

SOMMARIO DISSERTAZIONE DI DOTTORATO

Autore: Davide Simeone

Titolo: Un modello di simulazione del comportamento umano degli edifici

Relatore: Prof. Gianfranco Carrara

Tutor esterno: Prof. Yehuda E. Kalay (Technion Israel Institute of technology)

Tutor: Prof. Antonio Fioravanti

Dottorato di ricerca in Ingegneria Edile-Architettura (Ciclo XXV)

Sapienza Università di Roma

Dissertazione completa disponibile a questo link: <http://hdl.handle.net/10805/2207>.

INQUADRAMENTO TEMA TRATTATO E LAVORO SVOLTO:

La dissertazione presentata in questa sede è la sintesi di un lavoro di ricerca sviluppato dal candidato nel corso del XXV Ciclo di Dottorato in Ingegneria Edile-Architettura presso Sapienza Università di Roma. L'ambito generale di ricerca è quello della progettazione architettonica assistita dal computer (CAAD), con particolare riferimento all'area della simulazione in ambiente virtuale per la previsione e la valutazione delle performance dell'edificio.

All'interno di questa vasta area di studio, il lavoro di ricerca si è focalizzato sullo sviluppo di un sistema di modellazione in grado di simulare, in ambiente virtuale, il futuro comportamento degli utenti di un edificio. La scelta di tale obiettivo di ricerca nasce dalla necessità di rispondere ad una delle problematiche aperte nel mondo della progettazione edilizia ovvero la difficoltà di prevedere, durante il processo progettuale, la qualità della risposta dell'edificio agli utenti e alle loro attività. Ad oggi, infatti, i progettisti sono costretti a immaginare come l'edificio verrà utilizzato dai suoi futuri utenti senza poter contare su metodi e strumenti davvero affidabili e accurati. Le conseguenze di tali limiti sono ogni giorno davanti ai nostri occhi: una volta realizzati, spesso gli edifici non funzionano come atteso ma a quel punto intervenire diventa particolarmente difficile e oneroso. Con l'esponentiale aumento della potenza dei calcolatori e con l'introduzione di nuovi paradigmi di modellazione, alcuni approcci simulativi sono stati introdotti nella progettazione architettonica al fine di simulare virtualmente il possibile comportamento degli utenti nell'edificio. Le loro reali applicazioni sono però limitate alla rappresentazione solo di alcuni aspetti del comportamento umano e in presenza di particolari condizioni (ad esempio la fuga in caso di incendio), mentre una simulazione affidabile e comprensiva del fenomeno generale d'uso dell'edificio è ancora mancante. Sulla base dei recenti sviluppi nel campo della simulazione ludica, la ricerca descritta in questa dissertazione (sviluppata in parte presso il Technion Israel Institute of Technology e la Berkeley University of California) mira a definire un nuovo approccio alla simulazione del comportamento degli utenti in un edificio, basato su una accurata e gestibile formalizzazione del suo processo d'uso e sulla sua simulazione virtuale, al fine di ottenere un fenomeno risultante coerente e realistico. Con lo scopo di testare la validità del modello e valutarne le reali potenzialità, differenti esperimenti e casi studio sono stati nell'ambito dell'edilizia ospedaliera, simulando il comportamento degli utenti in condizioni sia normali che di emergenza.

ORIGINALITA' DEI RISULTATI OTTENUTI:

Il risultato di questa ricerca, descritto in modo compiuto nella presente dissertazione, è un modello assolutamente originale e innovativo che apre la strada a nuovi scenari di sviluppo, sia nell'ambito della ricerca teorica che in quello della creazione di nuovi strumenti informatici di supporto alla progettazione. Nella progettazione architettonica, esso si pone come un nuovo strumento di supporto alle decisioni dei progettisti, offrendo la possibilità di verificare l'impatto delle scelte progettuali sulla vita e le attività dei futuri utenti di un edificio.

Uno degli elementi caratterizzanti e innovativi del lavoro di ricerca svolto è stato quello di saper guardare in modo "curioso" e aperto a modelli simili sviluppati in settori apparentemente non affini (ad esempio quello della simulazione ludica), derivandone così interessanti approcci e tecniche di modellazione e simulazione virtuale e adattandoli alle necessità e al contesto della progettazione edilizia.

