

PUBLICA

Linguaggi Grafici  
**MAPPE**

a cura di

Enrico Cicalò, Valeria Menchetelli, Michele Valentino

# PUBBLICA

## COMITATO SCIENTIFICO

Marcello Balbo  
Dino Borri  
Enrico Cicalò  
Enrico Corti  
Nicola Di Battista  
Carolina Di Biase  
Michele Di Sivo  
Domenico D'Orsogna  
Maria Linda Falcidieno  
Francesca Fatta  
Paolo Giandebiaggi  
Elisabetta Gola  
Riccardo Gulli  
Emiliano Ilardi  
Francesco Indovina  
Elena Ippoliti  
Giuseppe Las Casas  
Mario Losasso  
Giovanni Maciocco  
Vincenzo Melluso  
Benedetto Meloni  
Domenico Moccia  
Giulio Mondini  
Renato Morganti  
Stefano Moroni  
Stefano Musso  
Zaida Muxi  
Oriol Nel.lo  
João Nunes  
Gian Giacomo Ortu  
Rossella Salerno  
Enzo Scandurra  
Silvano Tagliagambe

## **Linguaggi Grafici**

La serie Linguaggi Grafici propone l'esplorazione dei diversi ambiti delle Scienze Grafiche e l'approfondimento di campi specifici capaci di far emergere nuove prospettive di ricerca. La serie indaga le molteplici declinazioni delle forme di rappresentazione grafica e di comunicazione visiva, proponendo una riflessione collettiva, aperta, interdisciplinare e trasversale capace di stimolare nuovi sguardi e nuovi filoni di indagine. Ciascun volume della serie è identificato da un lemma, che definisce al contempo una categoria di artefatti visivi e un campo di indagine, che si configura come chiave interpretativa per la raccolta di contributi provenienti da ambiti culturali, disciplinari e metodologici differenti, che tuttavia riconoscono nei linguaggi grafici un territorio di azione e di ricerca comune.

### COMITATO EDITORIALE

Enrico Cicalò  
Valeria Menchetelli  
Marta Pileri  
Andrea Ruggieri  
Francesca Savini  
Ilaria Trizio  
Michele Valentino



PUBLICA

**Linguaggi Grafici**  
**MAPPE**

a cura di

Enrico Cicalò, Valeria Menchetelli, Michele Valentino

Enrico Cicalò, Valeria Menchetelli, Michele Valentino (a cura di)

*Linguaggi Grafici. MAPPE*

© PUBLICA, Alghero, 2021

ISBN 978 88 99586 20 1

Pubblicazione Dicembre 2021

PUBLICA

Dipartimento di Architettura, Urbanistica e Design

Università degli Studi di Sassari

[WWW.PUBLICAPRESS.IT](http://WWW.PUBLICAPRESS.IT)



# INDICE

- 16 **I linguaggi grafici delle mappe:  
ragioni, funzioni, evoluzioni e definizioni**  
Enrico Cicalò, Valeria Menchetelli, Michele Valentino
- 34 **I linguaggi grafici delle mappe:  
temi, sguardi ed esperienze**  
Enrico Cicalò, Valeria Menchetelli, Michele Valentino

## SGUARDI

- 58 **Mappare flussi e spazi. Immagini dinamiche e mappe digitali**  
Rossella Salerno
- 78 **Rappresentazione e nuove epistemologie:  
tra mappe e *visual thinking***  
Francesco Bergamo
- 102 **Fuori schema. Spunti di indagine sulle ‘rappresentazioni  
non proiettive’ suggeriti da una mappa di Saul Steinberg**  
Edoardo Dotto

## GEOMETRIE

- 124 **Venetie MD di Jacopo de' Barbari: una mappa tra arte e scienza**  
Rachele Angela Bernardello, Cosimo Monteleone, Federico Panarotto
- 148 **La rappresentazione della città ideale: mappa artistica?**  
Maria Linda Falcidieno, Maria Elisabetta Ruggiero

- 164 **Il cerchio, il triangolo, il quadrato:  
le mappe delle città di Dio**  
Salvatore Santuccio
- 182 **Mappe urbane: fra mitologia, simbolo e geometria.  
Il disegno della città ideale di Venturino Ventura**  
Lorenzo Tarquini, Ivan Valcerca
- 200 **Cartografie marziane: breve storia delle mappe  
di un pianeta immaginario**  
Alessandro Luigini
- 230 **Geografie celesti e mappature terrestri:  
arte e geometria per descrivere l'universo**  
Isabella Friso, Gabriella Liva

## **ROTTI**

- 258 **Portolani e mappe nautiche,  
nozioni grafiche sull'arte del navigare**  
Caterina Palestini
- 286 **Le carte nautiche medievali.  
Strumenti per la navigazione e narrazioni visive**  
Manuela Piscitelli
- 310 **Il limite della terra, geografia e valore posizionale  
dell'architettura costiera**  
Nicola La Vitola
- 326 **Il Mediterraneo:  
reti costiere materialmente immateriali**  
Sonia Mollica

## **CONFINI**

- 350 **Segni, simboli, icone per riprodurre l'aspetto  
del territorio transumante**  
Pasquale Tunzi



- 382 **La mappa della proprietà privata: le rappresentazioni dei confini e delle dispute in Sicilia tra XVIII e XIX secolo**  
Francesca Fatta
- 408 **La macchina territoriale: la mappa storica catastale asburgica**  
Andrea Donelli
- 438 **Le testimonianze grafiche del paesaggio storico lucano nelle mappe degli ordini religiosi soppressi**  
Giuseppe Damone
- 460 **Dal tempo delle biografie degli artisti allo spazio dei luoghi dell'arte. Lo sviluppo delle guide artistiche nell'epoca degli amatori e degli eruditi. Il caso di Latuada e l'immagine di Milano tra catasto teresiano e retorica barocca**  
Matteo Giuseppe Romanato

## **STRATI**

- 492 **Mappe urbane: narrazioni descrittive e interpretative dei luoghi e dei processi evolutivi della rappresentazione**  
Cristina Boido, Pia Davico
- 524 **La rappresentazione della Sicilia attraverso le mappe storiche**  
Adriana Arena
- 552 **Sulla rappresentazione cartografica della città dell'Aquila tra il XVI e il XIX secolo**  
Mario Centofanti, Stefano Brusaporci, Pamela Maiezza
- 580 **Una mappa settecentesca per la ricostruzione degli assetti storici. *La Pianta della città di Cagliari e suoi Borghi***  
Andrea Pirinu, Marcello Schirru
- 608 **La *Pianta di Roma* di Giovan Battista Nolli come artefatto spaziale e politico**  
Fabio Colonnese
- 638 **Mappe panoramiche: il disegno dell'eruzione dell'Etna nel 1669**  
Tiziana Abate

658 **Cartografia storica e assetti insediativi  
della Nurra (Sardegna)**

Giovanni Azzena, Roberto Busonera

**RETI**

684 **Dagli *itineraria picta* alla mappatura digitale del territorio:  
digitalizzazione e decostruzione della *Tabula Peutingeriana***

Francesco Stilo

704 **La rappresentazione delle infrastrutture metropolitane:  
complessità tecniche e grafiche delle mappe di transito**

