



Roberto Mingucci

Professore Ordinario di Disegno, coordinatore del corso di laurea in Ingegneria Edile-Architettura dell'Università di Bologna. Ha sviluppato studi relativi a tecniche di lettura e rappresentazione delle strutture architettoniche e urbane, metodi di progettazione assistita e tecniche di disegno interattivo. Ha Coordinato e coordina gruppi di ricerca Finanziati da MIUR e CNR.



Aurelio Muzzarelli

Ingegnere Elettronico, Dottore di Ricerca in "Ingegneria Edilizia e Territoriale" presso il DA (Dipartimento di Architettura) dell'Università di Bologna. Esperto di Sistemi Informativi Geografici e WebGIS. Autore di pubblicazioni sui temi dei GIS e WebGIS applicati ai problemi di pianificazione territoriale.



Luisa Bravo

Ingegnere, Dottore di ricerca in Ingegneria Edilizia e Territoriale, con una tesi in Urbanistica. Nel 2012 ha svolto attività di ricerca in qualità di Visiting Scholar presso l'Università della California Berkeley (USA). Attualmente lavora presso il Dipartimento di Architettura dell'Università di Bologna.



Simone Garagnani

Ingegnere, Dottore di ricerca in Ingegneria Edilizia e Territoriale, svolge ricerca sulla modellazione digitale in architettura, il Building Information Modeling e il rilievo tramite laser scanning. Autore di diverse pubblicazioni scientifiche in merito, è stato Visiting Scholar presso l'Università della California, Berkeley (USA). Lavora presso il Dipartimento di Architettura dell'Università di Bologna.

Modellazione e progetto urbano: applicazioni e prospettive per i GIS

Urban design and modeling: applications and perspectives on GIS

I sistemi GIS si sono evoluti negli ultimi anni in ragione di avanzamenti tecnologici che consentono la gestione contemporanea di molteplici quantità di dati informativi. Aspetti interessanti nella loro applicazione riguardano la documentazione alla scala territoriale con i sistemi di modellazione CAD/BIM, operanti solitamente alla scala edilizia. In tal senso, il rilievo con apparati sofisticati come i laser scanner o i droni UAV consente di acquisire rapidamente dati che possono essere fruiti trasversalmente anche attraverso le nuove tecnologie di comunicazione "mobili", capaci di operare nell'ambito di sistemi informativi basati sul web. Il presente contributo ha l'obiettivo di indagare l'uso attuale e le prospettive delle tecnologie dell'informazione geografica, nell'analisi e nella modellazione progettuale alle diverse scale, sulla base di esiti di esperienze di ricerca condotte presso l'Università di Bologna.

In recent years, GIS systems have evolved because of technological advancements that make possible the simultaneous management of multiple amount of information.

Interesting aspects in their application concern the site documentation at the territorial scale taking advantage of CAD/BIM systems, usually working at the building scale instead.

In this sense, the survey using sophisticated equipment such as laser scanners or UAV drones quickly captures data that can be enjoyed across even through new "mobile" technologies, operating in the web-based information systems context. This paper aims to investigate use and perspectives pertaining to geographic information technologies, analysis and design tools meant for modeling at different scales, referring to results of research experiences conducted at the University of Bologna.

Parole chiave: modellazione integrata, GIS, progettazione urbana

Keywords: integrated modeling, GIS, Urban design

INTRODUZIONE

L'utilizzo dei sistemi informativi geografici GIS è collegato a metodologie e tecnologie che si sono variamente evolute nel corso del tempo.

Un aspetto attuale di rilevante applicazione riguarda l'integrazione di tali strumenti di documentazione alla scala territoriale con i sistemi di modellazione CAD/BIM, solitamente riservati alla scala edilizia. Un secondo aspetto, oggi particolarmente dibattuto, attiene invece alla diffusione di nuove tecnologie di comunicazione "mobili", capaci di operare nell'ambito di sistemi informativi basati sul web.

Il presente contributo ha l'obiettivo di indagare l'uso attuale e le prospettive delle tecnologie dell'informazione geografica, nell'analisi e nella modellazione progettuale a scala urbana e architettonica, sulla base di esiti di esperienze di ricerca condotte negli ultimi anni presso l'Università di Bologna. In particolare, intende evidenziare che l'integrazione del rilievo e della modellazione alla scala edilizia con la cartografia gestita nei GIS ha dato luogo, fino ad oggi, a tre scenari principali che saranno di seguito sinteticamente illustrati:

- Un rilievo fotografico "speditivo" georeferenziato, che associa l'informazione visuale della scala edilizia con la cartografia di base (1). Tale scenario, adatto a una rappresentazione dell'ambiente di tipo descrittivo, mette in evidenza le caratteristiche dei luoghi nel contesto urbano e le definisce più compiutamente attraverso gli AIM (*Archivi Informativi Multimediali*) (2):

- Una modellazione a scala territoriale/ambientale con l'utilizzo dei GIS e WebGIS.

- Una modellazione parametrica di tipo progettuale, che aggiunge informazioni metriche e volumetriche alla scala edilizia, integrandole con quelle del tessuto urbano, senza tuttavia dettagliarle a livello costruttivo (3).

Il contributo propone infine un breve esame delle prospettive che si possono prefigurare rispetto all'utilizzo di terminali e strumenti di comunicazione mobili e di una modellazione integrata effettuata con rilievi tramite droni, in un'ottica di collegamento ai GIS, capace di restituire una rappresentazione con elevato grado di dettaglio (4).

IL RILIEVO FOTOGRAFICO SPEDITIVO "GEOREFERENZIATO"

Se il GIS, ideato e sviluppato per gestire su una base cartografica numerica dati e previsioni di azioni o di progetti territoriali ed ambientali, "limitava" ad un numero ristretto di specialisti gli scenari rappresentati, i cosiddetti WebGIS, concepiti generalmente come estensioni verso la rete delle piattaforme GIS, allargano notevolmente la "platea" potenzialmente interessata a questo tipo di problemi. Un WebGIS pertanto, provvede all'organizzazione di tipologie di informazioni, geometriche e topologiche (5), in un ambiente condiviso nel quale il "server" elabora e restituisce l'informazione richiesta dal "client" (6).

Le nuove potenzialità dei GIS e di queste loro "estensioni" WebGIS sono oggi in massima parte rivolte ad accrescere le capacità di elaborazione dei Dati dal piano allo spazio tridimensionale (7). Tali tecnologie presentano tuttavia alcuni limiti che emergono con l'utilizzo di modelli con grande livello di dettaglio o con un elevato numero di elementi costitutivi.

