

Analisi multitemporale di immagini satellitari per il monitoraggio di aree colpite da alluvione

Francesca Trevisiol (a), Pietro Mattivi (a), Gabriele Bitelli (a)

(a) Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali (DICAM), Università di Bologna, francesca.trevisiol2@unibo.it, pietro.mattivi2@unibo.it, gabriele.bitelli@unibo.it

Introduzione

Le serie multitemporali di immagini telerilevate rappresentano uno strumento essenziale per il monitoraggio di fenomeni caratterizzati da stagionalità, come avviene ad esempio in agricoltura. Tale tipo di monitoraggio, esteso a intervalli temporali sempre più ampi, è reso possibile dalla grande disponibilità di immagini gratuite e moderni strumenti di calcolo.

In tale contesto si inserisce Google Earth Engine (GEE), piattaforma di analisi geospaziale basata su *cloud*, ideata per archiviare e processare grandi moli di dati (Gorelick et al., 2017). A partire dal 2010 GEE mette a disposizione degli utenti gratuitamente oltre 40 anni di immagini satellitari e altri *dataset* geospaziali come ad esempio modelli digitali del terreno, dati climatici, meteo e demografici (Mutanga and Kumar, 2019). Oltre a questo enorme *data warehouse*, GEE offre le capacità di calcolo di Google e gli algoritmi per l'elaborazione di tali dati. La relativa semplicità di questo strumento rende accessibile la nuova frontiera dell'analisi di Big Data telerilevati (Casu et al., 2017), che per essere elaborati richiederebbero altrimenti notevoli capacità di calcolo e spazio di archiviazione, traducibili in un'ingente spesa in hardware e software.

Tali caratteristiche rendono GEE una piattaforma che ha trovato recentemente applicazione in diversi ambiti: mappatura e monitoraggio della vegetazione, mappatura del land-cover/use e gestione delle catastrofi (Mutanga and Kumar, 2019). In particolare, GEE risulta uno strumento particolarmente adatto alle applicazioni in ambito agricolo su diversa scala, quali la stima del raccolto, la mappatura delle aree coltivate, la valutazione della vulnerabilità a malattie e parassiti.

Caso di studio

Il presente lavoro, sfruttando le potenzialità offerte da GEE, si propone di studiare l'evoluzione nel tempo della copertura di alcuni campi agricoli attraverso l'analisi di lunghe serie temporali di immagini satellitari. A questo scopo si è scelto di utilizzare i dati open disponibili nel catalogo GEE (Google, 2019) delle missioni satellitari Landsat, le quali offrono la più lunga e continua serie di dati di osservazione della superficie terrestre da satellite (Irons et al., 2012). Nello specifico l'analisi ha considerato le immagini acquisite dal sensore ETM di Landsat 5 tra il 1984 e il 2012 e dal sensore OLI di Landsat 8 dal 2013

ad oggi, opportunamente filtrate in base alla copertura nuvolosa sull'area di interesse.

Attraverso lo studio nel tempo della copertura dei campi è possibile individuare dei *pattern* ricorsivi dello sviluppo fenologico della vegetazione, permettendo di definire il tipo di coltura (primaverile-estiva o autunno-vernina) e, di conseguenza, l'individuazione di possibili comportamenti anomali.

Il caso di studio ha riguardato aree agricole presenti sul territorio della regione Emilia-Romagna per le quali sono disponibili dati storici indicanti il tipo di coltura e recentemente interessate da episodi alluvionali.

Conclusioni

Lo studio ha confermato le potenzialità della piattaforma Google Earth Engine per l'analisi multisensore di lunghe serie temporali di immagini satellitari con interessanti riscontri e possibili sviluppi in ambito agricolo. Tale lavoro rappresenta la fase preliminare per la messa a punto di una procedura standardizzabile per lo studio dell'andamento fenologico delle coltivazioni nel tempo, per il riconoscimento e la classificazione del tipo di coltura e infine per il monitoraggio dei danni causati da eventi estremi.

Riferimenti bibliografici

- Casu, F., Manunta, M., Agram, P.S., Crippen, R.E., (2017). "Big Remotely Sensed Data: tools, applications and experiences". Remote Sensing of Environment. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.09.013>
- Google, (2019). Earth Engine Data Catalog [WWW Document]. URL <https://developers.google.com/earth-engine/datasets>
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., Moore, R., (2017). "Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone". Remote Sensing of Environment. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- Irons, J.R., Dwyer, J.L., Barsi, J.A., (2012). "The next Landsat satellite: The Landsat Data Continuity Mission". Remote Sensing of Environment 122, 11–21. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.08.026>
- Mutanga, O., Kumar, L., (2019). "Google Earth Engine Applications". Remote Sensing 11, 591. <https://doi.org/10.3390/rs11050591>

Estensione ed integrazione del modello dei DBGT nel contesto delle infrastrutture ferroviarie

Grazia Tucci ^(a), Manuela Corongiu ^(a), Enzo Santoro ^(a), Francesca Panighini ^(a), Andrea Comparini ^(b), Franco Flamigni ^(b), Lorenzo Arcidiaco ^(c)

^(a) Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, via di Santa Marta 3, 50139 Firenze tel+39 055 2758874, grazia.tucci@unifi.it, manuela.corongiu@unifi.it, enzo.santoro@unifi.it, francesca.panighini@unifi.it

