di più codici di classificazione viene governata adottando una logica di tipo processuale in cui il singolo elemento "nel tempo" può essere considerato solo in un unico modo (element – product – work result) e contestualmente una logica di tipo disciplinare nella quale il singolo elemento "all'interno di una disciplina" specifica trova una univoca collocazione;
- referenziare ciascun elemento tecnico del modello (modello digitale di prodotto) agli elementi spaziali in cui questo è collocato (spazi – unità ambientali) in modo tale da poterne mappare la dipendenza in termini di specifiche;
- riportare, in funzione della suddetta dipendenza, sulle unità spaziali le specificazioni di prestazione determinate dai singoli elementi tecnici configurati come sistema nell'ipotesi che i valori di prestazione possano essere simulati e quindi compilati nelle proprietà degli elementi spaziali del modello oppure direttamente calcolati e compilati per via relazionale

ness approach in which for every phase of the process an element can be considered only in one way depending on the fact that it is treated as an element, a product or a work result and concurrently it finds a proper collocation in the field of a discipline composing the building system, map the dependency of a technical element (digital model of a product) to spaces hosting it (rooms – zones). This strategy aims at compiling product requirements related to spaces specifications.

regarding this dependency, compile predicted performance of spaces generated by technical systems. This can be led in the hypothesis of obtaining performance values directly from model relations or alternately simulate performance values in external applications and then write them in space's parameters.

set up the discipline of model and code checking starting from the semi-automated compilation of values in the model and comparison of requirements and performances (if numerable)

As expressed in the following table it is possible in this information environment to manage complexity and multiplicity of element's classification reducing the problem by phase or discipline. At the very beginning of the process technical elements are identified with reference to table 21 (elements) based on Unifomat. This classification focuses on the function of elements and their dependency from spaces permits to compile automatically their requirements.

Requirements mapping is upgraded with increasing level of detail as well as the design is more defined. Omniclass tables encompass this evolution pro-

internamente al modello.

- istituire una pratica di controllo e validazione del progetto attraverso la compilazione nel modello di questi valori confrontando automaticamente i valori (ipotizzati numerabili) relativi a requisiti e prestazioni.

In un sistema siffatto è possibile governare la molteplicità dei sistemi di classificazioni gestendo gli elementi per fase e per disciplina.

Vengono individuati, in prima istanza, gli elementi costitutivi dell'opera, identificati secondo la tabella 21 (Elements), basata su UniFormat, ponendo l'accento sulla funzione degli stessi. La loro dipendenza dagli spazi permette di compilarne automaticamente i requisiti.

La fase di mappatura dei requisiti si ripete con maggior grado di dettaglio all'approfondirsi delle scelte di progetto e al variare delle fasi e dei soggetti coinvolti spostandosi attraverso le tabelle di Omniclass (da elements a Work Results a Products).

Operativamente tale strumento viene evaso mediante la redazione di una matrice che raccoglie gli articoli della classificazione e li associa ai requisiti che vengono specificati per ciascun elemento tecnico.

Problematiche di compilazione dei valori e soluzioni di computational design e data integration per la gestione informativa

La ricerca si è per il momento limitata a verificare le ipotesi operative in relazione alla disciplina strutturale.

Le problematiche riscontrate riguardano principalmente la necessità di compilare i requisiti di un elemento tecnico strutturale a partire da differenti aspetti di sistema, segnatamente le condizioni di carico e le caratteristiche passive di resistenza al fuoco.

Le problematiche riscontrate riguardano principalmente la necessità di compilare i requisiti di un elemento tecnico strutturale a partire da differenti aspetti di sistema, segnatamente le condizioni di carico e le caratteristiche passive di resistenza al fuoco.

cess by offering different classification systems that can be superimposed to elements in the model referring to their meaningfulness to a specific phase or discipline.

This activity generates an overall matrix that expresses classification codes and points them to every item considered by phase or discipline.

Issues in data compilation and applications of computational design and data integration for information modeling and management

At the moment, the research is limited to the structural discipline. The main issues are related to the difficulty of compiling requirements of a structural item starting from different system aspect. In particular it is clear that loads and fireproofing conditions come out from rooms and zones specifications and need to be translated in technical

elements specification.

By referring elements to spaces it is possible to define the proper design of each element but the complexity and variability that comes out from the differentiation of each element in relation to its dependency from a specific condition of use acts in opposite to the standardization and simplification that characterize procurement, assembly and construction process of structural elements. It happens very often that structural slabs are designed with reference to the maximum loads of the floor even where they can be reduced as in technical spaces.

