

BIM a scala urbana, ricerche, analisi e interazione tra dati per l'organismo Venezia

Alessio Bortot, Paolo Borin

La costruzione di un sistema informativo che includa anche modelli geometrici è un tema di lunga data, più volte trattato nella letteratura scientifica a partire dalla metà degli anni Ottanta ma ancora attuale. Il fine comune è rimasto quello dell'utilizzo della computazione per migliorare la gestione dell'ambiente costruito. La disponibilità di informazioni, geometriche e numeriche, legate ad una posizione geografica specifica, è di interesse tanto per ambiti tipicamente di pubblica utilità (gestione del territorio e degli edifici pubblici, infrastrutture, ecc.), quanto per settori industriali (telecomunicazioni, distribuzione di energia elettrica, gas e petrolio, agricoltura, progettazione paesaggistica, ecc.). La ricerca accademica in questo senso viene presentata sia da geografi, interessati a traslare le proprie tecniche in ambito digitale, sia da programmatori, per ipotizzare l'uso di database in ambito spaziale. Le necessità emerse dai primi studi sono le medesime che vengono tracciate ancora oggi: il sistema informativo, in questo caso GIS, deve poter garantire una prima fase di inventariato della realtà circostante e una seconda di analisi e simulazione delle informazioni immesse, per poi diventare uno strumento di gestione del territorio¹. Per ottenere un tale risultato viene segnalato come sia necessaria la compresenza di informazioni vettoriali CAD, immagini e valori tabulari², segnalando da subito una problematica connessa alla dicotomia funzionale tra sistemi GIS e sistemi CAD, questi ultimi privi di funzionalità avanzate per la produzione di database e di conseguenza di analisi sui dati inseriti. *Bridging the gap* tra questi due sistemi diventa conseguentemente un necessario ambito di ricerca, in riferimento ai diversi livelli di astrazione che i due sistemi utilizzavano. I sistemi GIS garantivano una discreta capacità analitica grazie ad un alto livello di astrazione della realtà, funzionale e geometrica. Questa, tuttavia, non era sufficiente in alcuni ambiti operativi³. La soluzione proposta al tempo delle prime sperimentazioni era di costruire una struttura semantica quale ponte capace di rendere i flussi informativi più efficaci. Questi collegamenti sono rappresentati ad oggi da tre data model differenti: CityGML per la descrizione tridimensionale dei dati territoriali⁴, IFC per lo scambio informativo di modelli BIM e LandXML per la descrizione di infor-

mazioni relative alle infrastrutture di trasporto e rilievi territoriali⁵. Come segnalato da molti autori, i formati standard invece di promuovere semplici casi d'uso di importazione ed esportazione di dati tra database GIS e modelli BIM, promuovono uno sviluppo più consapevole basato sulla loro integrazione⁶: il passaggio di informazioni prende così il nome di GeoBIM, un termine piuttosto accettato all'interno della comunità scientifica assieme al più diffuso commercialmente *digital twin*⁷. È in questo contesto che negli ultimi anni i confini tra sistemi BIM e sistemi GIS si sono fatti sempre più labili grazie alla nascita di piattaforme in grado di visualizzare domini multipli per la presenza sempre più frequente di sensori e sistemi di sorveglianza. La relazione BIM/GIS si sta inoltre rafforzando grazie alla diffusione, ad esempio nel settore giornalistico, di informazioni ed elementi grafici (data visualization), o ancora in seno ad un certo sviluppo tecnologico che vorrebbe estendere l'uso del BIM alle infrastrutture (Fig. 01).