Cristiana Bartolomei, Cecilia Mazzoli, Caterina Morganti

726 **Un cartografo nel metrò. Codici e segni  
per la costruzione delle mappe delle metropolitane**

Nicolò Sardo

758 **Linee, colori e convenzioni.  
Il linguaggio universale delle mappe della metropolitana**

Massimo Malagugini

**SIGNIFICATI**

794 **Mappare per perdersi: intelligenza artificiale  
e immaginazione cartografica**

Maria Valesse, Herbert Natta

824 **Le mappe quali artefatti significanti  
per rappresentazioni altre**

Daniela Palomba, Simona Scandurra

846 **Mappe di una terra archeologica**

Antonello Marotta

872 ***Map Costruens e Map Destruens:*  
usi alternativi, sovvertimenti e risemantizzazioni  
delle carte geografiche nella Border Art**

Andrea Masala

- 900 **Architettura copia e incolla:  
regola di rappresentazione  
e strumento di composizione**  
Laura Mucciolo
- 924 **Questioni di percezione.  
Elaborazioni grafiche per mappe sintetiche**  
Paola Raffa

## INFORMAZIONI

- 948 **Viaggio breve nei mondi virtuali delle mappe.  
Come trasformare l'informazione in conoscenza  
e in che modo abitarla?**  
Giovanni Caffio, Maurizio Unali
- 970 **Mentire (meno) con le mappe.  
Il caso *Glocal Climate Change***  
Matteo Moretti
- 990 ***L'Atlante delle donne* di Joni Seager.  
Mappe infografiche e geografie di genere**  
Ilaria Trizio
- 1010 **La riflessione necessaria:  
la forza della metacognizione nell'era digitale**  
Alessandro Iannella, Paola Morando
- 1038 ***Evolutionary Trees*. L'architettura  
nelle mappe evolutive di Charles Jencks**  
Monica Battistoni, Camilla Sorignani
- 1058 **Tra rigore e iconicità:  
per una mappatura critica di modelli di superfici**  
Ursula Zich, Martino Pavignano
- 1088 **Spazio Tempo Architettura.  
La geografia della percezione  
nell'opera teorica di Robert Venturi**  
Domenico Pastore, Francesca Sisci

## CORPI

- 1108 ***Quis sum ego?* Le mappe geografiche antropomorfe di Opicino de Canistris tra spiritualità e schizofrenia**  
Paolo Belardi
- 1126 ***Losing my position. L'interior design come strumento di orientamento per i soggetti affetti da Alzheimer***  
Giovanna Ramaccini
- 1144 **Mappe psicogeografiche per le aree urbane periferiche: rappresentazione non convenzionale dell'influenza degli spazi e dell'influenza sugli spazi**  
Mariapaola Vozzola
- 1168 **Paradigmi di mappatura e geografie del corpo umano**  
Massimiliano Ciammaichella, Stefania Catinella
- 1188 **Prime mappature fisiologiche nell'epoca della riproducibilità tecnica: Eadweard Muybridge, Étienne-Jules Marey e la cattura del movimento**  
Santi Centineo

## TECNOLOGIE

- 1220 ***Point Cloud Maps. L'immagine eterea della città***  
Carlo Bianchini, Alekos Diacodimitri, Marika Griffo
- 1240 **Mappe per la visualizzazione digitale degli spazi ipogei**  
Gennaro Pio Lento
- 1260 **Spazi informativi e artefatti visivi per la rappresentazione delle scale urbane**  
Lia Maria Papa, Giuseppe Antuono
- 1284 **Mappare la conservazione. Analisi di un processo dinamico per il patrimonio storico-artistico**  
Francesca Gasparetto, Laura Baratin

- 1304 **Procedure di rappresentazione per l'analisi e la gestione del sistema di canalizzazione della piana pavese**  
Silvia La Placa
- 1328 **Mappare il territorio cremonese: dall'iconografia alle tecniche di *remote sensing* e GIS**  
Alessandro Bianchi, Giovanna Sona
- 1350 **Mappare il territorio oltre il 'visibile' umano. La lettura integrata di grafemi storici e dati multispettrali**  
Nicola Pisacane, Pasquale Argenziano, Alessandra Avella
- 1374 **Mappatura dinamica delle condizioni stagionali del paesaggio**  
Alessandro Scandiffio
- 1392 **Dinamiche paesaggistiche nella regione storica dell'Oglio: analisi preliminari e mappatura delle trasformazioni**  
Amedeo Ganciu, Mara Balestrieri, Gianluca Zicca
- 1412 **Mappature reattive, linguaggi che riattivano. Rigenerare il patrimonio e la memoria dell'Appennino marchigiano con strumenti interattivi e condivisi**  
Maddalena Ferretti, Ramona Quattrini, Benedetta Di Leo
- 1442 **Documentazione e comunicazione di un patrimonio architettonico sovrascritto: il caso di Jahu**  
Alfonso Ippolito, Martina Attenni, Antonio Esposito
- 1462 ***Milano Mapping*. Integrazioni tra itinerari culturali e videogiochi a realtà aumentata**  
Sara Conte, Valentina Marchetti

## **MEDIA**

- 1488 **Tassonomia delle mappe videoludiche**  
Greta Attademo
- 1514 **Wes Anderson: una consolidata relazione tra geografia e cinema**  
Marta Pileri

- 1538 **Iconografia, rilievo e progetto nella mappa della città. L'immagine di Reggio Calabria dal Seicento ai giorni nostri**  
Francesco De Lorenzo
- 1564 **Antropocene: mappe per la progettazione del futuro**  
Benedetta Terenzi
- 1594 **Dentro e fuori la città di Roma. Esercizi di disegno sul quartiere Testaccio a Roma: mappe immaginifiche**  
Laura Farroni

## **INTERVISTE**

- 1616 **Intervista a Ferdinando Morgana**  
Enrico Cicalò, Valeria Menchetelli, Michele Valentino
- 1630 **Intervista a Laura Canali**  
Enrico Cicalò, Valeria Menchetelli, Michele Valentino