In termini metodologici, l'originalità del modello proposto risiede soprattutto nella capacità del modello proposto di simulare in modo compiuto il processo d'uso di un edificio basato su una formalizzazione adattiva di uno scenario d'uso attraverso un nuovo tipo di entità di modellazione – definita come evento- in grado di simulare lo svolgimento di una attività e la cooperazione tra più agenti. Questo rappresenta un elemento di novità rispetto all'attuale stato dell'arte del CAAD in quanto gli attuali sistemi di simulazione (solitamente di tipo agent-based) sono in grado di simulare solo aspetti semplici del comportamento degli utenti di un edificio (ad esempio il movimento) lasciando scoperta tutta la componente relativa alle attività che essi svolgono nello stesso.

APPLICABILITÀ DEL MODELLO PROPOSTO:

Sin dalla sua prima applicazione orientata alla simulazione del funzionamento di una tipologia specifica quale quella ospedaliera, si è notato come il modello proposto abbia suscitato un crescente interesse non solo nel panorama della ricerca sul CAAD ma anche da parte di enti e gruppi di ricerca, software houses e società che si occupano di gestione di ospedali e del loro parco edilizio. La possibilità di predire e visualizzare in un ambiente virtuale come il futuro edificio verrà utilizzato e vissuto dagli utenti rappresenta infatti un importante apporto al processo di progettazione e alle decisioni che in esso sono compiute, aiutando a migliorare la funzionalità dell'edificio una volta costruito e occupato. Come mostrato nei vari esperimenti e casi studio sviluppati, un primo prototipo del modello, relativamente semplice ma funzionante e completo delle sue componenti principali è stato già sviluppato utilizzando software e applicazioni disponibili e accessibili sul mercato. Nonostante il modello sia abbastanza recente nel suo sviluppo, esso è diventato un elemento centrale di due differenti progetti di ricerca internazionali (UCLight: Center for Ubiquitous Communication by Light, e LaNext-Generation Building Representation: Modeling Form, Function, And Use(r)s of Buildings) ed è attualmente in corso di testing su quattro differenti ospedali (il Bnei Tzion di Haifa, l'Ichilov Hospital di Tel Aviv, il Tel Aviv Souraski Medical Center e l'Alta Bates Summit Center di Oakland). In tale ambito, varie possibili applicazioni del modello sono state proposte dai loro manager: alcuni hanno suggerito di utilizzare il modello per verificare se alcune funzioni possano essere spostate in altri edifici esistenti o meno, offrendo dei dati di base su cui poter guidare investimenti rilevanti; altri hanno invece sottolineato come un ospedale sia caratterizzato da un processo di trasformazione continuo, e come il modello proposto possa aiutare a prevedere e gestire il normale funzionamento in presenza e come il modello proposto possa aiutare a prevedere e gestire il normale funzionamento in presenza ad esempio di cantieri temporanei, trasformazioni, etc.

RILEVANZA SCIENTIFICA DEI RISULTATI OTTENUTI:

Nel panorama delle attuali ricerche nel campo del CAAD e in particolare in quello della simulazione del comportamento degli utenti di un edificio, la presente ricerca si colloca proponendo un approccio di modellazione originale e risolutivo di alcune delle difficoltà affiorate nel corso del tempo. Sebbene il modello allo stato attuale presenti ancora limitazioni e punti critici, si ritiene comunque che esso rappresenti un primo passo importante verso la risoluzione di una delle problematiche che attualmente influenzano il processo progettuale ed il suo prodotto, ovvero la previsione della reale rispondenza dell'edificio alle attività degli utenti che andranno ad occuparlo. Data la complessità intrinseca di un modello di questo tipo, e soprattutto quella del fenomeno su cui si focalizza - il comportamento degli utenti di un edificio -, la ricerca in oggetto non può certamente dirsi conclusa. Tuttavia, la presente dissertazione delinea per la prima volta nella comunità scientifica un modello di simulazione completo in grado di confrontarsi con tale complessità: dal punto di vista della teoria della ricerca, quello proposto è forse da considerarsi un "meta- modello" in quanto descrive la struttura concettuale, le caratteristiche, le componenti e le relazioni che compongono un modello orientato alla simulazione del comportamento degli utenti di un edificio.

la ricerca alla base di questa dissertazione fornisce un rilevante contributo all'area di ricerca incentrata sulla simulazione del comportamento degli utenti di un edificio, proponendo da un lato una strutturazione e chiarificazione del problema e delle sue difficoltà di modellazione, e dall'altro concettualizzando la possibile struttura di un modello simulativo di tale fenomeno. Si ritiene che la presente dissertazione possa essere considerata un primo passo verso un modello in grado di aiutare i progettisti nel prevedere e comprendere quella che è probabilmente la più importante tra le performances dell'edificio, ovvero la risposta e l'interazione dello stesso con le attività, il comportamento, la vita dei suoi utenti.