Avere a disposizione un unico *data model* che sappia descrivere l'ambiente costruito diventa fondamentale per superare i problemi di integrazione a cui si accennava precedentemente. In aggiunta, il ricorso a standard aperti permette di utilizzare un vocabolario e descrizioni geometriche digitali comuni, garantendo il funzionamento nel tempo del sistema proposto, a fronte di eventuali aggiornamenti ed integrazioni tecnologiche. In questo senso la recente espansione di IFC 4.3 nella descrizione delle infrastrutture stradali, ferroviarie e portuali ci spinge a ipotizzare un suo utilizzo per la descrizione di una città⁸, nello specifico Venezia, esempio rappresentativo di un sistema nel quale spazi pubblici e privati, vie d'acqua e pavimentate risultano fortemente interconnessi. Nel caso veneziano diventa rilevante poter descrivere la relazione, funzionale e topologica, tra lo stato conservativo (*Pset_Condition*) di quel muro (*IfcWall*) appartenente a quell'edificio (*IfcBuilding*, dal quale si ricava indirizzo e numero di piani), che si affaccia ad uno specifico campo (*IfcRoadPart*), pensato come incrocio tra una o più calli (Fig. 02). All'interno di una struttura informativa così standardizzata sarà inoltre possibile mettere in relazione l'entità canale (*IfcMarineFacility*) con la relativa riva, permettendo in tal modo il posizionamento e la relazione dei sistemi di trasporto terracquei con le fermate dei mezzi pubblici. Continuandone l'esemplificazione, l'entità pavimentazione (*IfcSlab*) potrà relazionarsi con il sistema di manutenzione comunale (*IfcTask*), (Fig. 03).

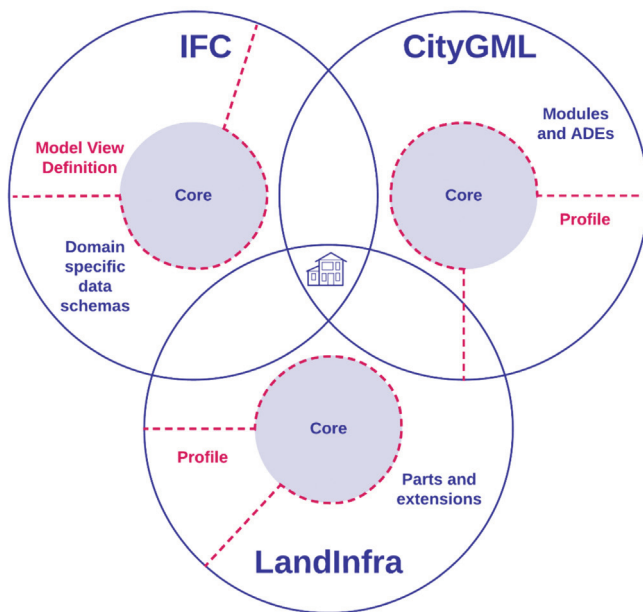


Fig. 01. Intersezione di domini all'interno di formati aperti per la descrizione dell'ambiente costruito, immagine tratta da: *IDBE, Built Environment Data Standards and their Integration: an Analysis of IFC, CityGML and LandInfra*, marzo 2020, pp. 1-16

Fig. 02. Indagine delle trasformazioni nel tempo del campo di Ghetto Nuovo attraverso modellazione BIM e rendering della nuvola di punti. A sinistra nuvola di punti ricavata da rilievo fotogrammetrico dello stato di fatto, a destra condizione al 1858, elaborazione digitale di P. Borin