^(b) Geoin srl, Via Panciatichi 110, 50127 Firenze tel+39 055 434974 f.flamigni@geoin.it, a.comparini@geoin.it

^(c) Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Bioeconomia, Area della Ricerca di Firenze. Via Madonna del Piano, 10 – 50019 Sesto Fiorentino (FI) tel+39 055 4483036, lorenzo.arcidiaco@ibe.cnr.it

Introduzione e contesto

Il presente intervento si riferisce al caso studio del progetto per la realizzazione di un Modello Unico dell'Infrastruttura Fisica (MUIF) di Rete Ferroviaria Italiana (RFI), dove la fornitura del DataBase GeoTopografico (DBGT) avviene in ottemperanza alla Specifica di Contenuto del National Core (SCNC) di cui al D.M. 10 novembre 2011¹ (AgID, 2015) e con l'adozione dei GeoUML Tools² (Belussi et al., 2013) opportunamente integrato e completato per il caso in esame.

La specifica di contenuto ed il modello implementativo

Per la realizzazione operativa dei DBGT, le SCNC sono state integrate dai documenti delle specifiche tecniche di fornitura e delle specifiche amministrative poiché i dati territoriali descritti nel Catalogo delle SCNC costituiscono solamente un primo nucleo informativo da integrare con altri DB tematici (AgID, 2015). Pertanto, uno specifico documento di progettazione di accompagnamento alla fornitura è stato redatto al fine di dettagliare:

- Le integrazioni effettuate nel catalogo con oggetti di specifico interesse di RFI (*ASSETS*) strutturando in un unico *database* tutte le informazioni necessarie alla committenza. Non tutti gli *ASSETS* sono riconducibili ad oggetti territoriali descritti nelle SCNC, pertanto i contenuti nuovi sono stati modellati sia come classi di oggetti completamente nuove che come integrazione di classi di oggetti presenti rispetto agli attributi ed alle qualificazioni richieste specificamente da RFI.
- Le specifiche del modello implementativo adottato. Le scelte effettuate non hanno riguardato solo il formato fisico (*shapefile* e tabelle), ma soprattutto la definizione degli identificativi univoci, delle associazioni tra classi e loro componenti spaziali, dei domini.

¹ Gazzetta Ufficiale n. 48 del 27/02/2012 - Supplemento ordinario n. 37

² <http://geo.spatialdbgroup.polimi.it/>

- Le specifiche per la rappresentazione cartografica del DBGT. Sono stati selezionati i contenuti del DBGT che concorrono alla rappresentazione cartografica integrata con primitive geometriche di vestizione e di simbolizzazione dei contenuti.

Altre caratterizzanti hanno riguardato:

- Specifiche di inquadramento plano-altimetrico di zone alle scale 1:1.000 (nelle Stazioni Ferroviarie) ed 1:2.000 (lungo una tratta) e relativi vincoli topologici. Entrambe le zone afferiscono a criteri di obbligatorietà definiti nelle SCNC, come punto di partenza della profilazione per l'apporto delle modifiche d'integrazione.
- Specifiche di modellazione di oggetti appartenenti alla zona di 120 m dalla mezzera ferroviaria (DBGT completo e con *ASSETS* integrati), con quelli appartenenti alla zona tra 120m e 500m dalla mezzera ferroviaria (DBGT solo con oggetti del tema edificato), e relativi vincoli topologici.
- Metadati di istanza: sono attributi integrativi comuni a tutte le istanze del DBT e specifici per individuare le tipologie di *ASSET*.

La declinazione da specifiche di contenuto a modello implementativo, dettagliate nel documento di progettazione, è stata dunque il frutto di scelte di merito effettuate a valle dell'analisi dei requisiti ed in prospettiva delle scelte tecnologiche che il Committente dovrà andare ad operare per la gestione di tali archivi. In tale contesto, la valutazione di ogni singola integrazione, profilazione ed implementazione è stato il risultato di un'analisi anche complessa di tutti i fattori in gioco.

Conclusioni

L'implementazione del DBGT si può pregiare del contributo delle SCNC per la definizione delle specifiche di contenuto a livello generale. Per ogni modalità di integrazione dal contenuto di base verso uno specifico tematismo, nel caso in esame le ferrovie, non esistono riferimenti chiari ed univoci su come operare tali estensioni. Allo stesso modo, l'assenza di uno standard fisico per l'implementazione delle basi geografiche tematiche ha costituito una criticità nella scelta delle modifiche ed integrazioni da implementare nel DBGT. Ad esempio, lo standard fisico cui potersi attestare per il caso in esame poteva essere il cityGML³, ma l'assenza di tale modello implementativo tra quelli previsti nel GeoUML, avrebbe richiesto una specifica formulazione in termini di procedure informatiche senza peraltro garantirne una conformità rispetto alle SCNC.

Riferimenti bibliografici

BELUSSI A., MARCA J., NEGRI M., PELAGATTI G., (2013) "La metodologia e gli strumenti GeoUML per definire le specifiche e validare i contenuti dei database geotopografici", GEOmedia, vol.17 n.1, 12-14.