A conferma della validità scientifica dei contenuti della presente dissertazione e dell'interesse suscitato in ambito internazionale, il lavoro di ricerca è stato presentato a differenze conferenze rilevanti nell'ambito del CAAD ed è stato pubblicato su volumi, riviste scientifiche e atti di convegno.

LISTA DELLE PUBBLICAZIONI CORRELATE ALLA DISSERTAZIONE DI DOTTORATO

11) Kalay Yehuda E., Schaumann Davide, Hong Seung Wan, and Simeone Davide (2014), "Beyond BIM: next-generation building information modeling, to support form, function, and use of buildings" in Kensek K., Noble D., *Building Information Modeling: BIM in Current and Future Practice*, Wiley, ISBN 978-1118766309.

10) Simeone Davide, Schaumann Davide, Carrara Gianfranco and Kalay Yehuda E. (2013), "BIM and simulation of building use processes", in *ICT, Automation and the Industry of the Built Environment: from the Information Exchange to the Field Management*, Proceedings of the 2013 ISTeA congress October 3rd-4th, 2013, Milan, Maggioli Editore, ISBN 978 88 387 6258 1.

9) Simeone Davide, Schaumann Davide, Kalay Yehuda E., Carrara Gianfranco (2013) "Adding users' dimension to BIM", in Morello E. and Piga B.E.A. (eds.), *Envisioning Architecture: Design, Evaluation, Communication* - Proceedings of the 11th conference of the European Architectural Envisioning Association, Milano, 25-28 September 2013. Roma: Edizioni Nuova Cultura, ISBN 978 88 681 2136 5.

8) Simeone Davide; Kalay Yehuda E., Schaumann Davide & 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, 18-20 September 2013, pp. 59-67, ISBN 978 94 91207 04 4.

7) Simeone Davide, Kalay Yehuda E., Schaumann Davide (2013) "Using game-like narrative to simulate human behaviour in built environments", in Stouffs R., Janssen P., Roudavski S., and Tunçer B., *Open*

Systems: Proceedings of the 18th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA 2013), Singapore, ISBN: 978 988 19026 4 1.

6) Davide Simeone, Antonio Fioravanti (2012) "An ontology-based system to support agent-based simulation of building use", in *ITcon (Journal of Information Technology in Construction)*, Vol. 17, Special Issue CAAD and innovation, pp. 258-270, <http://www.itcon.org/2012/16>, ISSN 1874-4753.

5) Simeone Davide, Kalay Yehuda 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) 12-14 September 2012, pp. 525-532, ISBN 978-9-4912070-2-0.

4) Trento Armando, Fioravanti Antonio and Simeone Davide (2012) "Building-Use Knowledge Representation for Architectural Design: An ontology-based implementation", in *Digital Physicality - Proceedings of the 30th eCAADe Conference - Volume 1*, Czech Technical University in Prague, Faculty of Architecture (Czech Republic) 12-14 September 2012, pp. 683-689, , ISBN 978-9-4912070-2-0.

3) Fioravanti Antonio, Loffreda Gianluigi, Simeone Davide and Trento Armando (2012) "Divide et Impera to dramatically and consciously simplify design: The mental/instance path - How reasoning among spaces, components and goals", in *Digital Physicality - Proceedings of the 30th eCAADe Conference - Volume 1*, Czech Technical University in Prague, Faculty of Architecture (Czech Republic) 12-14 September 2012, pp. 269-278, , ISBN 978-9-4912070-2-0.

2) Simeone Davide, Antonio Fioravanti (2012), "An Ontology-Based Template of User-Actor to Support Agent-Based Simulation in Built Environments", in *CAAD | INNOVATION | PRACTICE - 6th International Conference Proceedings of the Arab Society for Computer Aided Architectural Design*, Manama (Kingdom of Bahrain), 21-23 February 2012, pp. 171-179, ISBN 978-99958-2-063-3.

1) Simeone Davide (2011) "Representation and simulation of human behavior in buildings in collaborative design", in *L'attività di Ricerca nel Dottorato – Verso un sapere tecnico condiviso. Atti della Giornata di Studio*, Associazione Scientifica Ar.Tec., Realizzazione ATON, Rome, Italy, 18 February 2011, ISBN: 978 88 901 8937 1.