In riferimento agli edifici esistenti, l'integrazione GIS-BIM viene studiata ipotizzando che i modelli BIM possano descrivere puntualmente le peculiarità anche geometriche dei manufatti e il loro stato di degrado, producendo informazioni da riversare in sistemi GIS capaci di ottimizzare gli aspetti manutentivi⁹. Un'accurata gestione informativa di fonti eterogenee – documentali, rilievi e modelli digitali – all'interno di sistemi GIS, rappresenta un requisito fondamentale per progetti di analisi storica avanzata. Ne è un esempio il lavoro del gruppo di ricerca *Visualizing Venice*, progetto di collaborazione tra Università Iuav di Venezia, Duke University (Durham, USA) e Università degli Studi di Padova. All'interno di questo progetto, la connessione tra informazioni GIS e informazioni BIM è stata valutata per la ricostruzione dell'evoluzione storica del Ghetto di Venezia fino alla data attuale (Fig. 04). Secondo un processo consolidato dall'esperienza di *Visualizing Venice* in territorio lagunare, la ricostruzione parte dalla modellazione dello stato attuale, integrando a ritroso le informazioni ottenute da mappe catastali, documenti testuali e rilievi specifici¹⁰. Ciò garantisce alla comunità non solo uno studio strutturato – e pertanto verificabile – delle scelte per la ricostruzione digitale, ma anche una prima modellazione dello stato di fatto, che così abilita più casi d'uso che vengono poi presentati, rendendo sostenibile il progetto di costruzione di un duplicato digitale di Venezia. In uno sforzo come quello annunciato in questo testo, ogni occasione infatti deve arricchire il modello cittadino: ne sono un esempio ricerche accademiche, richieste di autorizzazioni edilizie e rilievi delle infrastrutture di distribuzione comunali, che rappresentano un primo inserimento di informazioni nel modello cittadino.

Come sappiamo, ai tempi della Repubblica di Venezia, esisteva un *modus operandi* capace di garantire la tutela del centro storico e l'equilibrio del sistema lagunare. L'efficienza del sistema di gestione della città e del territorio veniva garantito da un costante monitoraggio del *bene comune*, intendendo con questo termine le vie pedonali e acquee, i palazzi pubblici, l'ecosistema lagunare e così via. Tale monitoraggio permise al governo locale di prendere decisioni in maniera puntuale relativamente agli interventi di ordinaria manutenzione ad esempio dei canali, delle rive d'acqua o delle fondazioni dei palazzi, persuasi come si era che il delicato equilibrio tra ecosistema e attività antropiche potesse mantenersi solamente in virtù di una loro costante relazione sinergica.

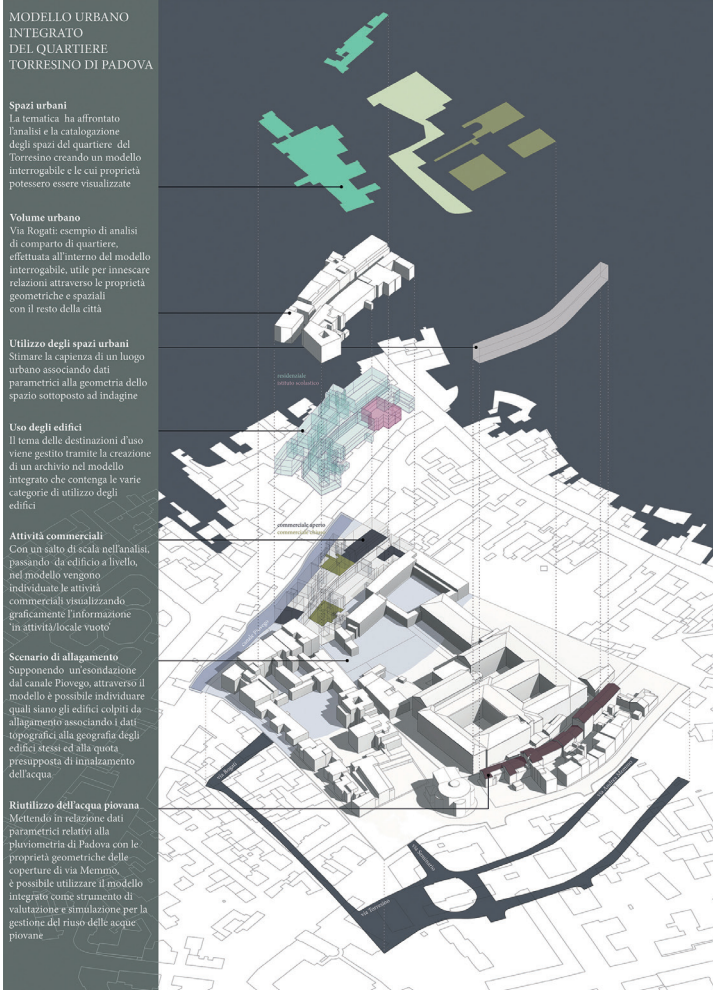


Fig. 03. Modello BIM del quartiere Torresino a Padova: sintesi grafica delle diverse tematiche analizzate e rappresentate nel modello BIM, elaborazione digitale di P. De Cesero