L'integrazione tra rappresentazione cartografica dei GIS e modelli di rappresentazione alla scala edilizia (CAD/BIM) presenta quindi aspetti ancora da risolvere e da indagare; tuttavia alcuni campi di applicazione suscitano grande interesse per le loro potenzialità. In particolare le tematiche come quelle di "Smart City" (8) e di "Geodesign" (9) (Dangermond, 2009), concetti attualmente in uso nella comunità scientifica che riprendono idee e modelli già utilizzati in passato (es. Città Cablata, Urban Design, ecc.), sono più orientate a processi di costruzione sostenibili e ad esperienze di progetto maggiormente condivise ed efficaci (Forum PA, 2011 e Pagani, 2010), analogamente a quanto il rilievo fotografico speditivo "georeferenziato" si propone. Infatti, nell'ambito di indagini condotte riguardo a edifici monumentali e siti di interesse storico-artistico, sono state sviluppate nel corso degli anni procedure (come quelle legate agli *Archivi Informativi Multimediali* - AIM), concepite per raccogliere, gestire e visualizzare elementi conoscitivi alle scale di comparso e di edificio (Garagnani e Mingucci, 2010). La strutturazione e la formalizzazione di database

tipo AIM prevede infatti la connessione ipertestuale di parti di modelli fotografici verso un supporto cartografico in grado di georeferenziare le informazioni di rilievo e di analisi.

Prescindendo dai sistemi WebGIS di tipo commerciale, gli AIM si appoggiano a programmi fruibili in rete, per realizzare un percorso in grado di ospitare e relazionare tematismi prefigurati su una base cartografica digitale liberamente consultabile. In tale ottica il ruolo delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione geografica (particolarmente i WebGIS) associato alle potenzialità delle immagini attraverso il rilievo e la modellazione fotografica (Garagnani e Mingucci, ibid.), assume una notevole importanza soprattutto per favorire la partecipazione dei cittadini al governo della città, ma anche per snellire i processi di pianificazione urbanistica e delle procedure oltre che, in qualche misura, aumentare il controllo della spesa pubblica. Queste analisi speditive hanno infatti l'obiettivo di fornire elementi utili ai progettisti e ai *planners* dei vari settori in cui progetti e piani si articolano (servizi, trasporti, ambiente, ecc...) e tali procedure sono utilizzabili per organizzare e referenziare i risultati di campagne di rilievo ambientale ed architettonico, sviluppate da più gruppi ed in epoche differenti, fino a formare un archivio progressivamente aggiornabile e consultabile anche attraverso dispositivi mobili. Ciò delinea una metodologia utile alla progettazione della "Città intelligente" (o alle nuove tematiche delle citate *Smart City*). Le informazioni ed i dati geo-referenziati alla scala locale possono diventare disponibili, contestualmente allo svilupparsi del progetto, arricchiti dalle molteplici variabili di natura statistica e fisica dei luoghi in cui il progetto è inserito.

UNA MODELLAZIONE A SCALA TERRITORIALE/AMBIENTALE CON L'UTILIZZO DEI GIS E DEI WEBGIS

Su questo tipo di modellazione varie esperienze sono state condotte negli ultimi anni dal gruppo di lavoro dell'Università di Bologna, casi che si possono sinteticamente ricordare come esemplificativi di questo secondo scenario ampiamente diffuso nel settore dell'analisi e della progettazione urbanistica.

Localizzazione di reti di servizi sociali

Nelle ricerche condotte si sono esaminate, in modo sia pure essenziale, le possibilità di collegamento dei dati relativi alle imprese del “terzo settore” (Iniziativa Comunitaria EQUAL) al fine di garantire servizi volti a rafforzare l’economia sociale secondo criteri di sostenibilità economica ed ambientale, valorizzando il territorio di riferimento. Ciò ha consentito una caratterizzazione delle potenzialità di rappresentazione georeferenziata di dati risultanti da analisi specifiche (in particolare di tipo sociale ed economico), realizzata agevolmente al fine di renderle utilizzabili in modo speditivo, utilizzando basi cartografiche e software gratuiti combinati con operazioni di “mash_up”. La metodologia indagata in questa esperienza ha previsto la sistematizzazione dei dati tabellari in un sistema di gestione *open source* con la localizzazione dei servizi individuata in un campo “indirizzo anagrafico”. In seguito attraverso l’utilizzo di un servizio-software gratuito on-line di *geocoding* le informazioni tabellari sono state georeferenziate in un sistema di coordinate cartografiche (in questo caso coordinate geografiche riferite all’ellissoide WGS84).

Nei restanti campi sono state invece sempre incluse le informazioni che completano la descrizione dei soggetti o enti, secondo più ampie finalità di ricerca. Per ottenere la visualizzazione e l’analisi dei dati sulla distribuzione dei servizi all’operazione di geocoding è seguito il passaggio dei dati ad una rappresentazione cartografica (che in modo semplificato è stata realizzata con elementi geometrici puntuali in un formato standard) integrabile in una cartografia di base (per la semplicità delle operazioni richieste e per la sostanziale versione “amichevole” della cartografia fornita dalla tecnologia di Google Earth, si è pensato di utilizzare questo ambiente come base cartografica per la rappresentazione dei dati, figura 1). Le elaborazioni finali di analisi sono state realizzate attraverso software GIS *open source* e successivamente sovrapposte alla cartografia di base dopo un’opportuna trasformazione di formato: nel caso in oggetto si è passati dal formato shapefile (ESRI) al formato KML di Google Earth.