***Point Cloud Maps.***  
**L'immagine eterea della città**

***Point Cloud Maps.***  
**The Ethereal Image of the City**

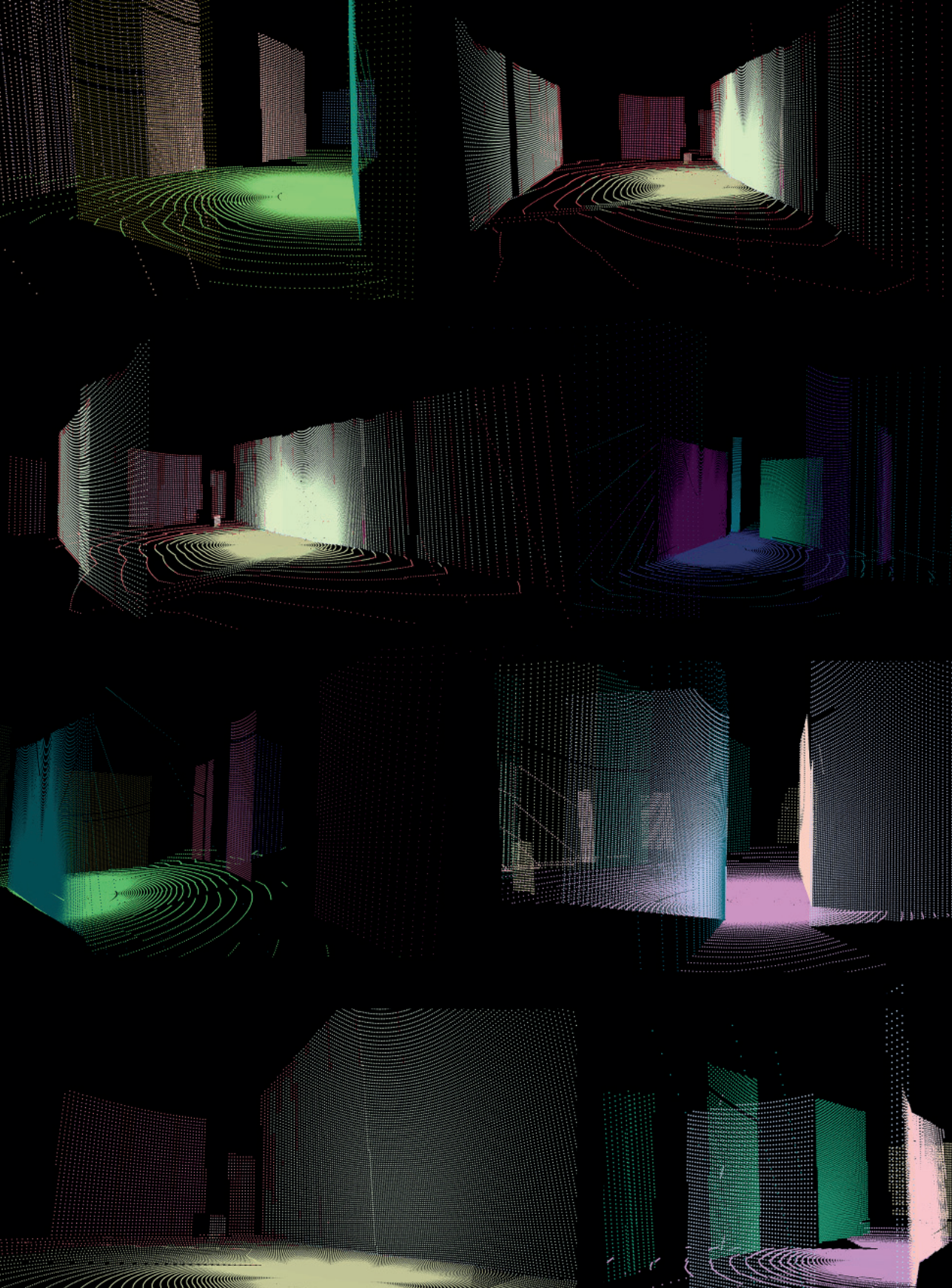
**Carlo Bianchini, Alekos Diacodimitri, Marika Griffo**

Sapienza Università di Roma

Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura

carlo.bianchini@uniroma1.it, alekos.diacodimitri@uniroma1.it, marika.griffo@uniroma1.it





nuvola di punti  
*Google Street View*  
mappa eterea  
patrimonio architettonico  
rappresentazione

point cloud  
*Google Street View*  
ethereal map  
architectural heritage  
representation

Il contributo descrive una ricerca in corso di svolgimento riguardante lo sviluppo di un processo automatico di estrazione di dati metrici dai panorami sferici utilizzati sulla piattaforma *Google Street View* al fine di ottenere delle nuvole di punti. Questa ricerca nasce da uno spunto emerso nelle prime fasi di sviluppo del progetto *3ReaD* (2019-2021). Questo progetto si pone l'obiettivo di realizzare un set completo di strumenti informatici per il rilievo, al fine di gestire la generazione, l'analisi e l'elaborazione dei dati riguardanti lo stato di conservazione del patrimonio culturale architettonico, archeologico e storico-artistico. All'interno di tale progetto, una parte della ricerca si è focalizzata sullo studio di tutte le possibili fonti fotografiche pubbliche e private utilizzabili per l'acquisizione di dati. Tra queste, è stato sperimentato l'uso dei panorami sferici utilizzati da *Google Street View* per consentire l'esplorazione degli spazi urbani attraverso un web browser. All'interno del codice di tali panorami è 'nascosta' la mappa di profondità relativa al panorama sferico, necessaria per utilizzare il navigatore interno al panorama e consentire la navigazione all'osservatore riconoscendo le giaciture delle superfici degli edifici. Attraverso un processo di ricomposizione e orientamento delle informazioni spaziali contenute nel codice, è possibile ricostruire una primitiva nuvola di punti capace di fornire informazioni metriche e volumetriche in tempo reale. Ciò potrebbe rendere accessibile potenzialmente una quantità impressionante di dati, in virtù della copertura estremamente estesa delle campagne fotografiche di *Google*. I modelli ottenibili sono semplici e le nuvole molto rade, i dettagli spariscono e le forme si semplificano in volumi architettonici schematici. L'immagine che viene restituita è una

The paper presents an ongoing research regarding the development of an automated process for extracting metric data from spherical panoramas used on the *Google Street View* platform in order to obtain point clouds. This research stems from an idea that emerged in the early stages of development of the *3ReaD* project (2019-21). This project aims to create a complete set of computing tools for surveying in order to manage the generation, analysis and processing of data regarding the state of conservation of architectural, archaeological and historical-artistic cultural heritage. Within this project, a part of the research focused on the study of all possible public and private photographic sources that can be used for data acquisition. Among these, the use of spherical panoramas used by *Google Street View* to allow the exploration of urban spaces through a web browser was experimented. Inside the code of these panoramas is 'hidden' the depth map related to the spherical panorama, necessary to use the navigator inside the panorama and allow the observer to navigate by recognizing the layouts of the surfaces of the buildings. Through a process of recomposition and orientation of the spatial information contained in the code, it is possible to reconstruct a primitive point cloud capable of providing metric and volumetric information in real time. This could potentially make an impressive amount of data accessible, given the extremely extensive coverage of *Google's* photo campaigns. The models that can be obtained are simple and the clouds very sparse, details disappear and shapes are simplified into schematic architectural volumes. The image that is returned is an ethereal urban representation, straddling the map and the

rappresentazione urbana eterea, a cavallo tra la mappa e la nuvola di punti. Un modello esplorabile del tessuto urbano a bassa densità di informazioni, teso a valorizzare una visualizzazione d'insieme della città; una mappa urbana digitale che racconta lo spazio attraverso pochi punti diradati che mostrano delle architetture che si dissolvono, generando trasparenze suggestive ma contemporaneamente supportata da valori metrici approssimati ma corretti. La mappa mostra inoltre la generazione dei percorsi rappresentati attraverso la proiezione in pianta del cerchio dello scanner: l'insieme delle posizioni delle camere sferiche nello spazio diviene un percorso. Uno degli obiettivi principali che si propone la ricerca è di riuscire a generare la nuvola in tempo reale man mano che si esplora la pianta, facendo comparire gradualmente la nuvola mentre si prosegue nel percorso, rendendo interattiva la fruizione della mappa e attribuendo quindi anche un valore all'aspetto temporale dell'esplorazione degli spazi che si svelano gradualmente man mano che ogni nuvola viene aggiunta alla mappa.

point cloud. An explorable model of the urban environment with a low density information, aimed at enhancing an overall view of the city; a digital urban map that tells the space through a few thinned out points that show architectures that dissolve, generating suggestive transparencies but at the same time supported by approximate but correct metric values. The map also shows the generation of the paths represented through the projection in plan of the circle of the scanner: the set of positions of the spherical cameras in the space becomes a path. One of the main goals of the research is to be able to generate the cloud in real time as you explore the plan, making the cloud gradually appear as you continue along the path, making the use of the map interactive and thus also giving value to the temporal aspect of the exploration of spaces that are gradually revealed as each cloud is added to the map.

