

Dal rilievo al modello BIM di una piazza

Franco Guzzetti^(a), Karen Anyabolu^(a), Lara D'Ambrosio^(a),
Giulia Marchetti^(a), Stefano Sarrecchia^(b)

^(a) Politecnico di Milano – dipartimento ABC – Via Ponzio 31 - 20133, Milano (MI)
e-mail: {franco.guzzetti, karen.anyabolu, lara.dambrosio, giulia1.marchetti}@polimi.it

^(b) ETS – engineering through science – Via Appia Nuova 59 - 00183, Roma (RM)
e-mail: stefano.sarrecchia@etsingegneria.it

Riassunto

Lo sviluppo del BIM nel settore delle costruzioni sta rivoluzionando le modalità con cui vengono progettati, appaltati, realizzati e gestiti un po' tutti gli oggetti legati all'ingegneria edile e civile. In ambito urbano spesso si utilizza il BIM per la progettazione degli edifici; è ancora raro modellare e progettare una piazza per una riqualificazione urbana con analoga metodologia.

In una piazza esistono numerosi oggetti la cui modellazione ottimale è quella BIM; lo stesso ambito è ricchissimo di reti tecnologiche di natura differente che coesistono nel sottosuolo in spazi molto ristretti con un forte contenuto GIS. Nel caso trattato si è poi scelto di lavorare in un ambito ancora più complicato con una linea tramviaria e una serie di impianti tipici di una città moderna, come *car* e *bike sharing*.

Nell'esempio, da un rilievo laser scanner, si deriva un modello geometrico che viene impostato con la stessa logica dei BIM, arricchendolo di elementi parametrici e di attributi tipici del settore edile. A partire dalla realtà esistente si arriva a un modello adatto a gestire una gara d'appalto di riqualificazione urbana.

Abstract

The development of BIM in the construction industry will reorganize the approach about how buildings and objects related to civil and architectural engineering, are designed, how they're built and managed through time.

In the urban environment, BIM software often has used to design new buildings; it's quite uncommon, nowadays, to model and design, in this way, a public square, for an urban renovation project.

In a public square there are many different objects most of whom are optimal to model through BIM; the same urban environment has plenty of services, like the aqueduct, the sewage, the public lighting system, etc. that are very rich in GIS content. The urban area we selected to work on is a quite complex space; there are many urban services as the tramway line, the bike and the car sharing. In the example proposed we create the geometric model from a laser scanner survey, using BIM logic, and enrich it with different attributes and parameters typical of the architecture and building field.

Starting from reality it is possible to make a model that could be used for a public tender procedure of urban renewal.

Introduzione

Si presentano le prime esperienze di una ricerca che ha come obiettivo quello di approfondire le conoscenze e ottimizzare i processi che permettono di rilevare un ambito urbano complesso per arrivare ad un modello BIM di soprasuolo e sottosuolo. Il fine è sperimentare la possibilità di introdurre le grandi innovazioni che il BIM ha portato, per ora al settore edile e delle grandi opere infrastrutturali, anche in tutto il resto delle attività relative alle opere civili e al patrimonio di una città. Questo per concepire ogni bene, ogni ambito urbano, nella sua complessità e nel tempo predisporre progetti che possano essere appaltati, costruiti e soprattutto gestiti nel tempo con tutte le informazioni necessarie per quell'ambito urbano, nella logica del *Facility Management* del costruito che l'industria 4.0 sta proponendo.

La qualità degli interventi e la sostenibilità economica dei progetti deve essere valutata "nel tempo" per l'intera durata dell'opera, sino alla successiva riqualificazione urbana; il rilievo e la modellazione dell'esistente deve supportare questi obiettivi. Purtroppo oggi gli interventi pubblici nelle aree urbane, sono pensati in maniera disgiunta per soprasuolo e sottosuolo, con il secondo che raramente viene ripensato e progettato tenendo conto di tutti i sottoservizi e dell'interazione con il verde e l'arredo urbano. Inoltre, questo tipo di opere è appaltato senza tener conto della durata nel tempo e soprattutto del costo di gestione negli anni e ciò porta alla scarsa manutenzione che accelera il degrado dell'intervento.