<http://disegnarecon.unibo.it>

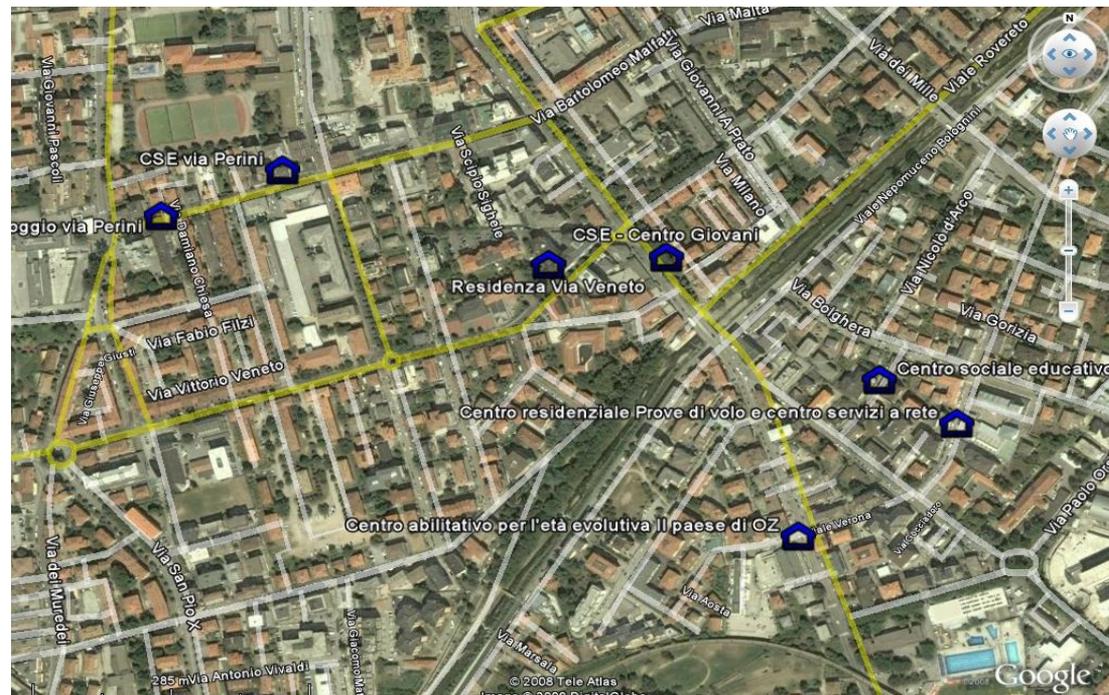


Figura 1. Localizzazione di reti di servizi sociali su base Google Earth.

Pianificazione integrata e condivisa di bacini idrografici.

Nell’esperienza condotta si sono sperimentate le tecnologie WebGIS sotto due rilevanti aspetti del processo di pianificazione. Il primo riguarda il loro utilizzo a supporto dello scambio di informazioni tra diversi livelli di pianificazione; in questo caso tra la pianificazione di bacino (che elabora sostanzialmente piani di prevalente natura tecnico-scientifica e prestazionale, ponendo vincoli all’uso del territorio come quelli definiti ad esem-

pio nel piano di assetto idrogeologico) ed i piani urbanistici che, soprattutto dopo il passaggio dai Piani Regolatori ai nuovi Piani Strutturali lasciano margini più ampi alla discussione e al negoziato tra i vari attori. Infatti tra gli strumenti della pianificazione di bacino (“*piano territoriale di settore*”) e quelli del sistema di pianificazione territoriale “ordinario” (10) è necessario un raccordo e la ricerca di un’effettiva integrazione che si riconduce sul piano dell’informazione geografica a verificare localmente la compatibilità delle indicazioni dei piani di settore (ad esempio le condizioni di

dissesto idrogeologico) con quelle che derivano dalle previsioni degli strumenti urbanistici.

Ciò comporta da un lato un aggiornamento continuo delle informazioni a livello locale per un adeguamento degli strumenti di pianificazione ordinaria, dall'altro l'introduzione di un dialogo interdisciplinare tra specialisti di settori diversi per trasferire elementi di conoscenza relativi al territorio non costruito o a valutazioni delle condizioni di rischio che consentano scelte insediative coerenti o che possano proporre alternative diverse d'intervento.

Il secondo aspetto riguarda il loro utilizzo a supporto di un modello di relazioni di partecipazione e collaborazione che, verificata la compatibilità delle previsioni di sviluppo dei vari strumenti di pianificazione con i possibili usi del suolo, garantisca una "trasparente" comunicazione al pubblico delle conoscenze acquisite e delle misure che si intendono applicare.

Nel primo caso soprattutto si è potuta verificare l'utilità del WebGIS, quando l'interazione riguarda una molteplicità di piani "ordinari" (comunali e provinciali) interessati dalle norme del piano di bacino (ad esempio casi critici e particolari a livello di reticolo idrografico, evidenziate dagli studi effettuati sui tiranti idrici, sul collasso arginale e sul problema dell'invarianza idraulica). Diviene allora molto efficiente poter operare scambiando informazioni e pareri distribuiti in rete con gli abituali strumenti cartografici senza limitazioni nel numero dei documenti e dei soggetti tra cui essi vengono scambiati.

Anche il contributo alla comunicazione e alla partecipazione delle tecnologie WebGIS è risultato evidente per l'immediatezza della fruizione delle informazioni sui problemi cui il territorio è soggetto a causa delle particolari condizioni di criticità dovute al rischio idrogeologico con quelle delle aree urbanizzate e delle possibili ricadute sugli strumenti urbanistici alla scala locale che possono dar luogo a posizioni in conflitto tra cittadino e Amministrazione locale o tra Amministrazione locale e piano di settore.

Il WebGIS in tal caso può divenire uno strumento di valutazione e discussione con il quale confrontare le posizioni e le proposte di intervento.