AgID, (2015) "CATALOGO DEI DATI TERRITORIALI Specifiche di contenuto per i DataBase Geotopografici" Gruppo di Lavoro 2, DataBase Geotopografici, versione 2.0, 15 dicembre 2015.

³ CityGML, 2012, OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding, Standard 2.0.0, Open Geospatial Consortium

Software Open Source per la fotogrammetria dei vicini

Giuseppina Vacca

DICAAR, Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura

Abstract

Lo sviluppo della tecnologia nel campo delle camere digitali, della visione artificiale e della ricostruzione 3D degli oggetti, l'implementazione di algoritmi e di automazioni spinte nel software della fotogrammetria multi-immagine hanno portato molti operatori dell'architettura ad avvicinarsi a questa metodologia. Inoltre, grazie all'implementazione dell'approccio Structure from Motion (SfM) anche nel software per la fotogrammetria, sono stati sviluppati software Open Source (OS) facili da usare e con elevate prestazioni e accuratezza. Con l'utilizzo di questi software nuvole di punti, ortofoto ad alta risoluzione e altri prodotti fotogrammetrici possono essere ottenuti per una documentazione accurata e rapida del patrimonio architettonico. L'articolo presenta una panoramica di alcuni di questi software Open Source basati sull'approccio SfM al fine di verificarne il grado di accuratezza ottenibile nella ricostruzione del modello 3D di un'architettura.

Il test sono stati eseguiti su un rilievo fotogrammetrico della cupola della Basilica della Beata Vergine Assunta a Guasila (Sardegna), scelta per il suo valore storico, nonché per le complesse problematiche riguardanti la geometria e lo stato di conservazione delle sue strutture e degli affreschi. La cupola è stata rilevata con una camera Canon EOS M3 e le immagini elaborate con 3 diversi software Open Source basati su SFM. Questi sono VisualSFM, OpenDroneMap e Regard3D. Per la convalida dei risultati la cupola è stata rilevata anche con il laser scanning Faro Focus 3D.

1. Introduzione

Lo sviluppo della tecnologia nel campo delle camere digitali, la visione artificiale e la modellazione 3D ha portato la fotogrammetria terrestre ad un buon livello di popolarità tra gli utenti che si occupano di rilievo architettonico (Jurjević, L. et al., 2017). Inoltre, gli automatismi e gli algoritmi implementati nei software di fotogrammetria multi-immagine, anche con camere *digitali low cost*, hanno portato molti operatori dell'architettura ad avvicinarsi a questa metodologia. In particolare, grazie all'implementazione dell'approccio Structure from Motion (SfM), sono stati sviluppati software open source, facili da usare e con elevate prestazioni e precisione.

Con questi software nuvole dense di punti, ortofoto ad alta risoluzione e altri prodotti fotogrammetrici possono essere ottenuti per una documentazione accurata e rapida del patrimonio architettonico (Grillo et al., 2019). Sono tante, infatti, le applicazioni che utilizzano la fotogrammetria multi-immagine per la modellazione di facciate (Fritsch, D., et al.2013), di edifici (Alidoost, F., et al.2015, Hanan, H., et al. 2015), di monumenti (Suwardhi, D., et al.2015, Murtiyoso, A. et al., 2017), ecc. Allo stato attuale, la fotogrammetria multi-immagine si è dimostrata in grado di ottenere dati con alto valore informativo e di accuratezza.

L'articolo presenta una panoramica di alcuni software Open Source per la fotogrammetria multi-immagine basata sull'approccio SfM al fine di verificare il grado di accuratezza nella ricostruzione del modello 3D di un'architettura.

Il caso studio ha interessato la cupola della Basilica della Beata Vergine Assunta a Guasila (Sardegna), scelta per il suo rilevante valore storico ed estetico, nonché per le complesse problematiche riguardanti la geometria, lo stato di conservazione delle sue strutture. La cupola è stata rilevata con una camera digitale Canon EOS M3 e le immagini elaborate con 3 diversi software Open Source basati su SFM. Questi sono VisualSFM, OpenDroneMap e Regard3D. Per la convalida dei risultati, le immagini sono state elaborate con il software commerciale Photoscan dell'Agisoft. La cupola è stata, inoltre, rilevata con il laser scanning terrestre Faro Focus 3D. Tutte le nuvole di punti sono state confrontate tra loro utilizzando il software Open Cloud Cloud Compare.

2. Materiali e metodi

2.1 La fotogrammetria multi-immagine

La possibilità di ottenere informazioni 3D dalle immagini è strettamente correlata alla capacità di identificare i punti corrispondenti delle immagini che rappresentano lo stesso oggetto (Bartoš, K., et al. 2014). Con l'avvento della fotogrammetria digitale e lo sviluppo e l'applicazione di algoritmi di visione artificiale, sono state favorite le procedure automatiche e semiautomatiche. L'approccio SfM consente la generazione automatica di modelli 3D da una serie di immagini che presentano una certa sovrapposizione, utilizzando gli stessi principi di base della fotogrammetria stereoscopica. Tuttavia, differisce dalla fotogrammetria convenzionale, poiché la geometria viene ricostruita simultaneamente usando una procedura di ridondanza iterativa (Szeliski, R., 2010). Questo processo funziona identificando automaticamente i punti di corrispondenza in più immagini senza richiedere la presenza specifica di punti di controllo a terra (GCP).