Fig. 04. Gestione coordinata delle informazioni all'interno della piattaforma Catenda BIMSync per il Ghetto Nuovo di Venezia allo stato attuale, elaborazione digitale di P. Borin

Ebbene, oggi giorno la gestione del patrimonio edificato e di quello lagunare può avvenire in maniera integrata attraverso strumenti digitali in grado di operare su modelli multi-scalari. L'idea di fondo, come poc' anzi anticipato, si basa sul consueto concetto di modello informativo o addirittura intelligente se consideriamo le recenti sperimentazioni sul rapporto tra BIM e l'Internet of Things (IoT) o l'Artificial Intelligence (AI), (*data analytics, machine learning, deep learning*, ecc.)¹¹. Si ritiene però che Venezia nella sua unicità ambientale e urbanistica, richieda un modello digitale in grado di mettere a sistema informazioni tra loro estremamente eterogenee. Più nel dettaglio l'auspicabile *Digital Twin* richiederà la realizzazione dei cloni digitali dei singoli edifici che compongono la città, delle vie di comunicazione, siano queste pedonali o navigabili, dei fondali dell'intera laguna e delle isole che la compongono. L'ambiziosità del progetto è giustificata dal concepire Venezia come un organismo vivente (il cui respiro è rappresentato dai flussi e riflussi delle maree), nel quale il tessuto edificato non può essere tutelato e gestito se non in relazione al contesto naturale. Il rilievo dovrà quindi avvalersi di specifiche tecnologie per poi essere convertito in un modello unitario attraverso le consuete operazioni di *reverse engineering*, genericamente definite *scan to BIM*. Sebbene una tale campagna andrà pianificata in maniera puntuale, possiamo fin d'ora ipotizzare l'impiego di laser scanner e strumenti topografici per il rilievo del costruito e delle pavimentazioni comprensive delle rive d'acqua; l'integrazione dei dati relativi alle coperture e alle isole (anche quelle non abitate) derivanti da rilievo Lidar o fotogrammetrico con l'impiego di droni; infine per il rilievo dei fondali lagunari sarebbe auspicabile l'utilizzo di uno scandaglio, il *multibeam eco sounder*, tecnologia utilizzata ad esempio nell'archeologia subacquea in grado di restituire le superfici sommerse sotto forma di nuvole di punti grazie all'emissione di onde sonore. Va da sé che una tale eterogeneità di dati comporterà specifici formati di file tridimensionali, come poc' anzi descritto.

Si vogliono ora ipotizzare alcuni ambiti di applicazione del detto modello, i quali potranno successivamente venire implementati in maniera multi-scalare, all'interno di una piattaforma nella quale il modello eidomatico di fatto rappresenta solamente la scheletratura. Un primo ambito informativo è quello catastale, in seno ad un filone di ricerche già affrontato in altri contesti geografici auspicanti la definizione di un "Catasto 3D parametrico"¹². In tal senso ad ogni edificio o porzio-