<http://disegnarecon.unibo.it>

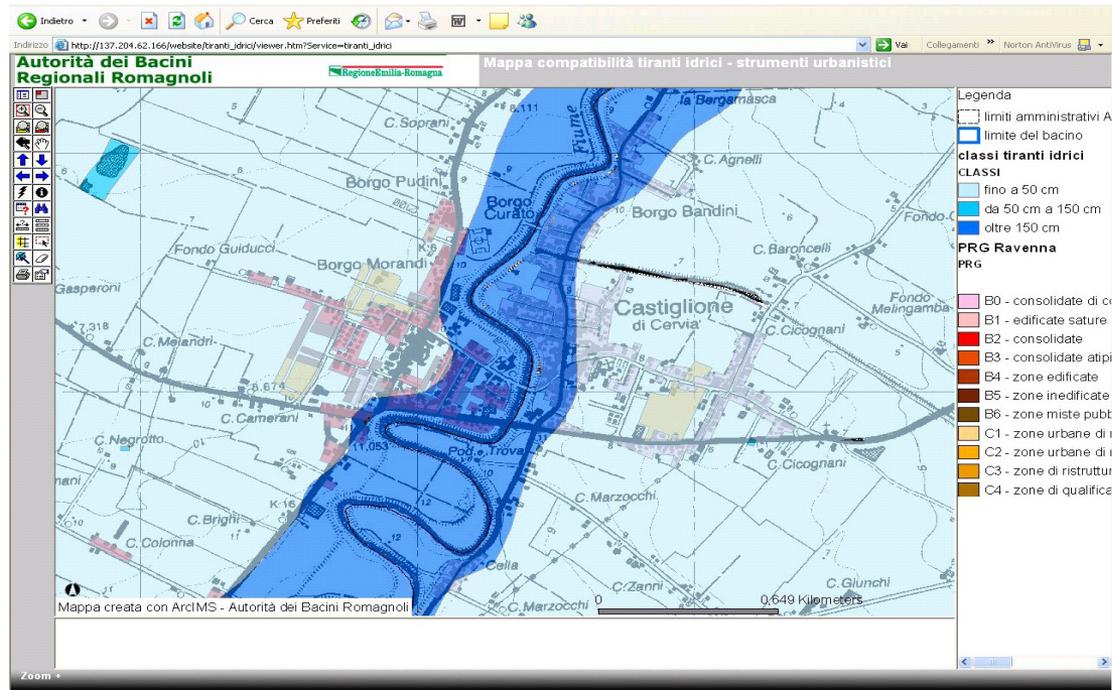


Figura 2. Mappa dei tiranti idrici accessibile via webGIS.

Se il WebGIS favorisce la trasparenza delle informazioni di atti amministrativi "veicolati" su supporto cartografico (con la comunicazione e l'accessibilità) è da sottolineare che le esperienze condotte mettono in evidenza anche delicati aspetti di "privacy" delle informazioni stesse, con il rischio che il controllo doveroso attuato sulla compatibilità dei piani possa divenire "troppo invasivo" quando il livello di dettaglio raggiunge la grandissima scala (un chiaro esempio è dato dallo strumento "Street view" di Google). Grande attenzione dovrà essere posta quindi in fase di

pubblicazione delle informazioni per non ledere diritti dei soggetti in qualche modo interessati.

Tra le prospettive che l'esperienza ha mostrato se ne può mettere in evidenza una in particolare e cioè l'introduzione della modellazione tridimensionale che consentirebbe analisi di dettaglio più interessanti e sofisticate.

Per rimanere nel campo della pianificazione di settore dei bacini idrografici particolare rilievo ha la perimetrazione delle fasce fluviali dei tiranti idrici di riferimento. Come è noto dalla letteratura infatti queste sono classificate tenendo conto

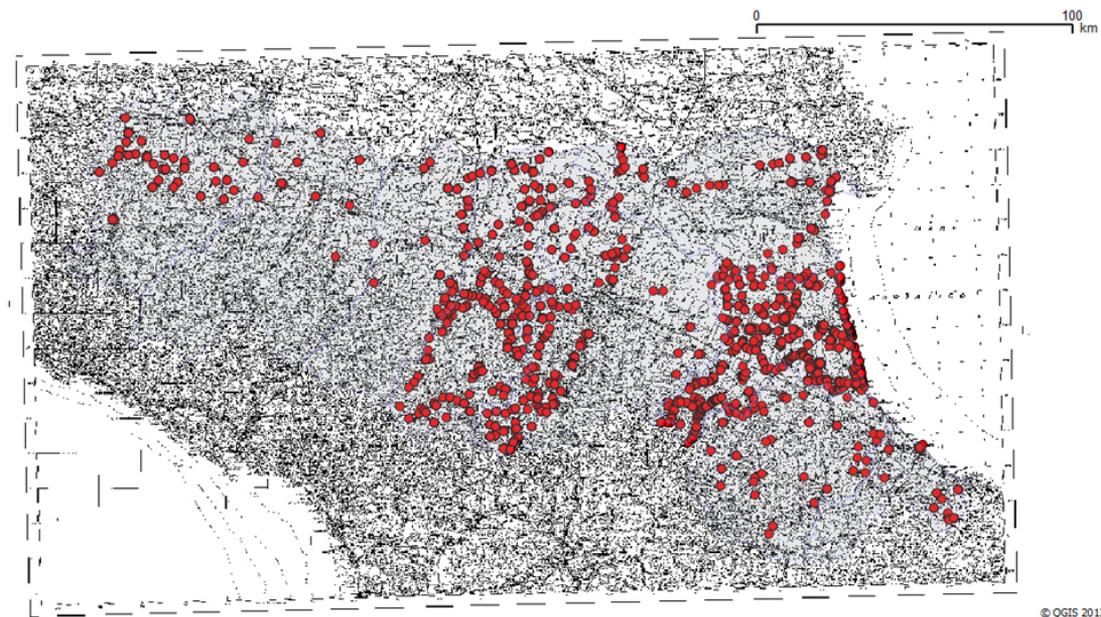
delle misure attese del livello idrico a seguito di una esondazione e concorrono a determinare, in seguito alle condizioni di rischio, un insieme di prescrizioni che vanno ad “interagire” con i piani urbanistici locali ed a definire condizioni di rischio in aree già urbanizzate e consolidate, richiedendo spesso indagini conoscitive di dettaglio.

Ad esempio per i tiranti idrici superiori a 150 cm. (figura 2), l'edificazione in linea di massima viene sconsigliata, stabilendo però che nel caso si ricada in aree urbanizzate e parzialmente consolidate dove “il rischio connesso a probabilità di esondazione non è isolato ma collettivo e dove pertanto diventa imprescindibile la messa in sicurezza dei corpi idrici a fronte dell'impossibilità di messa in sicurezza del singolo, pur in presenza di nuovi interventi edilizi è consentito riferirsi a tiranti idrici più bassi di quelli ipotizzati dalla cartografia del piano di bacino, purché vi sia un'esplicita assunzione di responsabilità da parte del proprietario dell'immobile da formalizzarsi tramite apposito atto registrato e trascritto, per ogni eventuale danno a persone o cose che possa in futuro derivare da eventuali allagamenti” (dalla Disposizione Dirigenziale Comuni di Cervia e Ravenna, 2004). In questo caso la modellazione tridimensionale del terreno oltre che alla scala edilizia potrebbe consentire analisi mirate di dettaglio confrontando visualmente le altezze attese delle classi dei tiranti idrici con le altezze effettive del tessuto urbano.

La documentazione del paesaggio mediante archivi multimediali georeferenziati.

Nel 2009, nell'ambito di una convenzione di ricerca stipulata tra l'Istituto per i beni artistici, culturali e naturali della Regione Emilia-Romagna e il Dipartimento di Architettura (DA) dell'Università di Bologna, è stato sviluppato un database georeferenziato di fotografie da elicottero, relative ai voli realizzati nel periodo 1981-1996 sul territorio della Regione stessa.