Nella figura 1 il flusso di lavoro seguito per la generazione di modelli 3D con i diversi software.

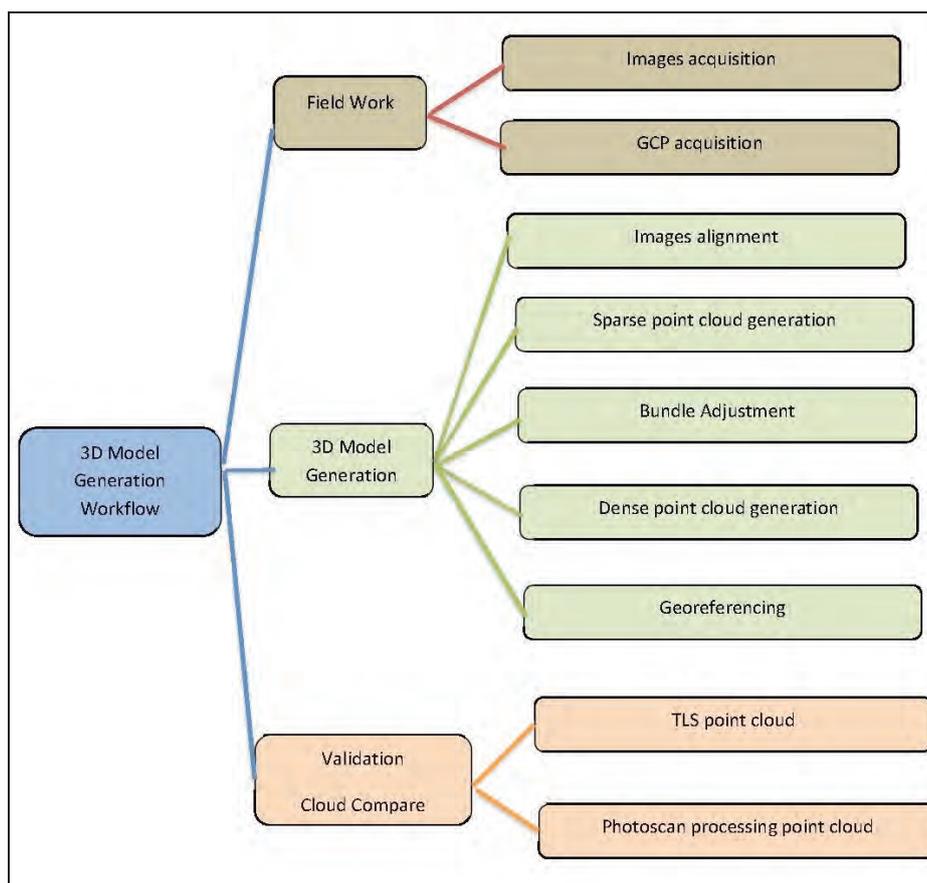


Figura 1: 3D model workflow

Nei paragrafi seguenti una breve descrizione dei software testati.

2.2 VisualSfM

VisualSfM (Fig. 2) è un'applicazione GUI per la ricostruzione 3D di oggetti da immagini usando l'approccio SfM. Il software, sviluppato da Chanchang Wu in collaborazione con l'Università di Washington e Google, è utilizzato per l'allineamento delle immagini mediante la tecnica SfM. Il plug-in per la generazione delle nuvole dense di punti integrato nella sua interfaccia, è il PMVS / CMVS, realizzato da Yasutaka Furukawa (Furukawa, 2010).

Il software offre una vasta gamma di impostazioni, con le quali si può modificare il processo di ricostruzione. Ad esempio, la modifica della risoluzione massima delle immagini, con cui funzionerà l'algoritmo SiftGPU; specifica dell'elenco di coppie di immagini dell'utente per la corrispondenza delle immagini; uso diretto dell'elenco personalizzato delle caratteristiche dell'immagine; utilizzo di rilevatori di funzionalità personalizzate anziché SiftGPU; e altro ancora.



Figura 2: VisualSfM Software

2.3 WebOpenDroneMap

WebOpenDroneMap (WebODM) è un software open source per l'elaborazione di immagini da droni, anche se in questo lavoro il software è stato utilizzato per la fotogrammetria dei vicini.

Il software ODM realizza i seguenti prodotti:

1. Nuvole di punti;
2. Modelli digitali di superficie;
3. Modelli con superficie digitale testurizzata;
4. Immagini ortorettificate;
5. Nuvole di punti classificate;
6. Modelli digitali di elevazione.

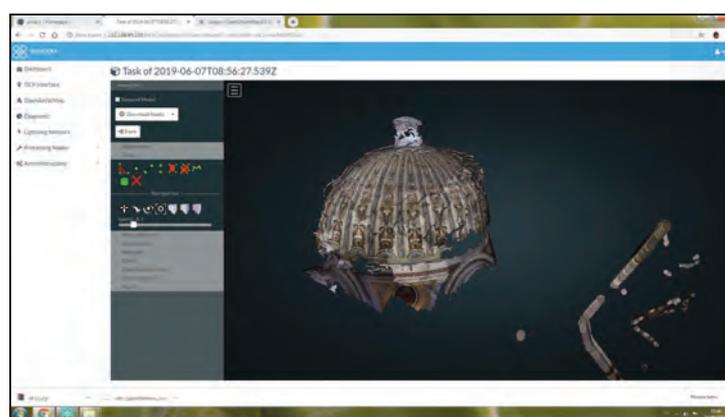


Figura 3: ODM Software

2.4. Regard3D

Regard3D è un software open source, che utilizza l'approccio SfM, in grado di creare modelli 3D. Nella figura 4 un'immagine dell'interfaccia del software.