## Introduzione

Chiunque (e a qualsiasi titolo) si sia confrontato con attività finalizzate alla conoscenza o alla trasformazione degli oggetti costruiti ha sperimentato la necessità di fondare i propri ragionamenti su dati quanto più possibile affidabili.

Tralasciando per un momento quella componente immateriale e soggettiva che caratterizza qualsiasi relazione e interazione con gli oggetti costruiti (Bianchini, 2014a), certamente la raccolta di dati metrici e geometrici relativi all'oggetto di studio rappresenta una fase preliminare e imprescindibile per qualunque delle suddette attività. Fase che, denominata ormai stabilmente in letteratura come *Acquisizione dei Dati* o *Data Capturing*, si incardina assieme alle successive *Selezione/Interpretazione e Rappresentazione/Comunicazione* nel processo del *Rilievo* (Bianchini, 2012).

Sarebbe qui poco utile rievocare le tappe di quel rapido e per certi versi straordinario mutamento che negli ultimi decenni ha caratterizzato proprio il settore del rilievo, se non per sottolineare una più recente tendenza al consolidamento teorico ed operativo della disciplina dopo anni di tumultuosa evoluzione. Ad essa a volte è stato attribuito il nome di *Rilievo 2.0* (Bianchini et al., 2018).

Tra le caratteristiche salienti del cosiddetto *Rilievo 2.0* troviamo certamente quelle che direttamente attengono al *Data Capturing*: da un lato la disponibilità di strumenti *LIDAR* (*Laser Imaging Detection and Ranging*) sempre più performanti, maneggevoli e differenziati per rispondere alle più svariate condizioni ambientali e prestazionali (Bianchini & Russo 2018); dall'altro la piena maturità di sistemi image-based che, raggruppati dall'acronimo SfM (*Structure from Motion*), consentono di ottenere nuvole di punti 3D di semplici immagini digitali.

Quest'ultimo ambito rappresenta di fatto il perno di quella che viene definita la democratizzazione dei processi di rilevamento 3D (Bianchini, 2014b; Brusaporci, 2017), ovvero la possibilità per chiunque possieda un sistema per l'acquisizione di immagini digitali (macchina fotografica, smartphone, tablet ecc.) di produrre 'in house' la propria nuvola di punti 3D prescindendo dagli onerosi sistemi *LIDAR*.

Antesignano di questa tendenza è certamente da considerarsi il sistema *Google Tango* [1] integrato nello smartphone *Lenovo Phab pro* che tra i primi ha proposto al grande pubblico un sistema completo per l'acquisizione 3D realtime (Bianchini & Catena,

**Fig. 1**  
Piazza Borghese, Roma.  
Nuvole di punti in visualizzazione normal map ottenute dall'elaborazione di panorami 360° di *Google Street View*.

2019); o, più recentemente, le funzioni disponibili sui modelli *Apple 2020* dell'*iPhone 12* e dell'*iPad Pro*.

Accanto a questi sistemi che consentono ‘attivamente’ agli utenti di costruire autonomamente modelli numerici 3D, stanno tuttavia emergendo altre opportunità finalizzate a svincolare l’utente non esperto dalle procedure previste dai software di elaborazione SfM (preprocessamento e caricamento delle immagini, impostazione dei parametri di modellazione ecc.) incorporando tutte queste funzioni in piattaforme in cui gli utenti si possano limitare al solo upload delle immagini.

È stato proprio questo lo spunto di *3D REstore And Development* (3Read, s.d.), un progetto di ricerca e sviluppo finanziato dal *Fondo Europeo di Sviluppo Regionale* nell’ambito del programma operativo 2014-2020 della Regione Lazio e sviluppato da un’aggregazione guidata da Kauri BS spa e che ha visto coinvolti Sapienza Università di Roma, Link Campus University, e Teleconsys Srl. La soluzione software messa a punto nel corso del progetto contempla diversi moduli tra cui uno che consente agli utenti di caricare le proprie immagini nel sistema ottenendo come risultato diversi tipi di elaborazioni 3D che vanno dalle nuvole di punti fino a proposte di lettura semantica degli oggetti architettonici compatibili con sistemi BIM.

Fin dalle prime fasi di lavoro è stato immediatamente chiaro come nel modulo che si sarebbe occupato dell’elaborazione delle immagini caricate dall’utente dovessero trovare in qualche modo posto anche le immagini che ormai costituiscono il riferimento standard globale per gli oggetti costruiti, ovvero quelle di *Google Maps* e *Google Street View*. L’idea originale si prefiggeva come obiettivo l’utilizzo dei panorami sferici come dato di partenza su cui fondare le successive elaborazioni SfM.

Le potenzialità di questo approccio crediamo siano evidenti: assicurare un seppur preliminare e magari poco accurato insieme di dati metrici capaci però di garantire una copertura globale in senso letterale. È proprio investigando questa possibilità che ci siamo imbattuti nei primi articoli che mostravano come tra i metadati delle immagini Google si annidassero dati metrici rilevati da sensori montati sugli apparati di acquisizione che potevano convenientemente essere estratti ed esportati sotto forma di nuvole di punti.

Nei paragrafi che seguono tenteremo quindi di mostrare i primi e preliminari risultati di questa ricerca suggerendo le possibili fasi successive di sviluppo.

## Il database di *Google Street View*

Nel 2007 *Google lancia Street View*, la componente di *Google Maps* nasce per corredare e correlare la visualizzazione in mappa dell'intero globo con panorami sferici 360° navigabili. Al di là delle ben note ricadute che il servizio ha per la fruizione di contenuti da parte di un pubblico estremamente ampio ed eterogeneo, questa integrazione del servizio entra in maniera dirimpente nell'ambito della documentazione del patrimonio costruito [2].