Rispetto alle fotografie zenitali dei voli dell'Istituto Geografico Militare e della Royal Air Force, forse più note e più indagate, queste immagini da elicottero, caratterizzate da un piano di ripresa obliquo, incorniciano ampie porzioni di territorio



© QGIS 2013

Figura 3. Database georeferenziato sulla piattaforma GIS di tipo *open source* (QuantumGIS) delle fotografie da elicottero dell'Istituto per i beni artistici, culturali e naturali della Regione Emilia-Romagna.

in riprese prospettiche a lunga distanza, configurandosi come veri e propri scatti di paesaggio, nei quali è possibile investigare elementi naturalistici, strutture insediative, morfologie e segni territoriali di valenza storica, volumi ed elementi tipologici degli agglomerati urbani (figura 3). Queste fotografie costituiscono un patrimonio piuttosto esteso - oltre 2.000 scatti - seppure non sistematico, di documentazione e rappresentazione del paesaggio della Regione. A scopo puramente metodologico, sono state suddivise in quattro grandi famiglie di appartenenza: *paesag-*

gio naturale (PN), *paesaggio rurale* (PR), *centri storici minori* (CSm), *centri storici maggiori* (CS). L'impostazione del database segue questa suddivisione, strutturandosi su elementi tematici che fanno riferimento al paesaggio e di essi racconano un processo: dalla trasformazione antropica degli elementi territoriali naturali, legati alle sistemazioni agricole, alla regimentazione dei corsi d'acqua, alla creazione di canali artificiali, fino alla costruzioni delle vie di comunicazione e alle grandi infrastrutture interregionali, alle ville e corti rurali all'interno di vaste aree coltivate o ai mo-

numenti isolati, veri e propri punti di riferimento nella estesa cornice naturale o agricola; e ancora dalla *forma urbis* degli agglomerati urbani di espansione, costruiti intorno alla struttura storica consolidata, alle piazze dei piccoli centri, fulcro portante del sistema insediativo, elemento ordinatore dell'edificato urbano che dialoga e si interconnette con le linee della morfologia naturale del territorio. Il database contiene sia le informazioni descrittive di tipo geografico delle fotografie, riferite alla localizzazione (comune, provincia, frazione, località) e all'"oggetto", identificato come il punto significativo riconoscibile all'interno della porzione di territorio (a cui viene associato il *tag* di georeferenziazione), sia la visualizzazione in una finestra attiva di un'applicazione web-based (Google Maps), al fine di leggere in senso diacronico (dalla data di scatto dell'immagine fotografica, riferita al periodo 1981-1996, ad oggi seppure non in *real time*) gli elementi morfologici e ambientali del territorio e gli elementi costruiti degli insediamenti urbani con quelli presenti nella fotografia aerea, risultando molto più potente ed efficace di una cartografia classica nel raffronto visivo degli elementi paesaggistici. A questo va aggiunto il fatto di poter avvicinare l'osservazione fino ai singoli elementi del costruito, permettendo quindi una navigazione scalare e ricorsiva, in grado di mettere a fuoco, allo stesso tempo, le linee del territorio e gli oggetti fisici dell'ambiente urbano e la possibilità di avvalersi anche degli strumenti aggiuntivi di Google (ad esempio "*Street View*" o "*Panoramio*").

Accanto alla formulazione di un database *user friendly*, si è ritenuto opportuno esportare le informazioni raccolte nel database su una piattaforma in grado di dialogare con i sistemi di rappresentazione informativa geografica utilizzati dalla Regione Emilia-Romagna.

È stato così costruito uno strumento di consultazione del database all'interno di un ambiente GIS, su una piattaforma di natura *open source* (QuantumGIS) mediante l'esportazione di tutti i *tag* di georeferenziazione, precedentemente associati a Google Maps nel sistema di riferimento geodetico WGS84, in coordinate geografiche opportunamente convertite nel sistema di rife-

rimento geodetico ED50 in coordinate UTM, su una carta topografica in scala 1:250.000 dell'intero territorio regionale. I punti così individuati sulla cartografia restituiscono il tracciato dei voli da elicottero, con la definizione delle aree, quelle su cui la disposizione di punti è più densa, su cui maggiormente le fotografie sono in grado di documentare il territorio (figura 3). Ad ognuno di essi è associata una scheda informativa, in cui sono contenuti sia l'immagine da elicottero, visualizzabile mediante un link, sia tutti i campi descrittivi ad essa associati.

Infine, per la valorizzazione del patrimonio fotografico da elicottero, catalogato e georeferenziato all'interno del database, è stato implementato un prototipo di sistema informativo in grado di raccogliere e strutturare le informazioni e i contenuti su una piattaforma WebGIS *open source*, rendendo in tal modo possibile la navigazione e la consultazione *on line* ad una vasta categoria di utenti (Bravo, Mingucci, Muzzarelli, 2012).

In questo modo, le fotografie da elicottero acquistano valore di catalogo di immagini descrittive georeferenziate del territorio regionale e del paesaggio, ponendosi come utile strumento nei processi di indagine storico-conoscitiva ai fini della progettazione e pianificazione urbanistica, affiancandosi efficacemente agli strumenti GIS con un'interfaccia di visualizzazione che interpreta il racconto delle fotografie e del paesaggio secondo trame narrative differenti, in grado di dialogare con altre piattaforme contenenti dati territoriali.

LA MODELLAZIONE PARAMETRICA: POTENZIALITÀ ED ESPERIENZE IN CORSO.

Passate esperienze realizzate nell'ambito delle attività presso il Laboratorio SiLab del Dipartimento di Architettura (11) e definite dal primo degli scenari citati, hanno mostrato che lo scambio integrato tra le tecnologie dell'informazione geografica e della comunicazione (GIS, WebGIS) e quelle del rilievo e della modellazione alla scala edilizia (CAD, BIM, AIM e sistemi di rilievo *Terrestrial Laser Scanning* - TLS - e fotogrammetrici ad alta risoluzione) hanno contribuito allo sviluppo di interessanti progetti in vari ambiti e contesti territoriali.

Si è avuta la conferma che il ruolo del rilievo e della rappresentazione dell'ambiente nei processi di trasformazione urbanistica e territoriale, è sempre un punto di fondamentale importanza per qualunque tipo di intervento si voglia attuare. Ciò vale anche e particolarmente nelle situazioni di estrema precarietà, dovute a vari fattori quali l'insicurezza della condizione di possesso dell'abitazione, la scarsità dei mezzi di sussistenza e delle risorse necessarie alle auspicabili trasformazioni ed alle sfavorevoli condizioni ambientali.