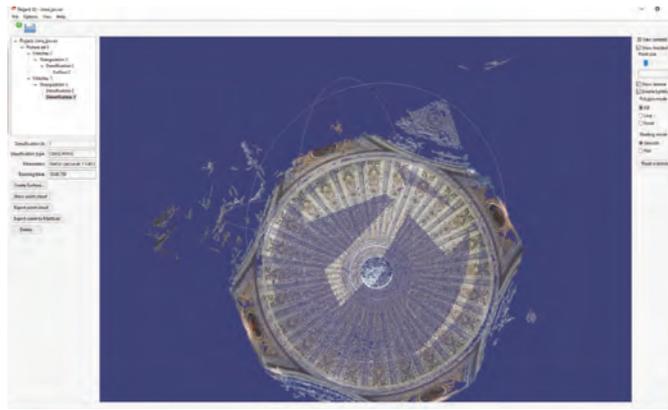


Figura 4: Regard3D

3. La sperimentazione

Il rilievo fotogrammetrico e l'elaborazione di tutte le immagini con i software OS hanno interessato la cupola della Basilica della Beata Vergine Assunta. La Basilica, progettata nel 1839 da uno dei più importanti architetti del novecento in Sardegna, Gaetano Cima, e ufficialmente aperta al culto nel 1852, fu costruita in parziale sovrapposizione su una vecchia chiesa barocca in rovina demolita per il suo stato di obsolescenza. Un elemento di notevole valore è la cupola di questa basilica, chiaramente ispirato al Pantheon di Roma. La struttura emisferica, basata su un tamburo, è larga 16 metri ed è chiusa da una lanterna sostituita probabilmente negli anni '30 durante i lavori di restauro. Internamente, la cupola è completamente dipinta con 24 settori costituiti da elementi geometrici e floreali progettati dallo stesso architetto chiaramente influenzato dallo stile neoclassico in termini di dettagli e colori. Sfortunatamente, la scarsa capacità dei costruttori e le loro scarse abilità su strutture simili hanno portato a numerosi problemi statici, aumentati dalla scarsa qualità dei materiali da costruzione. Nel 1978, l'alto livello di infiltrazioni di pioggia ha causato il distacco di circa il 15% della superficie totale di intonaci dipinti (400 mq), mentre il resto è stato caratterizzato da numerose fessurazioni. Per questo motivo, è stato realizzato uno specifico lavoro di restauro, finanziato dalla Soprintendenza, ridipingendo tutta la cupola interna ma lasciando irrisolti i problemi reali del suo decadimento in corso.

3.1 Metodologia

Il rilievo della cupola è stato realizzato sia con metodologia fotogrammetrica a *low cost* sia con tecnica di scansione laser scanning terrestre (TLS), con l'obiettivo di verificare il livello di accuratezza raggiungibile con i software open source: VisualSfM, WebODM e Regard3D.

Il rilievo fotogrammetrico è stato realizzato con una camera digitale Canon EOS M3 con sensore CMOS 22,3x14,9 mm e una risoluzione di 24,2 Megapixel; obiettivo EF-S 18-55 mm; i formati dei dati di output sono Exif 2.3 (JPEG) e RAW (CR2 Canon originale). Il rilievo fotogrammetrico con EOS M3 è stato eseguito utilizzando una piattaforma mobile, con distanze di presa variabili tra 3 e 8 m. Le immagini acquisite sono state elaborate su una workstation HP

Z420 con 64 GB di RAM, CPU Intel Xeon E5-16200 da 3,60 GHz e scheda video NVIDIA Quadro K2000.

Le immagini sono state elaborate anche con il software Photoscan Agisoft, il software fotogrammetrico commerciale ampiamente utilizzato e testato. L'elaborazione è stata eseguita ad alta risoluzione e la nuvola di punti ottenuta è costituita da 114.453.295 punti.

La cupola è stata, inoltre, rilevata con il laser scanning terrestre Faro Focus 3D. È stata eseguita una sola scansione, da terra, con un'impostazione di risoluzione di ¼ con qualità 3x, corrispondente a una risoluzione di 7 mm/10 m. In questo modo è stata ottenuta una nuvola densa con 9.309.845 punti.

Nella tabella 1 sono riportati i dati ottenuti con i diversi software: n. di immagini utilizzate, n. dei punti della nuvola densa e tempo di elaborazione.

	images	n. points	Time
VSFM	101	696.736	2 h
Regard 3D	101	701.259	4 h
WebODM	101	3.545.806	3 h

Tabella 1

Tutte le immagini sono state elaborate con i parametri predefiniti dei software e georeferenziate utilizzando 5 GCP (con RMS di circa 3-4 cm). Le figure 6,7,8,9 e 10 mostrano le nuvole di punti ottenute con VisualSfM, ODM, Regard3D, Photoscan e con il laser scanning terrestre.