Un immediato riscontro delle potenzialità di tale strumento riguarda, ad esempio, la possibilità di visualizzare i cambiamenti che i paesaggi urbani e quelli naturali hanno subito nel corso degli anni. La funzione *Time machine*, macchina del tempo, è legata a più acquisizioni fotografiche di una stessa area realizzate a più riprese nel tempo, ciò ha permesso di rintracciare l'immagine passata di luoghi profondamente compromessi per cause naturali o antropiche. È il caso del centro storico di Amatrice che, distrutto con gli eventi sismici del 2016, conserva, nei panorami di *Street View*, la sua configurazione pre-sisma. Anche grazie all'utilizzo di questi dati, alcune sperimentazioni hanno riguardato la ricostruzione tridimensionale del sito e dei suoi caratteri architettonici ed urbani (Calvano & Guadagnoli 2016). Oltre a restituire l'immagine di un luogo, una sequenza di panorami sferici, opportunamente elaborati, può essere utilizzata come base per l'estrazione di dati tridimensionali relativi alla morfologia dei luoghi (Calvano & Wahbeh, 2014) contribuendo alle operazioni di modellazione 3D con un livello di dettaglio coerente con il contenuto informativo di ogni singolo panorama. In questo quadro, appaiono chiare le potenzialità di *Google Street View* interpretato come database virtuale massivo utilizzabile per lo studio e l'analisi dalla scala architettonica a quella urbana. Aldilà del valore legato alla diacronicità delle acquisizioni, un ulteriore elemento di indubbio interesse riguarda l'estensione delle acquisizioni: ad oggi, secondo quanto dichiarato dalla stessa azienda, *Google Street View* copre le strade percorribili in più di 80 stati [3] (fig. 2). Avere la possibilità di accedere, in maniera più o meno automatizzata, a tale enorme sorgente dati, permette, potenzialmente, di effettuare prime verifiche di carattere morfologico, dimensionale e comparativo ampliando il campo di indagine anche ad aree molto estese e consentendo lo studio di luoghi non facilmente accessibili per ragioni di sicurezza o, più semplicemente, per ragioni legate alla distanza fisica.

**Fig. 2**

In evidenza in celeste, la copertura delle immagini di *Google Street View* su scala mondiale. Immagine tratta da <<https://www.google.com/intl/it/streetview/explore/>> (ultimo accesso 28 luglio 2021).



## Le tipologie di dato connesse alla documentazione

Rispetto a queste promettenti linee di sviluppo, si pone un problema legato all'accessibilità e alle possibilità di utilizzo e trasformazione dei dati. Prima di affrontare la questione, occorre definire le tipologie di dato più interessanti rispetto al tema della documentazione. Nello specifico, infatti, lo studio qui presentato prende in considerazione i panorami sferici 360°, visualizzabili grazie alla componente *Street View* di *Google Maps*, le mappe di profondità a essi annessi e i modelli tridimensionali di superficie visualizzabili direttamente in *Google Maps* e realizzati a partire da immagini acquisite in quota sfruttando processi di tipo fotogrammetrico. Queste tre tipologie di prodotto, difatti, sono necessarie per l'integrazione di dati 2D, legati ad aspetto e colore delle superfici, e dati 3D, utili per l'elaborazione di modelli digitali capaci di rappresentare l'oggetto reale nelle sue proprietà spaziali.

Proprio con questo obiettivo, lo studio condotto mira a comprendere quali siano le procedure percorribili di estrazione di tali dati nell'ottica di incentivare gli studi sul patrimonio costruito dal punto di vista dello sviluppo storico, architettonico ed urbano, dal punto di vista della conservazione e della rappresentazione.

Riguardo i prodotti di *Street View*, ossia i panorami sferici e le mappe di profondità, attualmente, si pongono limitazioni nel download così come nell'estrazione di informazioni di immagini panoramiche per usi separati dai servizi *Google* [4], a fronte di ciò, ne è invece permesso l'utilizzo come collegamento HTML e URL o mediante le API di *Google Maps*. Questa politica, che è, allo stato attuale, in rapidissima evoluzione, ha permesso negli anni diverse sperimentazioni legate alla visualizzazione delle informazioni spaziali provenienti da *Street View*. Il costante aggiornamento delle API *Google*, tuttavia, rende spesso di breve vita codici di estrazione e librerie sviluppate da terzi.

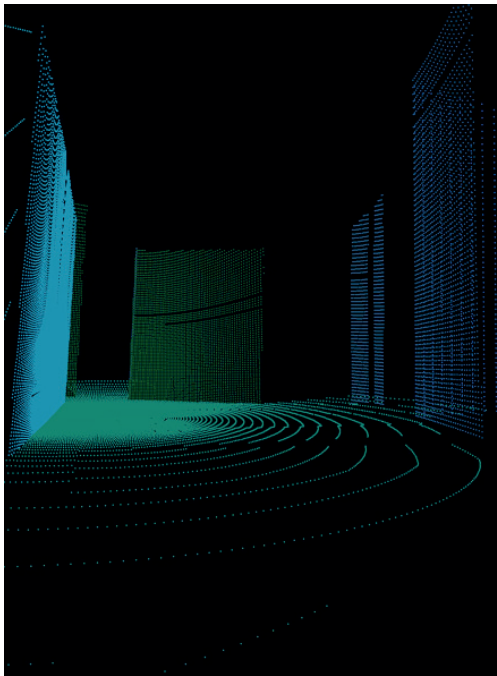
La sperimentazione di seguito illustrata segue lo stesso percorso: avviata a settembre 2020 è stata successivamente interrotta proprio a causa di un profondo aggiornamento dei termini di utilizzo e delle API. Un discorso sostanzialmente analogo riguarda i modelli 3D visualizzabili attraverso *Google Maps*, anche in tal caso, infatti, si applicano restrizioni in merito al download ed utilizzo dei dati.

Nella direzione opposta, invece, l'ampliamento del database esistente di *Street View* con panorami generati da terze parti è

**Fig. 3**

Piazza Borghese, Roma. A sinistra, nuvola di punti in visualizzazione normal map; a destra, panorama 360° di *Google street view* (86 Largo della Fontanella di Borghese - *Google Maps*, ultimo accesso il 28 luglio 2021).





fortemente incoraggiato per promuovere collaborazioni con aziende e privati. A tal proposito, l'azienda fornisce linee guida chiare e indicazioni sulla strumentazione da impiegare per poter caricare in piattaforma i propri contenuti. In questo senso, *Google Maps* si pone non solo come contenitore di dati prodotti da terzi ma offre, per chi decide di mettere il proprio materiale in condivisione, strumenti di analisi e di marketing pubblicitario [5].

La situazione attuale potrebbe avere nel prossimo futuro un notevole mutamento connesso al forte balzo tecnologico in avanti nelle sperimentazioni di guida autonoma. In tal senso, la possibilità di avere accesso a mappe di profondità istantanee e di poterle elaborare i dati diviene una condizione forse imprescindibile. Ciò potrebbe significare un profondo investimento, sia in termini strettamente economici che di ricerca da parte di specialisti e sviluppatori coinvolti proprio su questo tema. Il progetto *Waymo Driver*, ad esempio, è iniziato come *Google self-driving car* nel 2009 [6] e mappa lo spazio servendosi di una suite di sensori – *LIDAR*, radar e fotocamera – in grado di costruire in real-time lo spazio circostante per poi applicare sistemi di machine learning per la guida autonoma (fig. 5). In questi termini, le possibilità di condivisione di dati tridimensionali acquisiti da tali vetture potrebbero aumentare esponenzialmente incidendo sullo sviluppo software e hardware di sistemi di gestione e conversione di nuvole di punti e modelli 3D.