Per progettare con questi obiettivi è necessario rilevare e modellare l'esistente tramite l'utilizzo del BIM, tenendo conto di tutte le informazioni necessarie e delle interazioni possibili che gli attributi di ciascun elemento hanno con gli altri. Innanzitutto il rilievo deve approcciare in modo unitario, perlomeno dal punto di vista concettuale e conoscitivo, sia il soprasuolo che il sottosuolo.

E' ovvio non poter indagare metricamente il sottosuolo con gli stessi metodi e livelli di precisione che sono utilizzabili per il soprasuolo, ma è necessario rilevare tutte quelle geometrie e soprattutto quegli attributi dei sottoservizi che sono desumibili dalle loro emergenze in superficie, sapendo che con i moderni georadar è possibile anche avere informazioni sulle geometrie degli oggetti nel sottosuolo con sufficiente livello di precisione metrica, quando ciò è indispensabile al fine del progetto.

Il tema è stato affrontato prendendo in esame una porzione di piazza Leonardo da Vinci a Milano, comprendente le strade (carreggiata, marciapiedi, parcheggi, percorso del tram nei pressi di un incrocio) e parte dell'area adibita a verde, per un totale di circa 2800 mq. Tutti gli elementi presenti sono stati inseriti come oggetti parametrici di arredo, di impiantistica, di servizi all'interno del modello.

Il progetto ha visto la collaborazione del Dipartimento ABC del Politecnico di Milano con l'azienda *ETS Engineering Through Science* per integrare le conoscenze e trasferire il proprio *know-how* per analizzare una parte, quella dell'utilizzo del BIM per l'esistente, ancora poco sviluppata.

Le problematiche incontrate risultano simili a quelle delle ricerche in direzione HBIM (Brumana et al., 2013); analizzando l'esistente infatti sono pochi gli elementi assimilabili a oggetti standard su cui appoggiare le informazioni, a

meno di falsare la corrispondenza geometrica e informativa del modello rispetto all'esistente. Fortissima la carenza di librerie disponibili per tutto ciò che è presente in un ambito urbano.

Per risolvere tali limitazioni sono stati creati ex-novo modelli parametrici di molti degli elementi esistenti, essendo questi fra loro uguali in quanto fabbricati industriali di tipo standard, seppur differenti per stato di conservazione e/o posa (es. pali posizionate leggermente fuori asse, etc.).

Le problematiche del rilievo

Come per i casi analoghi di modellazione dell'esistente il procedimento per passare dal rilievo con laser scanner al modello BIM, è un insieme di più passaggi che necessitano di diverse strumentazioni e la conoscenza di differenti software per trasporre i dati ottenuti inizialmente dal rilievo, nel modello finale, assieme a tutti gli attributi necessari al modello IFC.

Il rilievo è stato eseguito con laser scanner ©Faro Focus 3D HDR, CAM2 con una densità media di 28 milioni di punti per grado e con l'acquisizione di immagini. Per tale portata di dati lo strumento impiega circa 7 minuti a scansione ed altri 7 minuti circa per le immagini. Il rilievo consiste in 26 scansioni, ma solo la metà sono state impiegate per la parte modellata relativa all'incrocio. Lo strumento è molto produttivo e veloce anche se, come constatato, negli spazi aperti urbani (quindi con molti elementi di disturbo: persone, mezzi di trasporto, automobili parcheggiate, vegetazione) risulta più difficoltoso ottenere una nuvola di punti pulita e ben definita in tutte le sue parti. Per poter collegare tra loro tutte le scansioni in maniera ottimale grazie al software ©Faro Scene v7 è necessario posizionare accuratamente degli oggetti (sfere e target) che il programma riconosce in modo semi-automatico come punti di legame. Gli elementi (in particolar modo le sfere) devono essere posizionati ad una distanza adeguata al corretto funzionamento del *matching* che consente l'orientamento delle varie scansioni; tali elementi devono essere fissi e visibili almeno nella scansione precedente e in quella successiva. In questa fase si tratta quindi di mediare, con esperienza, fra le rigide regole di *matching* e la realtà del sito indagato con l'obiettivo di ottimizzare la registrazione delle differenti scansioni.