Figura 6: VisualSfM dense point cloud

Figura 7: Regard 3D dense point cloud



Figura 8: ODM dense point cloud

Figura 9: Photoscan dense point cloud



Figura 50: TLS point cloud

3.2 Risultati

Le nuvole di punti ottenute con i software OS sono state validate con quelle provenienti dal software Photoscan e dal rilievo laser scanning, utilizzando il software CloudCompare (software open source). Nello specifico, questa analisi è stata effettuata calcolando la distanza minima tra ogni punto dei modelli utilizzando l'algoritmo nearest neighbour. La tabella 2 riporta i risultati dei confronti tra le nuvole di punti ottenute con TLS e le nuvole di punti di Photoscan. La Tabella 3 riporta invece i risultati dei confronti tra le nuvole di punti ottenute con TLS e le nuvole di punti da VisualSfM, ODM e Regard 3D.

Software	Photoscan
Min (m)	0
Max (m)	0.718
Mean (m)	0.032
Dev. Stand (m)	0.066

Tabella 2

Software	VSFM	ODM	Regard3D
Min (m)	0	0	0
Max (m)	1.06	0.84	0.68
Mean (m)	0.01	0.17	0.00
Dev. Stand(m)	0.04	0.16	0.03

Tabella 3

4 Conclusioni

L'articolo presenta i risultati di un rilievo fotogrammetrico architettonico ottenuti da 3 diversi software Open Source: VisualSfm, OpenDroneMap e Regard3D.

L'uso di VisualSfM è stato facile e immediato, con tempi di elaborazione più rapidi soprattutto rispetto a quelli di Photoscan. Un problema riscontrato è stata la fase di georeferenziazione, che è risultato essere un processo lungo e poco automatizzato. Come mostrato nella figura 6, tuttavia, pur presentando una buona accuratezza, la cupola non è stata completamente ricostruita.

Anche il software Regard3D è stato facile ed immediato da utilizzare, l'accuratezza raggiunta è buona. Il numero di punti della nuvola densa non è molto elevato e anche la sua ricostruzione non è completa (figura 7). ODM ha presentato alcuni problemi nell'elaborazione che è stata eseguita solo con la procedura predefinita. La nuvola di punti ha presentato un buon grado di ricostruzione, mentre l'accuratezza ottenuta è più bassa rispetto agli altri. I test su ODM proseguiranno testando anche gli altri metodi di elaborazione. Il

software, comunque, è molto facile da usare e il processo di calcolo è completamente automatico.

Riferimenti bibliografici

Alidoost, F.; Arefi, H. 2015. An image-based technique for 3D building reconstruction using multi-view UAV images. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.* 2015; XL-1/W5, 43–46.

Bartoš, K.; Pukanská, K.; Sabová, J.; 2014. Overview of available opensource photogrammetric software, its use and analysis. *International. Journal for Innovation Education and Research* 2(4): 62–70.

Furukawa, Y., Ponce, J., 2010. Accurate, dense, and robust mul-tiview stereopsis. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 32(8), pp. 1362-1376.

Fritsch, D.; Becker, S.; Rothermel, M.; 2013. Modeling Façade Structures Using Point Clouds from Dense Image Matching. In *Proceedings of the International Conference on Advances in Civil, Structural and Mechanical Engineering*, Hong Kong, China, 3–4 August 2013; pp. 57–64.

Grillo, S. M.; Pilia, E.; Vacca, G.; 2019. Integrated study of the Beata Vergine Assunta dome with Structure from Motion and diagnostic approaches. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.* 2019, 42–2/W11, 579-585.

Hanan, H.; Suwardhi, D.; Nurhasanah, T.; Bukit, E.S. Batak Toba. 2015. Cultural Heritage and Close-range Photogrammetry. *Procedia Soc. Behav. Sci.* 2015, 184, 187–195.

Jurjević , L., and Gašparović , M., 2017. "3D Data Acquisition Based on OpenCV for Close-range Photogrammetry Applications", *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 377.

Murtiyoso, A.; Grussenmeyer, P.; 2017. Documentation of heritage buildings using close-range UAV images: Dense matching issues, comparison and case studies. *Photogramm. Rec.* 2017, 32, 206–229

Suwardhi, D.; Menna, F.; Remondino, F.; Hanke, K.; Akmalia, R. 2015. Digital 3D Borobudur—Integration of 3D Surveying and Modeling Techniques. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.* 2015, XL-5/W7, 417–423.

Szeliski, R., 2010. *Computer vision: algorithms and applications*. Springer.