### **Stato dell'arte della ricerca**

Le prime sperimentazioni sull'estrazione di nuvole di punti da panorami sferici di *Google Street View* risalgono fino a pochi anni dopo il lancio della piattaforma di *Google*. La questione viene introdotta già nel 2010 in un articolo sulla rivista *Computer* della IEEE Computer Society a firma di diversi dipendenti di *Google* (Anguelov et al., 2010). Nel giugno del 2009, mentre la mappatura delle città comincia a prendere piede in maniera consistente anche al di fuori degli Stati Uniti, la tecnologia alla base delle acquisizioni di *Street View* subisce importanti miglioramenti hardware e software: le *Google car* vengono dotate di nuove camere sferiche di terza generazione (fig. 6) denominate *R5* [7], mentre nell'interfaccia di navigazione del sistema viene introdotta la cosiddetta *smart navigation* [8], che ancora oggi consente all'utente di esplorare in

maniera immersiva i panorami sferici. Grazie a questa importante innovazione, il puntatore del mouse può assumere differenti conformazioni a seconda della giacitura della superficie ritratta nell'immagine e diventare più piccolo man mano che si allontana dal centro di proiezione, contribuendo all'illusione di profondità e consentendo di aggiungere ulteriori layer di informazioni al panorama. Questa innovazione è stata resa possibile dall'introduzione di un sensore *LIDAR* nella camera R5, che consente di acquisire dati al fine di ottenere una mappa di profondità che può essere caricata rapidamente nel sistema. La mappa è in bassa risoluzione, l'immagine viene compressa con un algoritmo *loseless* fino a pesare pochi kilobyte e venire integrata nel codice; ciò comporta che le informazioni estratte dalla nuvola di punti sono molto essenziali. La mappa rappresenta solamente le grandi superfici, andando ad ignorare dettagli architettonici minuti e oggetti piccoli come persone o automobili. Ne risulta una sorta di 'volumetrico grezzo' contenente le sole principali informazioni geometriche essenziali al funzionamento dell'interfaccia di *smart navigation*.

Questi dati 'nascosti' all'interno del codice di *Street View* hanno dato spunto a diverse esperienze atte a sfruttarne le potenzialità. *Google* stessa, una volta avviata la campagna di acquisizione *LIDAR*, ha utilizzato le mappe di profondità per ottimizzare i modelli 3D di *Google Earth*, migliorandone notevolmente la qualità visiva e l'accuratezza dei modelli (Anguelov et al., 2010). Altre esperienze di ricerca (Cavallo, 2015) hanno portato alla definizione delle fasi del processo di estrazione delle nuvole: estrazione del panorama sferico sviluppato sul piano, elaborazione della mappa di profondità, creazione della nuvola di punti. Questo processo è stato utilizzato dal ricercatore indipendente Patricio Gonzalez Vivo che nel 2014 ha realizzato *Point Cloud City*, un'esperienza sperimentale di estrazione automatica di nuvole di punti da *Street View* che si compongono in tempo reale [9].

### **La sperimentazione**

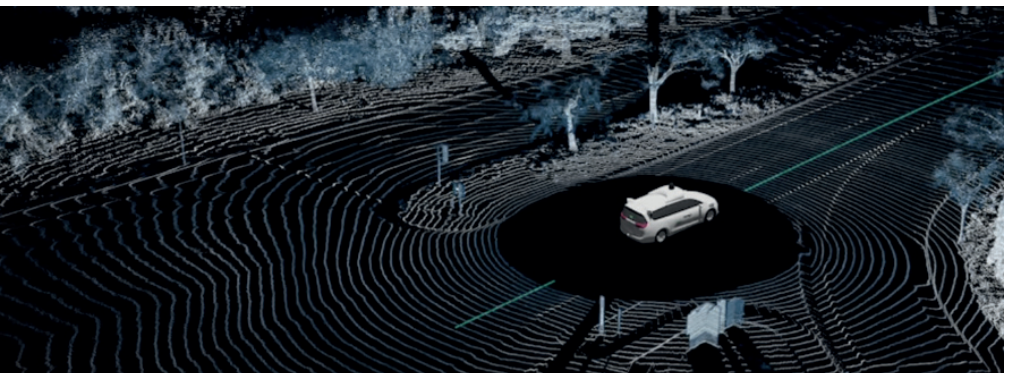
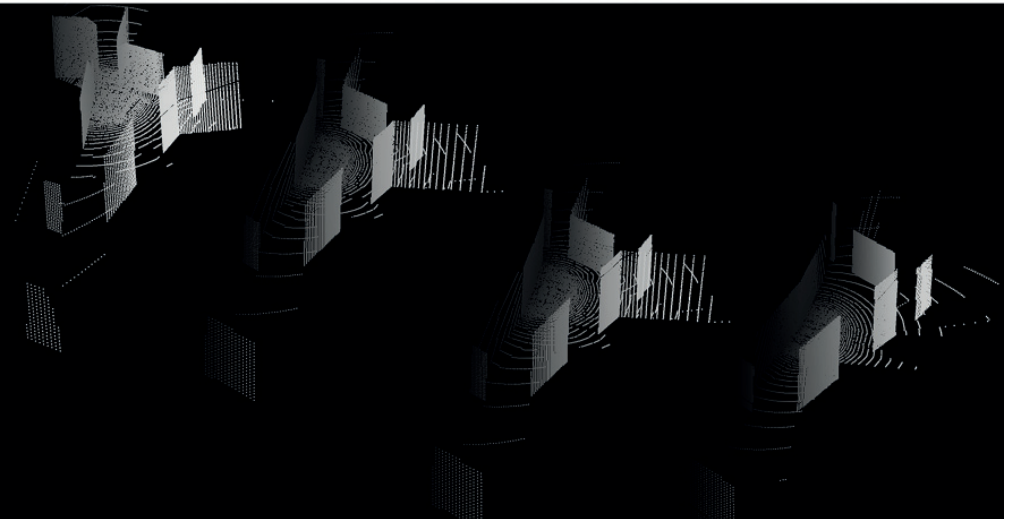
La sperimentazione che qui si presenta riguarda la zona di piazza Borghese in Roma e largo Fontanella Borghese. Le nuvole di entrambi gli invasi sono state ottenute con i processi precedentemente descritti (figg. 1, 3). Le nuvole si presentano

come estremamente semplici e descrittive dei soli volumi maggiori degli edifici che definiscono. Ciò risulta particolarmente evidente proprio nel caso studio scelto: i monumentali edifici ricchi di decorazioni del centro storico di Roma, normalmente caratterizzati da dettagli architettonici, ci appaiono scarni, ridotti alle loro geometrie essenziali, privi anche di bucatore.