The research points out the key role of computational design as the discipline and tool that links input and output data of simulation and analysis applications to the information collected in the model. In this sense it is relevant to note that design of beams and pil-

La referenziazione degli elementi agli spazi permette di definire in maniera puntuale la progettazione di ciascun elemento tecnico ma la variabilità che una definizione così spinta delle condizioni d'uso comporta mal si adatta alle esigenze di semplificazione dei processi produttivi e di installazione che connotano soprattutto gli elementi strutturali; di fatto i solai sono tipicamente progettati con riferimento ai carichi massimi di piano anche laddove i carichi di esercizio risultano più contenuti (spazi di servizio) Significativo appare invece l'uso del computational design per integrare i dati in ingresso della simulazione con i valori dei carichi permanenti monitorati dal modello. Essendo infatti la progettazione degli elementi strutturali lineari (travi e pilastri) più aderente alla realtà fisica dell'edificio una disamina puntuale dei carichi non può che portare ad una ottimizzazione del design. Allo stesso modo risulta strategico il ricorso al CD al fine di riportare nel modello le condizioni di carico e i valori di resistenza degli elementi. Tale attività nasce dalla possibilità di far leggere ad applicazioni di CD basi di dati organizzate in formato CSV e pianificare un trasferimento delle stesse nei parametri degli elementi del modello. LA preparazione di questi database può imporre anche il ricorso ad applicazioni di data integration al fine di creare una struttura di dati che possa essere comodamente e correttamente trasferita al database edilizio. Assai significativo appare invece il fronte delle verifiche semi-empiriche finalizzate alla verifica di vulnerabilità sismica. In queste la lettura del contenuto informativo del modello da parte degli script di CD e la creazione di sistemi strutturali rappresenta un modus operandi articolato e irrinunciabile che trova nel BIM relazionale computazionale l'unico strumento di automatizzazione del processo di verifica predittiva.

lars doesn't follow the overall sense of standardization that characterizes the design of horizontal structures. By saying so we focus on the fact that a precise reduction of the performance of those elements to the actual conditions of

the model helps to optimize the overall design. In the same way, CD is fundamental to recollect in the model information regarding loading conditions and strength of structural elements. This

Conclusioni

Il progetto ha evidenziato significative prospettive di sviluppo sia in relazione alla possibilità di estendere il metodo ad altre discipline oltre a quella strutturale, sia in relazione alla importanza di procedere per ambiti di standardizzazione autonomi e processi di modellazione informativa indipendenti ma concorrenti.

In particolare appare importante studiare la interoperabilità e la collocazione delle informazioni sulle prestazioni di sistema relative agli aspetti del comfort termoigrometrico, acustico e visivo al fine di impostare una gestione della qualità globale dell'edificio.

Attraverso una attenta referenziazione dei metadati è possibile creare sistemi informativi standardizzati sui quali caricare di volta in volta specifiche di prestazione differenti compilate con riferimento a contesti geografici o disciplinari differenti.

Viceversa lo studio sulla compilazione delle prestazioni di sistema simulate partendo dagli output delle applicazioni di performance simulation (nel caso specifico modelli fem strutturali) ha un valore definitivo e permette la creazione di una base di conoscenza che una volta diffusa può contribuire alla qualificazione dei processi progettuali e quindi degli organismi edilizi.

Il carattere peculiare di questa ricerca riguarda però la possibilità, evidenziata dai test svolti, di bypassare la complessità della classificazione multipiattaforma agendo attraverso una fasizzazione dell'uso dei modelli e una organizzazione per discipline, e quindi per sistemi, degli elementi e dei parametri a questi relativi, tra i quali le differenti classificazioni e specificazioni.

activity comes out from the possibility to make CD take information from external database and recollect it in model's parameters. This field of information modeling and management (IMM) refers to the discipline of data

integration and the relative applications. The importance of this competence is relevant because most part of this project regards the possibility to read and comprehend structures of data to transfer information to BIM

Tabella 2: organizzazione per fase e per disciplina del sistema di classificazione Omniclass