Si è infatti constatato che l'evoluzione delle metodologie e delle tecnologie del rilievo e della rappresentazione non solo hanno migliorato l'efficienza e l'efficacia nella realizzazione dei progetti finali, ma sono ormai disponibili a costi decisamente contenuti, sia pure a fronte di una non trascurabile complessità di utilizzo, che richiede competenze e figure professionali specifiche, peraltro generalmente reperibili attraverso forme di cooperazione internazionale e nazionale, in cui sono coinvolte, oltre ad attori istituzionali e ONG, anche le Università.

Si è inoltre dimostrato che tali tecnologie hanno un ruolo non secondario nel coinvolgimento e nel "convincimento" degli attori che a vario titolo partecipano ai processi di trasformazione delle aree urbane marginali, siano essi tecnici del territorio o semplicemente i beneficiari degli interventi.

Le nuove tecnologie della rappresentazione digitale infatti usano una comunicazione maggiormente basata sulle immagini, che rispetto ai più tradizionali metodi di comunicazione del progetto (basati sul disegno tecnico) hanno la capacità di trasmettere i contenuti informativi presenti, in modo più immediato e "amichevole", stimolando maggiormente la capacità di visualizzare le soluzioni anche ai "non addetti ai lavori".

A questa potenzialità si aggiunge un'altra risorsa, forse ancor più rilevante, legata alle reti di comunicazione, che consentono di ridurre ulteriormente i costi di acquisizione e di gestione delle informazioni. Esse infatti sono rese disponibili da "terzi" attraverso un "servizio" sempre più agevole ed economico, via Web, con procedure che, uniformando il linguaggio ed il formato di scambio dei dati, consentono di integrare quelle ac-

quisite “in rete” con quelle “locali”, specifiche del progetto (12).

In seguito all’apertura verso il web, è importante rilevare che la generazione di modelli analitici pertinenti ad ampie fasce di tessuto urbano può, ad oggi, rappresentare anche gli aspetti geometrici di maggior dettaglio, in ragione delle estese potenze di elaborazione disponibili nei più comuni calcolatori e della banda di rete in continuo aumento. In tal modo, le basi cartografiche GIS si prestano ad ospitare contenuti ricchi di informazioni particolareggiate, dai fronti urbani composti da geometrie più o meno ripetitive, legate a parametri dimensionali, fino a *script* di procedure per la generazione automatica di realtà urbane anche molto complesse (Parish e Muller, 2001).

La sperimentazione condotta su programmi informatici dedicati (13) ha confermato come questa forte integrazione tra modello e cartografia informativa possa essere praticabile. Con programmi adeguati (come *CityEngine* ad esempio) si è in grado di acquisire dati sotto la forma di shapefile, immagini georeferenziate e DTM (*Digital Terrain Model*), ai quali associare vere e proprie grammatiche procedurali in grado di legare gli elementi rappresentati a parametri numerici che ne regolano aspetto e dimensioni (14).

La possibilità di impostare termini quantitativi legati alle masse e alle superfici oggetto d’indagine, assume, all’interno di un modellatore parametrico-procedurale, la valenza di strumento comparatore per scenari anche fortemente differenziati. L’intervento sui singoli parametri, così come il tracciamento di regioni all’interno delle quali quegli stessi parametri influiranno, consente, comparando differenti scelte di progetto, di esplorare varianti o di verificare che queste determinino scenari conformi alle previsioni di piano.

La rappresentazione di tali progetti attraverso elementi costitutivi dinamici o in grado mutarsi vicendevolmente, sta conducendo il fronte di ricerca verso la sperimentazione di modelli urbani ricchi di contenuti informativi eterogenei, adattabili alle esigenze progettuali e disponibili all’interrogazione da parte di attori con differenti competenze nella pianificazione urbanistica.



Figura 4. Strumenti di rilievo fotografico e fotogrammetrico di prossimità mediante quadricottero Microdrones MD4-200. Il drone di tipo UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) è stato utilizzato per le riprese in quota di Piazza Maggiore a Bologna e della torre dell’orologio di Palazzo d’Accursio (riquadro in alto a destra), per la quale sono stati condotti test di fedeltà metrica (giugno 2011). Si ringrazia in tal senso la società Eye-Sky di Bologna per la disponibilità e il supporto nella ricerca.

QUALI PROSPETTIVE PER LA MODELLAZIONE INTEGRATA?

La tecnologia che permette di manipolare un dato di qualità nella mappatura d’informazioni tridimensionali all’interno di strutture analitiche territoriali di natura SIT/GIS è orientata da tempo al recupero di elementi geometrici ottenibili in maniera speditiva ed a costi ragionevoli.

I tre scenari analizzati, già disponibili in termini di tecnologia, sono riconducibili ad una vasta casistica di problemi ma, in prospettiva, sembrano praticabili solo due nuovi aspetti peculiari delle

strumentazioni in corso di ottimizzazione. Un primo aspetto è quello del trasferimento dell’informazione verso strumentazioni mobili, che potranno agevolare nuove strategie sia di controllo e comunicazione, sia di gestione e di aggiornamento delle banche dati. In questo senso, gli sforzi di ricerca dedicati alla produzione di archivi digitali eterogenei (come gli AIM) potranno dimostrare la loro grande versatilità nella documentazione di contesti alle diverse scale in quanto i nuovi “terminali” di accesso all’informazione georiferita, consentiranno di acquisire in tempo reale, sia la



Figura 5. Porzione della vista panoramica della Piazza Maggiore a Bologna a 97 mt. di quota, eseguita tramite volo radio-controllato di Microdrones MD4-200. Si ringrazia la società Eye-Sky di Bologna per la disponibilità e il supporto nella ricerca.

raccolta delle informazioni da aggiornare, sia di colmare le “lacune” o le inesattezze dei dati rilevati.

Un secondo aspetto è più attinente alla produzione di DTM attraverso rilievi semi-automatici da aeromobile (definiti anche *Aerial Laser Scanning* - ALS). I primi esperimenti mirati tramite aereo, o, ancora una volta, elicottero sono ampiamente documentati nella letteratura scientifica già dalla fine dell’ultimo decennio del Novecento (Lemmens, 2011).