Figura 1 – Rappresentazione della nuvola di punti esito della scansione

La ricchezza del dettaglio della nuvola di punti laser richiede in ogni caso un denso e accurato appoggio topografico, eseguito con stazione totale e

un'accurata georeferenziazione eseguita con GPS. Il report dell'orientamento delle varie scansioni rispetto ai punti di legame e ai punti appoggio evidenzia scarti inferiori al cm, risultato che garantisce una accuratezza nel rilievo dei singoli punti della nuvola dell'ordine relativo di qualche millimetro e in assoluto di 2 cm nelle tre coordinate, un livello di precisione corrispondente, per intenderci, a un rilievo alla scala 1:50.

Ciò porta a una prima considerazione fondamentale: questo tipo di metodo di rilievo produce un numero di punti impressionante con un livello di accuratezza relativa e assoluta nettamente superiore a quello della tradizionale celerimensura. Nasce quindi la possibilità di un miglioramento qualitativo delle informazioni metriche a supporto del progetto (aspetto che spesso oggi induce in costi non previsti dovuti alla non corrispondenza fra esistente e progetto), ma anche la preoccupazione di quale debba essere il livello di corrispondenza fra il modello (parametrico) e l'esistente. Infatti la modellazione degli elementi in quanto tale (aldilà del livello di dettaglio - LOD) dovrà poter reggere il confronto con l'esistente. E' sostanzialmente inutile rilevare la realtà con questo tipo di accuratezza nel caso il modello, per sua struttura interna o per il presupposto concettuale, non ha modo di adeguarsi geometricamente alla realtà rilevata con differenze inferiori alle accuratezze di rilievo.

Solo esperienze rigorose che implicino che dal rilievo si arrivi al modello, utilizzato poi per il progetto, la realizzazione e la gestione nel tempo, potranno aiutare a fissare elementi certi su questo argomento che ha implicazioni importanti, con ricadute significative per ciò che concerne i costi, nella fase di rilievo e modellazione.

La celerimensura si è completata con il rilievo della posizione di alcuni elementi che sono difficilmente recuperabili dalla nuvola di punti. Un esempio su tutti è quello degli oggetti in zone d'ombra (sia per effetto dello schema di rilievo, sia per la presenza di auto e di altri elementi di disturbo nella realtà rilevata) e delle emergenze dei sottoservizi o di altri particolari esistenti nelle aree a prato, difficilmente riconoscibili nella *cloud*. Se infatti è ben visibile un chiusino su di un marciapiede, non si può dire lo stesso di quell'elemento in un prato o in un'area a verde.

L'intero rilievo è quindi stato supportato da una accurata e dettagliata fase di ricognizione sul campo che ha mappato tutti quegli elementi difficilmente riconoscibili all'interno della *cloud*. In particolare sono state posizionate tutte le emergenze delle reti tecnologiche, con l'indicazione del tipo di rete e/o delle informazioni che andranno poi verificate con un confronto tra archivi esistenti e/o tramite un contatto con i gestori dei vari sottoservizi.

Le problematiche della modellazione

Il passaggio dal rilievo al modello è certamente la fase che più richiede interazione fra il mondo del rilevamento e quello della progettazione, costruzione e gestione. Per la modellazione è stato utilizzato il software ©Autodesk Revit 2017. Se si parte dall'esistente è necessario interagire direttamente con i punti della *cloud*; il file .RCP è ben visibile all'interno del software ma di complicato utilizzo soprattutto per quanto concerne la gestione e definizione di piani di lavoro, l'impostazione dell'UCS, la definizione di parti di sezioni. Si è convenuto quindi di attivare un passaggio intermedio su

©Autodesk AutoCAD dove la nuvola risulta più gestibile per gli aspetti di cui sopra, determinando una situazione vantaggiosa per individuare i punti e gli elementi in modo chiaro e preciso.

L'area interessata è sostanzialmente pianeggiante (pochi decimetri di differenze di quota massima) ma certamente non può essere modellata come piana e/o orizzontale. Oggetti come il marciapiede e la sede stradale, sia nel modello, sia nelle informazioni associate, fondamentali per il progetto e per il computo metrico, non possono essere modellate senza tener conto delle pendenze longitudinali e trasversali che influenzano in modo determinante la raccolta delle acque (quindi l'interazione del sottoservizio corrispondente) nell'ambito del rapporto tra sottosuolo e soprasuolo.