ne di territorio presenti nel modello 3D verranno associate le relative informazioni catastali digitalizzate. Se da un lato questa operazione permetterà la gestione e il controllo delle procedure edilizie, dall'altra avrà anche il merito di conservare la memoria storica dell'evolversi della città (ad esempio dal catasto napoleonico a quello austriaco), offrendo un utile strumento per analisi di tipo storico e artistico, come poc'anzi osservato in relazione al progetto *Visualizing Venice*. Soffermendosi però sul primo degli impieghi citati, va osservato che in ambito internazionale (EuroSDR-GeoBIM project) è in atto ormai da molti anni, un protocollo sperimentale per agevolare le pratiche relative ai permessi di costruire basato proprio sulla interrelazione tra modelli geografici digitali e BIM (GeoBIM)¹³. In ambito veneziano la procedura dovrebbe ovviamente essere piuttosto riferita agli interventi di restauro, in primis sul patrimonio pubblico, ma anche su quello privato. Più nel dettaglio la complessità del modello di cui si è detto trova una sua ragion d'essere proprio nel monitoraggio e pianificazione degli interventi di manutenzione innanzitutto dei canali e delle rive d'acqua: elementi antropici (interventi di modifica sulle bocche di porto, costruzione di isole artificiali, intenso traffico di natanti a motore di grandi e piccole dimensioni, ecc.) e naturali (innalzamento delle maree dovuto ai cambiamenti climatici) hanno profondamente modificato l'equilibrio idrodinamico della laguna con significative alterazioni dei fondali lagunari, dei profili costieri delle isole e dello stato di erosione delle rive. Ne consegue la necessità innanzitutto di catalogare lo stato di conservazione dei muri di contenimento dei canali e delle fondazioni di case e palazzi che si affacciano sui medesimi e, successivamente, di pianificare interventi manutentivi secondo il livello di urgenza, aggiornando di volta in volta il database in modo tale da avere sempre una mappatura globale rappresentativa dello stato di fatto¹⁴. Nulla di nuovo in linea di principio, se pensiamo ad esempio a quanto ponderate fossero le scelte della Repubblica di interrare o aprire un nuovo canale, consci com'erano del delicato equilibrio tra la città e il mare; in questo senso il modello digitale potrà divenire anche un utile strumento per simulazioni dei flussi di marea e della loro intensità, a supporto di scelte progettuali consapevoli e sostenibili (Fig. 05). Gli interventi manutentivi, che richiederanno la momentanea messa in secca dei canali, come avveniva fino a qualche decennio fa e durante tutta la storia della città, andranno inevitabilmente a interferire con il sistema

dei trasporti pubblici e privati. Quest'ultima osservazione ci riporta ad altra auspicabile funzione della "Venezia digitale informativa", ovvero il controllo del tessuto viario acqueo e quindi la pianificazione della modifica dei percorsi dei natanti, grazie ad un database concepito per mettere in relazione tra loro i dati anche di natura eterogenea. Ovviamente è in questo stesso contesto di simulazioni digitali che si inserisce la più blasonata problematica delle maree eccezionali, valutabili attraverso la costante registrazione dei dati ambientali messi in relazione tridimensionalmente con le differenti quote della pavimentazione del modello digitale cittadino per una gestione e mappatura chiara del problema¹⁵ e, ancora una volta, per gestire il sistema dei trasporti (si ricorda che le alte maree non permettono il passaggio dei vaporetto sotto alcuni ponti determinando interruzioni impreviste del servizio).

Come sappiamo un altro tema particolarmente delicato in relazione a Venezia è certamente quello del turismo. La massa di visitatori ha raggiunto negli anni dei picchi che mal si conciliano con la natura storica dell'apparato urbano, si pensi ad esempio all'inadeguato sistema fognario o al semplice sistema di smaltimento dei rifiuti del tutto peculiare nella città lagunare. Il monitoraggio dei flussi turistici e la messa in relazione con quelli lavorativi, studenteschi o gestionali della città può garantire attraverso il modello digitale informativo una mappatura delle aree particolarmente soggette a criticità e quindi agevolare le decisioni in relazione a un più equilibrato apparato gestionale complessivo. Il clone digitale dovrà anche in questo ambito prevedere la mappatura della rete impiantistica, dato quest'ultimo di grande utilità per molteplici aspetti che esulano da quello del turismo intensivo.