La copianificazione dei beni culturali nel Piano Paesaggistico Regionale della Sardegna

Giuseppe Vargiu ^(a), Massimo Bulla ^(a), Maria Carmen Cogoni ^(a), Alessandro Manca ^(a), Sara Pusceddu ^(a), Gabriele Schirru ^(a)

^(a) Regione Autonoma della Sardegna
 Direzione generale pianificazione urbanistica territoriale e vigilanza edilizia
 Servizio pianificazione paesaggistica e urbanistica
 Viale Trieste 186, 09121 Cagliari
 e-mail: givargiu@regione.sardegna.it

Introduzione

Il 5 settembre 2006 la Regione Sardegna ha approvato il Piano Paesaggistico Regionale (PPR) il cui obiettivo, oltre a quello istituzionale derivante dal "Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio" (D.Lgs. 42/2004), è stato quello di riconoscere il paesaggio come elemento chiave del benessere individuale e sociale e caratterizzante la cultura di una comunità. Uno dei temi fondamentali del PPR, elaborato secondo questo approccio, è l'Assetto Storico-Culturale, uno strato di lettura del territorio dedicato unicamente al patrimonio storico-culturale, ovvero le testimonianze storiche che, intrecciate alla natura e all'attività antropica, contribuiscono alla formazione della percezione del paesaggio in coerenza con la Convenzione Europea del Paesaggio. Con questa finalità il PPR ha individuato, in coerenza col Codice, circa 9000 beni culturali di natura archeologica e architettonica, tutelati in via transitoria attraverso un'area di rispetto di 100 metri, demandando ad una fase pianificatoria successiva, di competenza comunale e in accordo con la Regione e il MiBACT, lo studio definitivo dell'area di tutela.

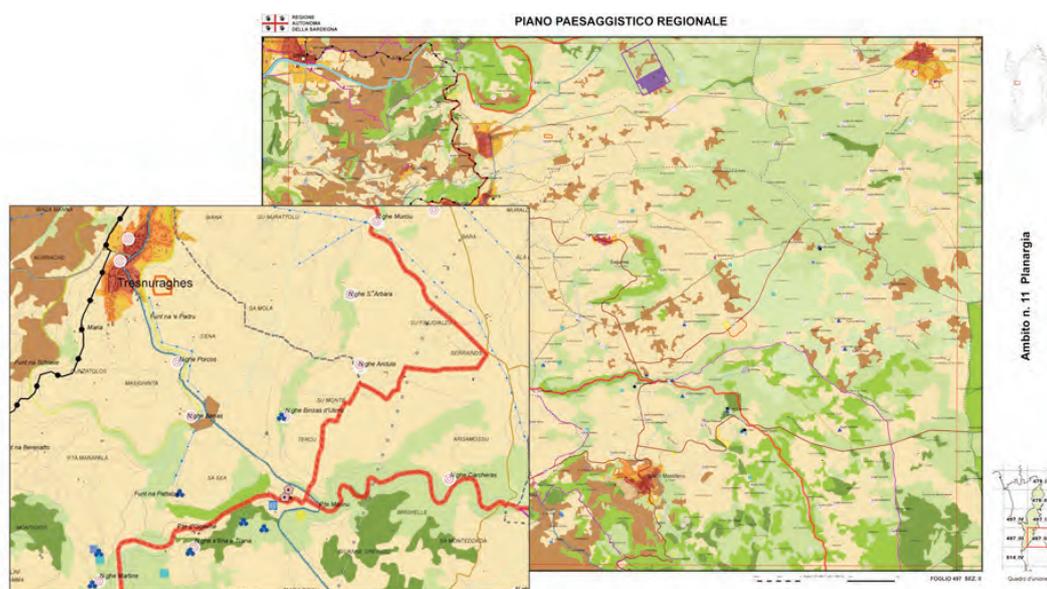


Figura 1 - cartografia del PPR con rappresentazione dei beni storico-culturali

La normativa di riferimento

Il D.Lgs. 42/2004, anche detto "Codice Urbani", prevede all'art. 143 comma 1 lett. c) che le Regioni, in sede di predisposizione del piano paesaggistico regionale, possano individuare ulteriori beni da sottoporre a tutela oltre a quelli già oggetto di provvedimenti amministrativi specifici e quelli tutelati *ex lege* (cosiddetti "beni Galasso"). La Regione Sardegna ha recepito tale indicazione, sottoponendo gran parte dei beni culturali di natura archeologica e monumentale al vincolo paesaggistico. A tal fine l'art. 49 delle Norme Tecniche di Attuazione del PPR prevede che, in sede di adeguamento dello strumento urbanistico comunale, per ogni singolo bene si individuino due tipi di aree: una zona di tutela integrale atta a preservare l'integrità del bene sulla falsariga del vincolo monumentale, e una fascia di tutela condizionata più ampia in cui l'aspetto paesaggistico assume un ruolo fondamentale.

Tali areali dovranno avere una normativa paesaggistica opportuna ai fini della salvaguardia, con l'individuazione di valori e livelli di trasformabilità. Tale normativa paesaggistica dovrà poi essere "tradotta" nei piani urbanistici sotto forma di parametri urbanistici-edilizi.

La metodologia

La procedura di copianificazione prevede che i Comuni, nell'ambito dell'adeguamento dello strumento urbanistico generale, compilino in modalità *online* un apposito database in cui inserire le informazioni geografiche, storiche, fotografiche per ogni singolo bene del proprio territorio. In seguito, in apposite riunioni tra Comune, MiBACT e Regione, si concorda la perimetrazione della zona di tutela integrale e della fascia di tutela condizionata per ciascun bene, in coerenza con quanto prescritto dalle NTA del PPR, servendosi di applicazioni GIS collegate al database.

L'individuazione dei perimetri delle aree di tutela viene effettuato sulla base delle informazioni geografiche e tematiche disponibili, quali gli strati informativi del PPR, i dati catastali, le immagini aeree e satellitari.