Il marciapiede non viene modellato come una semplice superficie (con una sorta di DTM), ma come un oggetto 3D dotato di una finitura superiore che deriva dal rilievo e di una serie di spessori, in funzione delle caratteristiche tecnico-costruttive. Dal punto di vista geometrico-topologico l'oggetto del marciapiede inizia in corrispondenza dei muri verticali degli edifici adiacenti e finisce in corrispondenza di altri elementi parametrici come i cordoli (in cls, in pietra, con larghezza, lunghezza e altezza, con il sottofondo portante, etc.); all'interno dell'oggetto o in corrispondenza della superficie di questo (elemento *host*) sono posizionati i chiusini delle reti tecnologiche, i pali dell'illuminazione pubblica, della linea elettrica del tram, della segnaletica stradale, etc. I pali e gli altri oggetti di questo tipo hanno dimensioni reali (non sono puntiformi come in ambiente GIS), hanno delle forme ben definibili dal rilievo, e supportano oggetti (lampade semaforiche, elementi della linea aerea del tram, etc.) che a loro volta hanno geometrie *standard* ma per le quali è difficile (o impossibile) recuperare ad oggi un modello parametrico in librerie pubbliche.

Le problematiche connesse sono quindi numerose e complesse. Si è deciso di operare solo alcune semplificazioni e di tentare la realizzazione di un modello parametrico il più corrispondente possibile al reale.

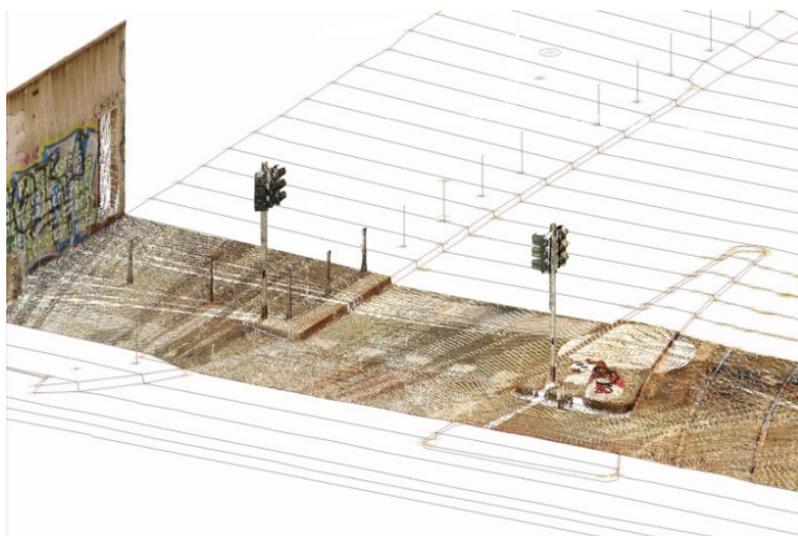


Figura 2 – Esempio di generazione delle direttrici 3D degli oggetti da modellare

Per generare il modello del marciapiede e della sede stradale, all'interno del software ©Autodesk Revit è stata usata la famiglia di sistema "Pavimento architettonico", definendo diversi tipi per ogni stratigrafia e finitura diversa.

Dal punto di vista geometrico per arrivare alla massima corrispondenza fra nuvola rilevata e modello, tramite il software ©Autodesk AutoCAD, lavorando con sezioni orizzontali (ogni 2 cm di quota stante l'accuratezza del rilievo) e verticali (in funzione dell'oggetto che si doveva di volta in volta modellare) si sono vettorializzate le generatrici 3D dei vari elementi e sono stati selezionati punti notevoli della nuvola di punti per l'inserimento nei marciapiedi dei vari oggetti (pali, chiusini, ecc..).

Le polilinee 3D così generate sono state poi importate in ©Autodesk Revit al fine di definire precisamente la quota z dei punti dell'elemento.