Le possibili applicazioni del modello digitale informativo di Venezia fin qui esposte si riferiscono solamente ad alcuni degli ambiti di interesse del presente studio, come già accennato un tale strumento è infatti per sua natura aperto a successive implementazioni non necessariamente legate agli aspetti strettamente gestionali, per rivolgersi ad esempio a questioni di tutt'altro tipo come quelle culturali (accessibilità a musei, biblioteche, teatri, ecc.) o ambientali (controllo delle specie ittiche o volatili a rischio di estinzione). Ci preme infine sottolineare come un tale strumento conservi per sua stessa natura un carattere di trasparenza garantendo una visione complessiva, multi-scalare e interoperabile dell'organismo Venezia, aspirando a supportare la gestione efficiente della città grazie all'impiego di un suo modello governativo digitale.

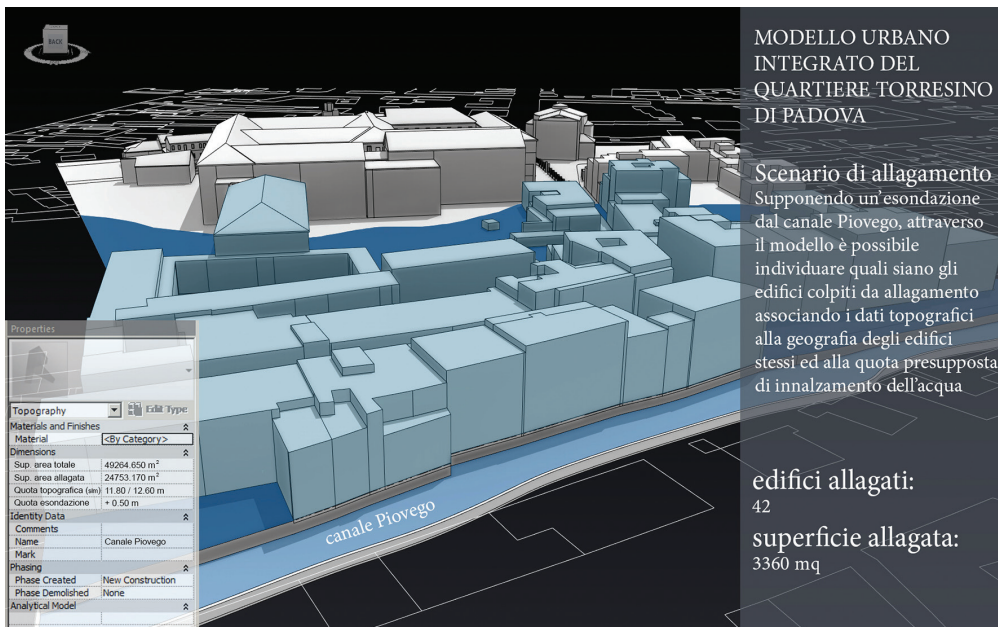


Fig. 05. Esempio di utilizzo di informazioni geospaziali BIM-GIS per la gestione di ambiti urbani con problematiche di esondazione riferite in particolare al quartiere Torresino di Padova, elaborazione digitale di P. De Cesero