Le prime acquisizioni 360° di *Google Street View* furono realizzate con una Dodeca 2360, prodotta da *Immersive media* [10]. Questo strumento è composto da undici sensori montati sulle facce di un dodecaedro lasciando un cono d'ombra di 60° verso il basso. Da allora, gradualmente, i sensori fotografici sono stati affiancati e integrati con altri tipi di sensori per velocizzare il processo di elaborazione dei dati e di montaggio delle sequenze di panorami e per permettere la geolocalizzazione ed il controllo delle condizioni ambientali. Dal 2017 le *Google cars* permettono di acquisire, in parallelo alle immagini fotografiche, dati sulla conformazione 3D degli ambienti e, recentemente, anche sui livelli di inquinamento. Grazie a questa molteplicità di sensori, ad ogni immagine equirettangolare disponibile attraverso *Google Street View*, corrisponde una mappa di profondità ottenuta associando ad ogni pixel RGB un valore relativo alla distanza tra il sensore e l'area sull'oggetto reale che quel pixel rappresenta [11]. Dal punto di vista metodologico, avendo le informazioni relative alla localizzazione del panorama, alla disposizione dei pixel ed alla distanza tra sensore ed oggetti, è possibile convertire la mappa di profondità in una tripletta di coordinate cartesiane utili a collocare nello spazio 3D ogni pixel contenuto nell'immagine equirettangolare [12]. Questo processo prende in considerazione un sistema di coordinate polari sferiche, definito dai valori UV, che riguardano la posizione di ogni pixel rispetto all'immagine, e D, che riguarda la distanza tra centro di proiezione ed oggetto; per trasformarlo in un sistema di coordinate cartesiane,  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , sfruttando le proprietà di triangoli simili. Il risultato di tale operazione è una nuvola di punti tridimensionale texturizzata con i dati RGB derivati dall'equirettangolare [13]. Il processo seguito per estrarre i dati da *street view* ricalca quelli descritti nello stato dell'arte: estrazione dell'immagine equirettangolare, elaborazione della mappa di profondità, creazione della nuvola di punti. Per l'estrazione del panorama sferico (fig. 4), si possono seguire due procedimenti: il primo, automatizzato, consiste nell'utilizzare un applicativo come *Street View Download 360* che consente il

**Fig. 4**  
Piazza Borghese, Roma. In alto, immagine equirettangolare dell'area; in basso, nuvole di punti corrispondenti a diversi panorami 360° di *Google street view* visualizzate per valori di profondità.

**Fig. 5**  
Nuvola di punti real time generata mediante acquisizione LIDAR utilizzata per veicoli a guida autonoma. Immagine tratta da <<https://waymo.com/waymo-driver/>> (ultimo accesso il 28 luglio 2021).



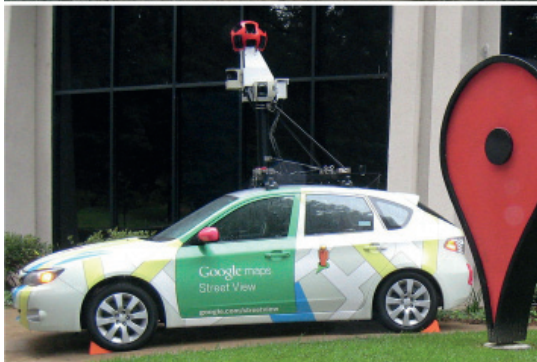
download una volta noto il suo ID identificativo definendo risoluzione e formato di esportazione. Un altro metodo, manuale, consiste nell'estrarre attraverso un'apposita API i 28 *tiles* che compongono il panorama. Ogni *tile* ha una risoluzione di 512x512, per poi montarli insieme prevedendo una sovrapposizione significativa. Attraverso l'applicativo *openFrameworks ofxStreetView* [14] è possibile convertire questi dati in una mappa di profondità sferica 512x256, all'interno della quale ad ogni pixel è associata una relativa profondità ed ottenere di conseguenza la nuvola di punti relativa.

### Considerazioni sugli aspetti percettivi

Una volta ottenute le nuvole di punti, è possibile proporre una riflessione sulle caratteristiche percettive di quest'immagine della città. I modelli estratti da *Street View* sono caratterizzati da un'estrema sintesi di informazioni: si tratta di nuvole di punti molto rade nate dall'esigenza di descrivere delle semplici giaciture e delle geometrie ridotte all'essenziale. I dettagli spariscono e le forme si semplificano in volumi architettonici schematici definiti da pochi radi punti. L'immagine della città che viene restituita è una rappresentazione urbana eterea, un modello esplorabile del tessuto urbano a bassa densità di informazioni, teso a valorizzare una visualizzazione d'insieme della città. Nel caso studio raccontato in queste pagine, si è arrivati ad isolare le singole nuvole estratte dalle singole immagini equirettangolari, ma l'obiettivo ultimo della ricerca in corso è quello di riuscire a connettere tra loro in maniera automatizzata le singole nuvole alla loro localizzazione spaziale, arrivando a generare in tempo reale una mappa urbana digitale che racconti lo spazio attraverso pochi punti diradati che mostrano delle architetture che si dissolvono, generando trasparenze suggestive ma contemporaneamente supportata da valori metrici approssimati ma corretti. A oggi è possibile solo mostrare dei brani di tale mappa (le singole nuvole) ma la mappa urbana digitale potrà mostrare inoltre la generazione dei percorsi rappresentati attraverso la proiezione in pianta del cerchio dello scanner: l'insieme delle posizioni delle camere sferiche nello spazio diviene un percorso. L'obiettivo che si propone la ricerca, quindi, è di riuscire a generare la nuvola in tempo reale man mano che si esplora la pianta, facendo comparire gradualmente la nuvola

#### Fig. 6

Lo sviluppo degli strumenti di acquisizione di *Google street view*. Dall'alto verso il basso: sistema di fotocamere, GPS e *LIDAR* personalizzati per la sperimentazione e collegati ad un processore all'interno del veicolo, sistema Dodeca 2360 della Immersive media, sistema *Ladybug* della *Point Grey Research*, sistema combinato *LIDAR* velodyne e camere HD.



mentre si prosegue nel percorso, rendendo interattiva la fruizione della mappa e attribuendo quindi anche un valore all'aspetto temporale dell'esplorazione degli spazi che si svelano gradualmente man mano che ogni nuvola viene aggiunta alla mappa.

## Conclusioni

Le nuvole di punti costituiscono, a oggi, il primo prodotto veramente utile di gran parte dei processi di conoscenza legati al rilievo, sia su scala architettonica che urbana. In maniera ormai condivisa tra i ricercatori, l'idea di poter utilizzare dati già esistenti, a patto che risultino ripercorribili i processi di elaborazione e i parametri di accuratezza, è oggi alla base del principio di trasparenza e democratizzazione del rilievo. In questa chiave, l'opportunità di acquisire nuvole di punti direttamente dal più esteso database del mondo in tale ambito gioca un ruolo decisamente strategico. Proprio in questa direzione si colloca la sperimentazione qui riportata, finalizzata a rendere esplicite le procedure di estrazione del dato e di valutarne le caratteristiche da un punto di vista quantitativo. Parallelamente, la possibilità di investigare questo tipo di prodotto non solo per ciò che concerne gli aspetti legati alla misura ma anche da un punto di vista percettivo, mette in risalto un notevole potenziale d'impiego che lascia ampio spazio ad analisi ed applicazioni non ancora esplorate. In definitiva, se, da un lato, diviene sempre più semplice pensare allo sviluppo di meccanismi di condivisione di informazioni 3D sempre più automatizzati e di facile utilizzo, occorre, invece, porre l'attenzione, sulle reali potenzialità che questo scenario può offrire nell'ambito della documentazione.