Figura 3 – Modello geometrico dell'area di interesse

Si sente la necessità di definizione di logiche di modellazione per situazioni complesse come quella presa in esame, dando delle linee guida di metodo. Per quanto riguarda invece gli elementi definibili "standard" e in ogni caso realizzati per tutta la città di Milano come ad esempio la piattaforma tecnologica della sede tranviaria, comprensiva del materiale di fondazione sino al riempimento superficiale fra i binari, la linea aerea con i relativi particolari costruttivi, i corpi semaforici, i corpi illuminanti, le caditoie, i pozzetti e le tubazioni di collegamento per gli impianti del sottosuolo, dovrebbero essere oggetti già modellati e disponibili in librerie specifiche.

Le librerie reperibili per questo tipo di oggetti risultano spesso poco modificabili e costruite secondo logiche americane o inglesi.

Interessante poi la modellazione del verde e l'interazione con gli altri elementi della città, sia nel soprasuolo che nel sottosuolo. Il verde pubblico a Milano ha un suo GIS ormai storico la cui geometria continua ad essere rilevata con metodo celerimetrico, gli alberi sono punti a cui sono associati alcuni attributi fra cui età, dimensione della chioma, specie, altezza. Dal rilievo LiDAR gli alberi vengono definiti con un dettaglio impressionante comprendente l'intero apparato della chioma. Evidentemente in questo caso la modellazione possibile va resa standard (e quindi dissimile al dettaglio del rilievo), ma esistono ormai filoni di ricerca che ipotizzano la costruzione di modelli parametrici di accrescimento degli alberi in funzione dell'essenza, dell'età, della tipologia di terreno e di altri parametri. Sarebbe interessante riuscire a modellare anche

l'apparato radicale con una importante ricaduta sulla qualità nel tempo della superficie del terreno (spesso sede stradale o di marciapiede) e con l'interazione in fase di progetto e nel tempo con gli impianti del sottosuolo.

L'inserimento dei parametri informativi e il controllo della qualità del modello

In parallelo alla costruzione del modello sono progressivamente stati inseriti i parametri informativi di ciascun oggetto in modo da mantenere l'informazione usufruibile tramite il formato di interscambio IFC. Interessante accennare alle reti tecnologiche nella logica della progettazione integrata di soprasuolo e sottosuolo. Le reti esistenti sono molte e di principio indipendenti le une dalle altre, se non per l'eventuale interazione fisica delle relative infrastrutture. Ad esempio, ad ogni semaforo esiste una struttura di tubi dove alloggiare diversi tipi di cavi elettrici che collegano ciascuna lampada semaforica ad una cassetta generale di controllo sul marciapiede accanto. Inserire lo "schema elettrico" del semaforo è una attività estremamente specialistica, quindi di difficile esecuzione se non facendo collaborare i tecnici appositi, ma la conoscenza della posizione (compreso la profondità rispetto al suolo) delle condutture che alloggiare i cavi è di fondamentale importanza per le interazioni con le altre reti in caso di interventi di manutenzione. Quindi diventa importante vedere l'interazione con le tubazioni di raccolta dell'acqua piovana che proviene dalle bocche di lupo o dalle caditoie, ma anche con la rete del gas, che corre vicino agli edifici e passa nei pressi della centralina semaforica, di quelle dell'illuminazione pubblica, delle reti telematiche, etc.