Table 2: organization by phase and discipline of Omniclass classification system

RELATIONSHIP OF WHEN OMNICLASS TABLES TO TABLE 31 - PHASES																
TABLES	31	11	12	13	14	41	49	21	22	23	32	33	34	35	36	
	PHASES	Construction Entities by function	Construction Entities by Form	Spaces by Function	Spaces by Form	Materials	Properties	Elements	Work Results	Products	Services	Disciplines	Organizational Roles	Tools	information	
Purpose	when	why	where	why	where	what	how	what	what+how	what	how	who	who	how	what	
31.00.00.00		X	X													
31.10.00.00	Inception	X									X	X	X	X	X/R/O	
31.20.00.00	Conceptualization	R	R	X	X						R/O	R/O	R/O	R/O	X/R/O	
31.30.00.00	Criteria Definition	O	O	R	R	X	X				R/O	R/O	R/O	R/O	X/R/O	
31.40.00.00	Design			O	O			X	X	X	R/O	R/O	R/O	R/O	X/R/O	
31.50.00.00	Coordination					O	O	R	R	R	R/O	R/O	R/O	R/O	X/R/O	
31.60.00.00	Implementation						O	O	O	O	R/O	R/O	R/O	R/O	X/R/O	
31.70.00.00	Handover							O	O	O	R/O	R/O	R/O	R/O	X/R/O	
31.80.00.00	Operations								O	O	X/R/O	X/R/O	X/R/O	X/R/O	X/R/O	
31.90.00.00	Closure									O	X/R/O	X/R/O	X/R/O	X/R/O	X/R/O	

LEGEND
 DEFINITION X
 REFINEMENT R
 USE O

REFERENCES

- Afsari, K., Eastman, C.M. (2016), "A Comparison of Construction Classification Systems Used for Classifying Building Product Models", *52nd ASC Annual International Conference Proceedings by the Associated Schools of Construction*.
- Biscaya, V.N., Tah, H.M. (2007), "A literature review on information coordination in construction", *Proceedings of the Seventh International Postgraduate Research Conference in the Built and Human Environment*, University of Salford, 2007.
- Caldas, C.H., Soibelman, L. (2003), "Automating hierarchical document classification for construction management information systems", *Automation in Construction*, Vol. 12, No. 4, pp. 395-406.
- Cheng, C.P. et al. (2008), "Domain-specific ontology mapping by corpus-based semantic similarity", *Proceedings of 2008 NSF CMMI Engineering Research and Innovation Conference*.
- Crawford, R.H., Stephan, A. (2015), *The principles of a classification system for BIM: Uniclass 2015*.
- Ekholm, A., Fridqvist, S. (1996), "A conceptual framework for classification of construction works", *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, Vol. 1, No. 1, pp. 1-25.
- Ekholm, A., Häggström, L. (2011), "Building classification for BIM—Reconsidering the framework", *CIB W78-W102 2011: International Conference. CIB, 2011*.
- Godert, W. (1991), "Facet classification in online retrieval", *International classification*, Vol. 18, No. 2, pp. 98-109.
- Jørgensen, K.A. (2011), "Classification of Building Object Types: Misconceptions, challenges and opportunities", *Misopfattelser udfordringer og muligheder*.
- Kang, L.S., Paulson, B.C. (1997), "Adaptability of information classification systems for civil works", *Journal of construction engineering and management*, Vol. 123, No. 4, pp. 419-426.

models by means of BIM.

Very important seems to be the role of CD in structural predictive checks based on semi-empirical methods oriented at seismic vulnerability. The possibility offered by CD to read information relevant for developing vulnerability checks offers a tool and a discipline that is indispensable especially if considered in relation to automated processes regarding existing building data bases.

Conclusions

The project offers significant possibility to be developed in other disciplines besides the structural one. An aspect which is important to take into account is that it can be managed in autonomous fields of standardization and independent (but concurrent) information modeling processes.

It is very important to analyze the in-

teroperability and the placement of information about the aspect of thermal, acoustic and visual comfort in order to define a discipline for the management of total quality of buildings.

By managing metadata and linking them to model elements it is possible to create standardized information systems where to load specifications that change with localization and depend from discipline.

On the other side the research on the possibility to map performance simulations in the model starting from output generated by engineering applications (in this case FEM structural models) has a certain maturity and permits to create a knowledge base that, once shared, can qualify design process and building systems.

Beyond the IMM aspect, the actual result coming out of this research is to state the possibility to bypass the com-

Laakso, M., Nyman, L. (2016), "Exploring the Relationship between Research and BIM Standardization: A Systematic Mapping of Early Studies on the IFC Standard (1997–2007)", *Buildings*, Vol. 6, No. 1, p. 7.

Lou, E., Weng, C. and Goulding J.S. (2008), "Building and Construction Classification Systems", *Architectural Engineering and Design Management*, Vol. 4, No. 3-4, pp. 206-220.

Monteiro, A., Poças Martins, J. (2013), "A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design", *Automation in Construction*, Vol. 35, pp. 238-253.

plexity of multi-platform classification.

This can be managed by producing a phase based organization of the models and, after that, a discipline dependent and a systems dependent organization of model's elements. In this generation of phase, discipline and system dependent models the parameters can be compiled referring to proper Uniclass tables and point on effective specifications.