## Note

[1] *Tango* è un progetto sperimentale sviluppato da *Google* per smartphone e tablet, basati su *Android* che ha visto la sua nascita nel 2013 e che ha smesso di essere sviluppato il 1° marzo 2018 per lasciare il posto ad un nuovo progetto con il medesimo fine e denominato *ARCore*. L'obiettivo principale del progetto era portare in tutti gli smartphone futuri un pacchetto hardware/software in grado di eseguire in locale esperienze di AR/MR (*Augmented Reality/ Mixed Reality*). Ciò è reso possibile dalla realizzazione di un dispositivo in grado di ricavare, mediante apposita sensoristica di



rilevamento inerziale, la posizione del dispositivo senza far uso di alcun tipo di segnale esterno, al fine di migliorare le possibilità offerte agli sviluppatori nella creazione di nuove tipologie di esperienze utente altrimenti non realizzabili.

[2] Per l'utilizzo di panorami sferici 360° come strumento di misurazione e documentazione dello spazio, si rimanda a Fangi, 2007, 2019.

[3] Per indicazioni sull'estensione delle immagini di *Google Street View* e le procedure di elaborazione, si rimanda a <<https://www.google.com/intl/it/streetview/explore/>> (ultimo accesso 15 luglio 2021)

[4] Riguardo le policy attuali sull'utilizzo dei dati provenienti da *Google Street Map* si rimanda a <[https://www.google.com/intl/it\\_ALL/permissions/geoguidelines/](https://www.google.com/intl/it_ALL/permissions/geoguidelines/)> (ultimo accesso 28 luglio 2021).

[5] Riguardo le possibilità di condivisione dei panorami *street view* da parte di utenti terzi ed i case study, si rimanda a <<https://www.google.com/streetview/business/>> (ultimo accesso 15 luglio 2021).

[6] Riguardo le specifiche tecniche ed il livello di sviluppo del progetto, si veda <<https://blog.waymo.com/2020/03/designing-5th-generation-waymo-driver.html>> (ultimo accesso 15 luglio 2021).

[7] Per una storia sintetica delle camere di *Google Street View* si rimanda a <<https://www.trekview.org/blog/2019/history-of-google-street-view-cameras/>> (ultimo accesso 15 luglio 2021).

[8] “Street View supports a unique 3D navigation mode known as ‘click-to-go’, which lets users click their mouse on a point in the scene and be transported to the image nearest to that point’s 3D location [...] users can also hover the cursor over the image and see a floating shape that shrinks in proportion to the depth and follows the underlying surface’s normal geometry. Enabling such a feature requires the creation of a depth map that stores the distance and orientation of every point in the scene. As the imagery has a very high resolution, we compute a low-resolution depth map that can be quickly loaded over the network” (Angelov et al., 2010, p. 35).

[9] L'intero progetto è consultabile su <<http://patriciogonzalezvivo.com/2014/pointcloudcity/>> (ultimo accesso 15 luglio 2021).

[10] Per informazioni sul prodotto e sulla casa produttrice, si rimanda a <<https://www.wired.com/2007/06/immersive-media/>> (ultimo accesso 15 luglio 2021).

[11] Questa tipologia di immagine è definita RGBD (Red, Green, Blue, Depth) in cui ogni pixel è definito dalle coordinate u,v,d secondo un sistema di coordinate polari sferiche.

[12] Sul tema, Bruno & Roncella (2019) hanno condotto una sperimentazione per valutare l'accuratezza di procedure di estrazione di informazioni tridimensionali combinando mappe di profondità ed equirettangolari provenienti da *Google Street View* attraverso processi di tipo fotogrammetrico.

[13] La sperimentazione condotta da Torii, Havlena e Paidla (2009) mostra dei primi risultati sulla correlazione tra nuvole di punti e immagini equirettangolari

acquisite mediante *Google Street View*. Il caso studio analizza i possibili processi fotogrammetrici applicabili e le procedure di bundle adjustment per l'ottimizzazione dei valori di accuratezza del posizionamento delle camere.

[14] <<https://github.com/patriciogonzalezvivo/ofxStreetView>> (ultimo accesso 15 luglio 2021).

## Bibliografia

- Angelov, D., Dulong, C., Filip, D., Frueh, C., Lafon, S., Lyon, R., Ogale, A., Vincent, L., & Weaver, J., (2010) Google Street View: capturing the world at street level. *Computer*, 43(6), 32-38. <https://ieeexplore.ieee.org/document/5481932>
- Bianchini C., Senatore L. J., & Campana, L. (2018). Rilievo 2.0: dalla teoria alla pratica. In R. Salerno (Ed.), *Rappresentazione materiale/immateriale. Drawingas (in)tangible representation. Atti del 40° Convegno Internazionale deidocenti delle discipline della rappresentazione*, XV Congresso UID (pp. 329-342). Gangemi editore.
- Bianchini, C. (2012). Rilievo e metodo scientifico. In L. Carlevaris, & M. Filippa (Eds.), *Elogio della Teoria, 40 Convegno Internazionale dei docenti della Rappresentazione* (pp. 391-400). Gangemi Editore.
- Bianchini, C. (2014a). Survey, modeling, interpretation as multidisciplinary components of a Knowledge System. *SCIRES-IT-SCIENTIFIC RESEARCH and Information Technology*, 4(1), 15-24.
- Bianchini, C. (2014b). Survey 2.0: new technologies, new equipment, new surveyors. *Italian Survey & International Experiences*, 763-768.
- Bianchini, C., & Catena, L. (2019). The Democratization of 3D Capturing: An Application Investigating Google Tango Potentials. *International Journal of Humanities and Social Sciences*, 13(5), 582-586.
- Bianchini, C., & Russo, M. (2018). Massive 3D acquisition of CH. In *2018 3rd Digital Heritage International Congress (DigitalHERITAGE) held jointly with 2018 24th International Conference on Virtual Systems & Multimedia (VSMM 2018)* (pp. 1-8). IEEE.
- Bruno, N., & Roncella, R. (2019) Accuracy assessment of 3d models generated from google street view imagery. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W9, 181-188. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W9-181-2019>
- Brusaporci, S. (2017). The Importance of Being Honest: Issues of Transparency in Digital Visualization of Architectural Heritage. In A. Ippolito, & C. Inglese (Eds.), *Handbook of Research on Emerging Technologies for Architectural and Archaeological Heritage*. IGI Global.

- Calvano, M., & Guadagnoli, F. (2016). 3D reconstruction of the city of Amatrice. An “instant modelling” operation. *DISEGNARECON*, 9(17), 7.1-7.9.
- Calvano, M., & Wahbeh, W. (2014). Disegnare la Memoria. L'immagine della città attraverso la rappresentazione integrata - Drawing the Memory. The image of the city through the integrated representation. *DISEGNARECON*, 7(13), 1-12.
- Cavallo, M. (2015). 3D City Reconstruction from Google Street View. *Computer Graphics Journal*.
- Fangi, G. (2019) Aleppo before and after the war 2010–2018, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W15, 449 - 456. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W15-449-2019>
- Fangi, G. (2007). The Multi-image Spherical Panoramas as a Tool for Architectural Survey. *ISPRS International Archives of Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XXXVI, Part. 5/C53, *CIPA Archives*, XXI, 311-316.
- Torii, A., Havlena, M., & Pajdla, T. (2009). From Google Street View to 3D City models. *IEEE 12th International Conference on Computer Vision Workshops, ICCV Workshops* (pp. 2188-2195). doi:10.1109/ICCVW.2009.5457551
- 3Read (s.d.). Home/3Read <[www.http://3read.it/](http://3read.it/)> (ultimo accesso 15 luglio 2021).