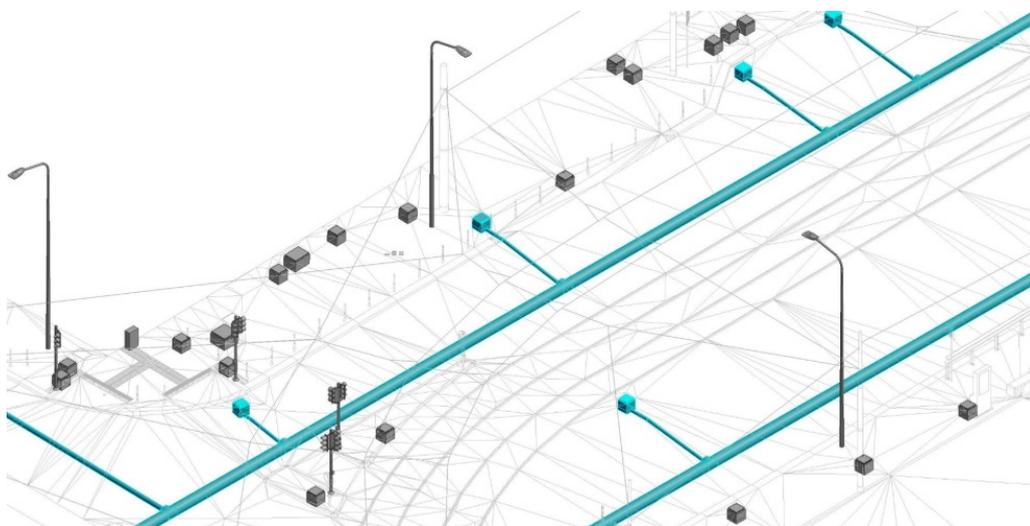


Figura 4 – Modellazione della rete di smaltimento delle acque

Tutte queste reti sono supportate dalle relative informazioni tecniche, tipiche del catasto del sottosuolo, e le geometrie stesse, unitamente alle relative infrastrutture di alloggio, devono rispettare una certa logica e posizione.

Come per le verifiche che in ambito costruttivo edilizio vengono eseguite tramite tecnologie BIM (*clash detection*) per gli edifici e che servono a validare il modello (per cui un condotto di areazione, ad esempio, non può attraversare una trave portante, etc.), anche all'interno degli spazi aperti si può pensare di procedere allo stesso modo, soprattutto per quanto riguarda le possibili

interazioni tra le diversi reti tecnologiche ed il rapporto tra queste ed il soprasuolo.

Altro aspetto a cui occorre prestare attenzione è la modellazione dal punto di vista di definizione delle geometrie ed attenzione alle regole di tipo topologico, in modo da non avere intersezioni tra le geometrie generate (*precisione del modello*).

Considerazioni finali e sviluppi futuri

Ottimizzare un rilievo per creare un modello BIM di un ambito urbano, comprensivo di soprasuolo e di sottosuolo, pur essendo una operazione fattibile, come dimostrato dall'esperienza descritta, necessita di ottimizzazioni e di standardizzazioni. Va infatti ricercata la corretta via di mezzo fra l'accuratezza e il dettaglio del rilievo, la possibilità di modellare il reale, la necessità di inserire informazioni utili agli obiettivi. Non ha alcun senso modellare in modo esasperato solo sulla base del livello di accuratezza e dettaglio raggiungibile con i moderni metodi di rilievo.

La definizione del livello di dettaglio (LOD) del modello deve essere la guida per tale ottimizzazione, ma a sua volta il LOD deve essere funzionale alla fase di progettazione, costruzione e gestione nel tempo. Conoscere per ben progettare ha un costo, ma in situazioni molto complesse, nel tempo, tale costo viene ampiamente ripagato.

Riferimenti bibliografici

Brumana R., Cuca B., Georgopoulos A., Oreni D.(2013), "HBIM for Conservation and Management of Built Heritage: Towards a Library of Vaults and Wooden Beam Floors", *CIPA 2013XXV International Symposium, ISPRS Annals 164*, 1-6.

Bregianni A., Brumana R., Georgopoulos A., Oreni D., Raimondi A. (2013), "From survey to HBIM for documentation, dissemination and management of built heritage: The case study of St. Maria in Scaria d'Intelvi", *Digital heritage international congress*, Marseille.

Regolamento regionale 15 febbraio 2010 n.6, "Criteri guida per la redazione dei piani urbani generali dei servizi nel sottosuolo e criteri per la mappatura e georeferenziazione delle infrastrutture", *BURL*.

Cattaneo N., Di Maria F., Guzzetti F., Privitera A., Viskanic P.(2008), "La gestione della banca dati delle aree verdi del Comune di Milano attraverso l'aggiornamento continuo dei dati", *12° Conferenza Nazionale ASITA*, L'Aquila.

Di Maria F., Guzzetti F., Privitera A., Viskanic P.(2005), Progetto verde Milano: "il censimento e la gestione del verde con strumenti Web Gis", *9° Conferenza Nazionale ASITA*, Catania.