1. Su questo tema si veda ad esempio: I. K. Grain, C. L. Macdonald, *From Land Inventory to Land Management: the Evolution of an Operational GIS*, in "Cartographica", n. 21, 2-3, 1984, pp. 40-46.
2. Cfr. T. L. Logan, N. A. Bryant, *Spatial Data Software Integration: Merging CAD/CAM/Mapping with GIS and Image Processing*, in "Photogrammetric Engineering & Remote Sensing", n. 53, 10, 1987, pp. 1391-1395.
3. Cfr. P. van Oosterom, J. Stoter, E. Jansen, *Bridging the Worlds of CAD and GIS*, in S. Zlatanova, D. Prosperi (a cura di), *Large-Scale 3D Data Integration*, CRC Press-Taylor&Francis, Boca Raton 2005, pp. 9-36.
4. Cfr. T. H. Kolbe, G. Gröger, L. Plümer, *CityGML: Interoperable Access to 3D City Models*, in P. van Oosterom, S. Zlatanova, E. Fendel (a cura di), *Geo-Information for Disaster Management*, Springer, Berlin-Heidelberg 2005, pp. 883-899.
5. Più nel dettaglio: CityGML (City Geography Markup Language), progettato da Open Geospatial Consortium dal 2006; IFC (Industry Foundation Classes) prodotto da BuildigSMART dal 1996; LandXML, distribuito a partire dal 2000 da landxml.org. Vanno segnalati anche gli standard INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) e OSM (OpenStreetMap) quale sistema basato sui contributi volontari degli utenti.
6. Su questo tema si veda: L. van Berlo, R. de Laat, *Integration of BIM and GIS: The Development of the CityGML GeoBIM Extension*, in T. H. Kolbe, G. König, C. Nagel (a cura di), *Advances in 3D Geo-Information Sciences*, Springer, Berlin 2011, pp. 211-225.
7. Cfr. C. Ellul, J. Stoter, L. Harrie, M. Shariat, A. Behan, M. Pla, *Investigating the State of Play of Geobim Across Europe*, in "International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences-ISPRS Archives", n. 42, 4/W10, 2018, pp. 19-26.
8. IFC nella sua versione 4.3 è allo stato attuale una proposta di standard. Le indicazioni contenute all'interno del testo sono in questo senso provvisorie. La documentazione è disponibile in: https://standards.buildingsmart.org/IFC/DEV/IFC4_3/RC1/HTML/, consultato il 05/10/2020.
9. Si veda: G. Saygi, F. Remondino, *Evaluation of GIS and BIM Roles for the Information Management of Historical Buildings*, in "ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences", n. 2, settembre 2013, pp. 283-288.
10. Cfr. A. Ferrighi, P. Borin, *The Venetian Ghetto. Semantic Modelling for an Integrated Analysis*, in "DigitCult | Scientific Journal on Digital Cultures", n. 2, 2017, pp. 25-34.
11. Si veda: C. Bojca, A. Guerriero, S. Kubickia, Y. Rezguib, *Towards a Semantic Construction Digital Twin: Directions for Future Research*, in "Automation in Construction", Elsevier, n. 114, 2020, pp. 1-16.

12. Sul tema del catasto digitale si veda: H. Eriksson, T. Johansson, P. O. Olsson, M. Andersson, J. Engvall, I. Hast, L. Harrie, *Requirements, Development, and Evaluation of a National Building Standard – a Swedish Case Study*, in “ISPRS International Journal of Geo-Information”, n. 9, 2, 2020.

13. Cfr. F. Noardo, C. Ellul, L. Harrie, I. Overlandd, M. Shariat, K. A. Oori, J. Stoter, *Opportunities and Challenges for GeoBIM in Europe: Developing a Building Permits Use-Case to Raise Awareness and Examine Technical Interoperability Challenges*, in “Journal of Spatial Science”, vol. 65, n. 2, 2020, pp. 209-233.

14. Cfr. K. A. Oori, A. Diakit , T. Krijnen, H. Ledoux, J. Stoter, *Processing BIM and GIS Models in Practice: Experiences and Recommendations from a GeoBIM Project in The Netherlands*, in “ISPRS International Journal of Geo-Information”, n. 7, 8, 2018.

15. In relazione al pi  generale problema delle esondazioni e del BIM urbano si veda ad esempio: G. D’Acunto, *Modelli BIM per l’analisi integrata e la progettazione urbana / BIM Models for Integrated Analysis and Urban Design*, in R. Salerno (a cura di), *Rappresentazione/ Materiale/Immateriale. Drawing as (In) tangible Representation*, atti del convegno UID 2018, Gangemi, Milano 2018, pp. 1481-1488.