Tuttavia l’avvicinarsi di strumenti e programmi

sempre più accessibili e performanti, può già consentire di raggiungere anche su questo secondo aspetto, risultati ancora più apprezzabili, soprattutto integrando metodi di cattura informativa consolidati a strumenti di nuova concezione. La documentazione 3D di porzioni urbane o di contesti territoriali, potrà infatti essere realizzata anche senza l’impiego di processi o apparati onerosi in termini di costi e di tempi di apprendimento, di utilizzo e di calibrazione (Skaloud e Lichti, 2006). La fotogrammetria aerea, ad esempio, ha conosciuto negli ultimi tempi una nuova giovinezza in

ragione degli avanzamenti introdotti da algoritmi di calcolo automatico in grado di ricavare la posizione della camera in uno spazio geometrico referenziato con una sufficiente precisione metrica (15) (Kusch, 2013).

Un’applicazione significativa e diffusa di questa tecnologia è anche alla base di *Apple Maps*, WebGIS rilasciato poco meno di un anno fa da *Apple Computers* a corredo del proprio sistema operativo iOS 6 per sistemi mobili (cellulari di tipo *smartphone* e *tablet*).

Numerosi centri storici di città di grandi dimen-

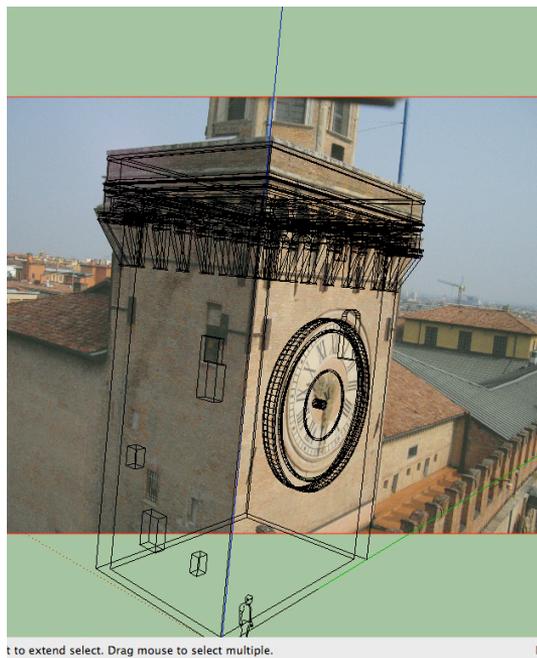


Figura 6. Ricostruzione metrica dei principali elementi della Torre dell'Orologio di Palazzo d'Accursio, ottenuti mediante riconoscimento di punti omologhi e successivo *draping* di immagini catturate da voli UAV (Unmanned Aerial Vehicle).

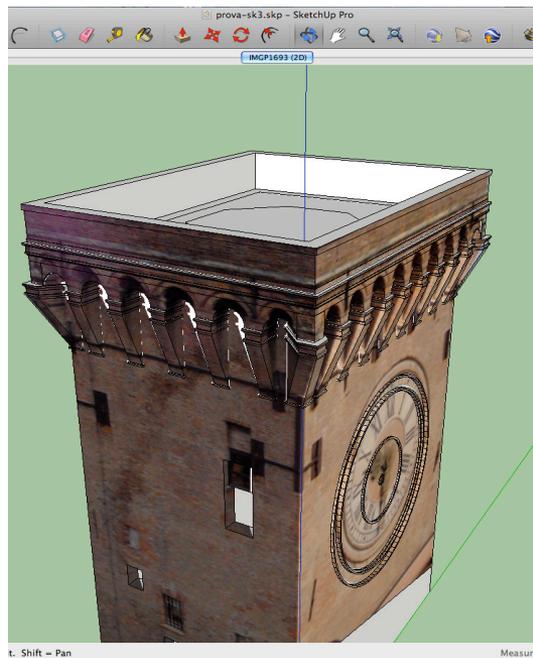


Figura 7. Una delle immagini ricavate durante il volo del drone radio controllato.

sioni sono esplorabili interattivamente da questa piattaforma, inclusiva di visuali tridimensionali associate a cartografie di tipo vettoriale e mappate con immagini raster (16). Se l'approccio aereo, utile nella documentazione di porzioni di territorio ampie, risulta oneroso, l'avanzamento tecnologico (che negli ultimi tempi ha permesso perfino l'autocostruzione di apparecchiature aeree semplici e di ridotte dimensioni rispetto ad aeromobili ed elicotteri) ha aperto la strada a nuove interessanti applicazioni legate alla fotogrammetria territoriale ad alta risoluzione. E'

<http://disegnarecon.unibo.it>

il caso dei droni UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*), agili apparati ad ala rotante, solitamente forniti di coppie di rotori in grado di trasportare in quota fotocamere calibrate (figura 4), seguendo rotte pianificate su base cartografica digitale e controllate in volo attraverso sensori GPS. Il rilievo aereo di prossimità, reso accessibile dall'utilizzo di questi strumenti a controllo remoto, consentirà di raccogliere informazioni di vaste porzioni di territorio (figura 5) e di fornire le informazioni geometriche degli elementi costruiti, per realizzare modelli tridimensionali mappati da as-

socializzare a cartografie GIS, inserite in apposite voci di archivi AIM, così da renderle immediatamente disponibili a vari tipi di utenti (figure 6 e 7).

NOTE

[1] E' il caso di Street View, visualizzazione immersiva in ambiente Google Earth, o di modelli VR integrati in una cartografia topografica.

[2] Tali strumenti sono stati sviluppati dal nostro gruppo di ricerca dell'Università di Bologna nel corso di esperienze su vari casi applicativi e sono documentate da diverse pubblicazioni a partire dagli anni '90.

[3] Il progetto urbanistico è l'obiettivo più appropriato per questa modalità di rappresentazione, garantendo la possibilità di introdurre informazioni attinenti al piano sia alla scala edilizia sia a quella urbana.

[4] In questo caso è il progetto a scala edilizia l'obiettivo predominante, che, inserito nel contesto urbano e territoriale, può essere sviluppato assicurando una maggiore coerenza con l'ambiente circostante.

[5] Informazioni riguardanti i dati associati ad ogni oggetto e relative alla loro rappresentazione cartografica, alla loro dimensione e posizione geografica e quelle riferite alle relazioni reciproche tra gli oggetti, come connessione, adiacenza, inclusione ecc...

[6] Oltre ad essere distribuita ovunque, l'informazione geografica può essere utilizzata senza la necessità di gestire localmente un software di elaborazioni cartografiche e senza avere, entro certi limiti, conoscenze approfondite sia dell'uso del software sia dei processi che stanno alla base delle elaborazioni e delle analisi.

[7] Esempi molto diffusi di tali potenzialità sono i noti Microsoft Virtual Earth 3D e Google Earth che associano alle immagini remote della superficie bidimensionale un riferimento alla quota altimetrica alla piccola scala. A questa funzionalità è possibile aggiungere dei cosiddetti "mashup", ovvero informazioni grafiche piuttosto che topologiche, sovrapponibili alla mappa fotografica, strutturate in formato KML (*Keyhole Markup Language*). All'interno di un file di estensione KML si possono individuare elementi (segnalibri geografici, immagini, poligoni, modelli 3D, descrizioni ed etichette testuali...) visualizzabili in ambiente georeferenziato, dove ogni locazione è associata ad una coppia di coordinate (che ad esempio in GE sono la longitudine e la latitudine nel sistema di riferimento WGS84. Si possono poi specificare altri parametri volti a (possono) rendere la visualizzazione più circostanziata, come l'inclinazione, inquadratura e la quota del punto di vista.

[8] Il concetto di "Smart City" riguarda il progetto di città (o di una sua riqualificazione) che risponda ad alcuni "requisiti (o dimensioni) prestazionali" che ne accrescano la qualità di vita, non solo dal punto di vista del miglioramento delle infrastrutture ma soprattutto sotto l'aspetto della coesione sociale e della sostenibilità sociale ed ambientale.

[9] Il concetto di "Geodesign", rappresenta invece l'integrazione del progetto urbano ed edilizio nel contesto territoriale ed ambientale, ovvero organizza un insieme di tecnologie

che consentono di avere, in un unico ambiente di lavoro, strumenti per progettare e comunicare proposte di interventi in aree urbane. Secondo la definizione di Jack Dangermond il Geodesign integra gli strumenti dell'analisi geografica GIS nel processo di progettazione, potendo verificare immediatamente l'adeguatezza delle bozze di progetto rispetto alle informazioni disponibili che descrivono le condizioni fisiche e sociali del contesto territoriale in cui il progetto è inserito. "*GeoDesign brings geographic analysis into the design process, where initial design sketches are instantly vetted for suitability against a myriad of database layers describing a variety of physical and social factors for the spatial extent of the project. This on-the-fly suitability analysis provides a framework for design, giving land-use planners, engineers, transportation planners, and others involved with design, the tools to leverage geographic information within their design workflows*" (Dangermond, 2009).

[10] Con questo termine si vuole intendere il sistema di pianificazione territoriale, articolato incominciando dai piani regionali di indirizzo, per arrivare ai piani attuativi in campo urbanistico.

[11] In particolare nell'ambito di esperienze condotte in Brasile, a Belo Horizonte e Salvador di Bahia.

[12] Oggi esistono diverse alternative sia per quanto riguarda l'acquisizione dei dati cartografici, sia per l'"offerta" di servizi di analisi dei dati realizzati con strumenti GIS attraverso il Web quali WebServices ed infrastrutture dati geografici

(SDI) in qualche caso anche gratuiti ed i diffusi visualizzatori di informazioni geografiche (come l'ormai notissimo Google Earth).

[13] In quest'ambito si cita il noto programma CityEngine, acquisito recentemente da ESRI, società leader nella produzione di piattaforme GIS.

[14] Questo aspetto è ancor più rilevante quando la tecnologia viene utilizzata nella modellazione di vaste realtà non più in essere, come nelle ricostruzioni virtuali di città come si presentavano nelle epoche passate o le visualizzazioni di ipotetici paesaggi urbani mutuati da documenti storici (si riporta in questo senso l'esperienza ricostruttiva del paesaggio antico bolognese del progetto "*Genus Bononiae*", di Ferdani e Pescarin, "*Dal GIS Alla ricostruzione 3D del paesaggio urbano antico*", 14ma conferenza italiana utenti ESRI, 2012).

[15] Si tratta del ben documentato algoritmo di bundle adjustment il quale, tra le altre cose, determina la posizione della camera di presa per omologia di punti, estraendo le coordinate spaziali dei punti appartenenti ai soggetti inquadrati da viste diverse.

[16] Apple ha acquistato nel 2011 la società svedese C3 Technologies, proprietaria di brevetti software in grado di ricavare superfici di edifici e terreni da coppie calibrate d'immagini aeree, scattate secondo tecniche e metodi coperti da segreto industriale, a loro volta mutuati da ricerche iniziate anni or sono in campo militare per ottenere modelli realizzati automaticamente con un buon livello di dettaglio geometrico.

BIBLIOGRAFIA

Parish Y., Muller P. (2001). Procedural Modeling of the Cities. In ACM Siggraph, New York, pp. 301-308.

Disposizione Dirigenziale Comune di Cervia (2004, 9 settembre) del Dirigente del settore pianificazione territoriale.

Skaloud, J., Lichti, D., (2006). Rigorous approach to bore-sight self-calibration in airborne laser scanning. In ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote sensing, 61 (2006), pagg. 47-59.

Dangermond, J., (2009). GIS: Designing Our Future. In ArcNews On-Line, Summer 2009 issue.

Pagani, R., (2010). Il concetto di smart cities per il futuro della città. In: R. PAGANI and L. MATTEOLI, eds., Cityfutures: Architettura Design Tecnologia per il futuro delle città. Hoepli, Milano pp. 11-17.

Forum PA, (2011). Smart city: progetti e tecnologie per città più intelligenti. Roma.

Garagnani, S., Mingucci R., (2011). A.I.M. - Informative Archives for architectural renovation. In SIGraDi Cultura aumentada 2011, XV Congresso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital, a cura di M. Chiarella e M.E. Tosello, pagg. 93-96.

Lemmens, M., (2011). Terrestrial laser scanning in Geotechnologies and the Environment Volume 5, pagg. 101-121, Springer Netherlands. ISBN 978-94-007-1666-7.

Bravo L., Mingucci R., Muzzarelli A. (2012), La documentazione del paesaggio tra territorio e

ambiente in Il mazzo delle carte. L'informatizzazione dell'archivio cartografico e aerofotografico dell'IBC, a cura di Ilaria Di Cocco e Stefano Pezzoli, Istituto per i Beni Artistici, Culturali e Naturali della Regione Emilia-Romagna, Editrice Compositori, Bologna, pp. 207-214.

Kuschik, G., (2013). Large scale urban reconstruction from remote sensing imagery. In International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-5/W1, 2013.