L'effettuazione della perimetrazione comporta il cambio dello *status* giuridico dell'areale interessato, pertanto vi è la necessità precipua che, anche a fronte di opportuni sopralluoghi, le perimetrazioni stabilite siano riscontrabili e riconoscibili sia in mappe topografiche che oggettivamente sul luogo.

Considerato che buona parte dei beni ricadono in aree non interessate dall'attività antropica e spesso ricoperte dalla vegetazione spontanea, non è possibile trovare punti facilmente identificabili come "confine". Tuttavia tramite lo strumento GIS è possibile incrociare dati catastali, curve di livello ed elementi materiali (muretti a secco, filari di alberi, etc.) per giungere alla definizione su base topografica certa degli areali.

Per ogni bene la procedura quindi termina con l'elaborato grafico riportante le perimetrazioni su ortofoto, la descrizione e la motivazione dei criteri seguiti nonché la normativa paesaggistica relativa.



Figura 2 - Nuraghe Nolza (Meana Sardo) su Ortofoto 2016

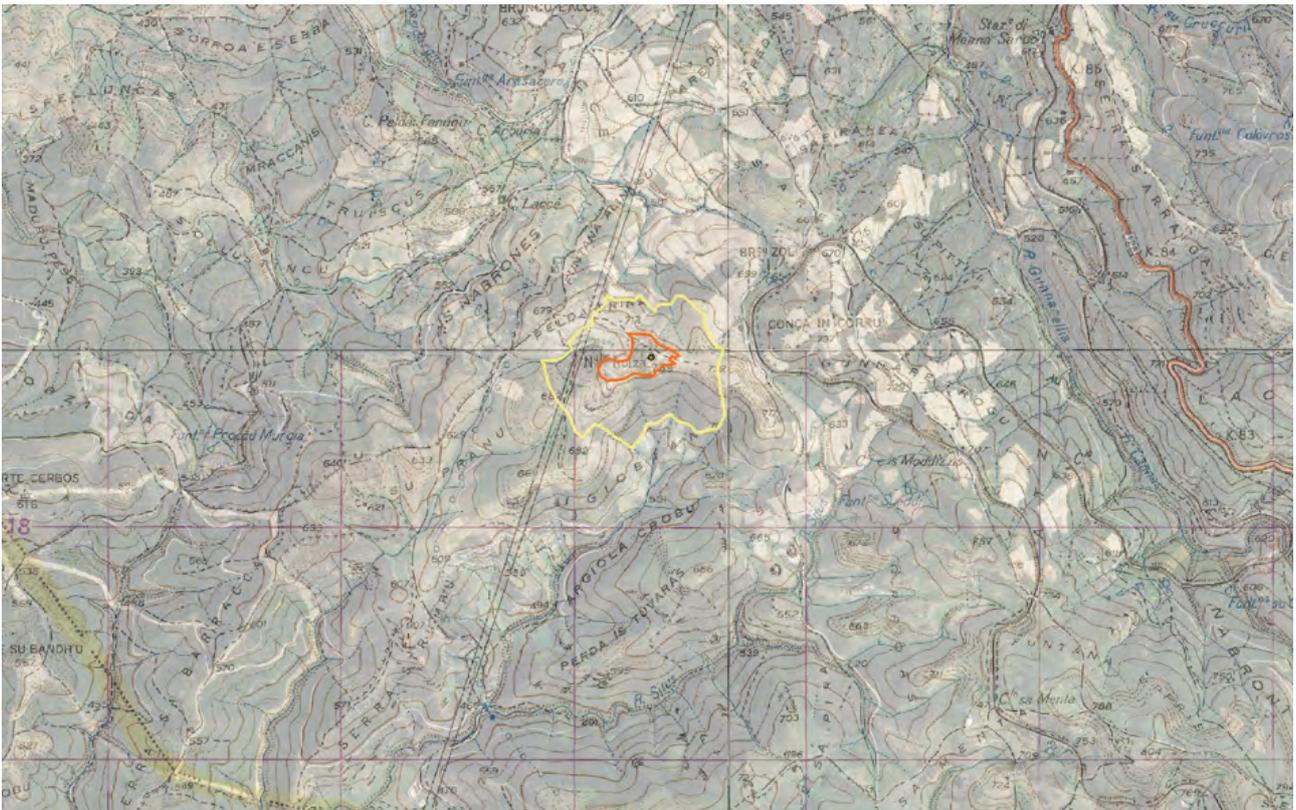


Figura 3 - Nuraghe Nolza, zone di tutela su carta IGM

L'adeguamento degli strumenti urbanistici comunali

A seguito della procedura di copianificazione, gli areali di tutela devono essere riportati sulla cartografia ufficiale della Regione Sardegna (cosiddetto DB 10k), "riconoscendo" nella cartografia elementi virtuali (confini catastali) e naturali/antropici (limiti della vegetazione, muretti a secco, etc.) non necessariamente indicati nelle carte tecniche. Sulla base di tali perimetrazioni "ufficiali", il Comune dovrà provvedere a normare l'areale interessato proponendo una zona urbanistica omogenea compatibile con il bene culturale e soprattutto una disciplina urbanistica ed edilizia che tenga conto dei valori e delle prescrizioni paesaggistiche individuate durante la copianificazione.

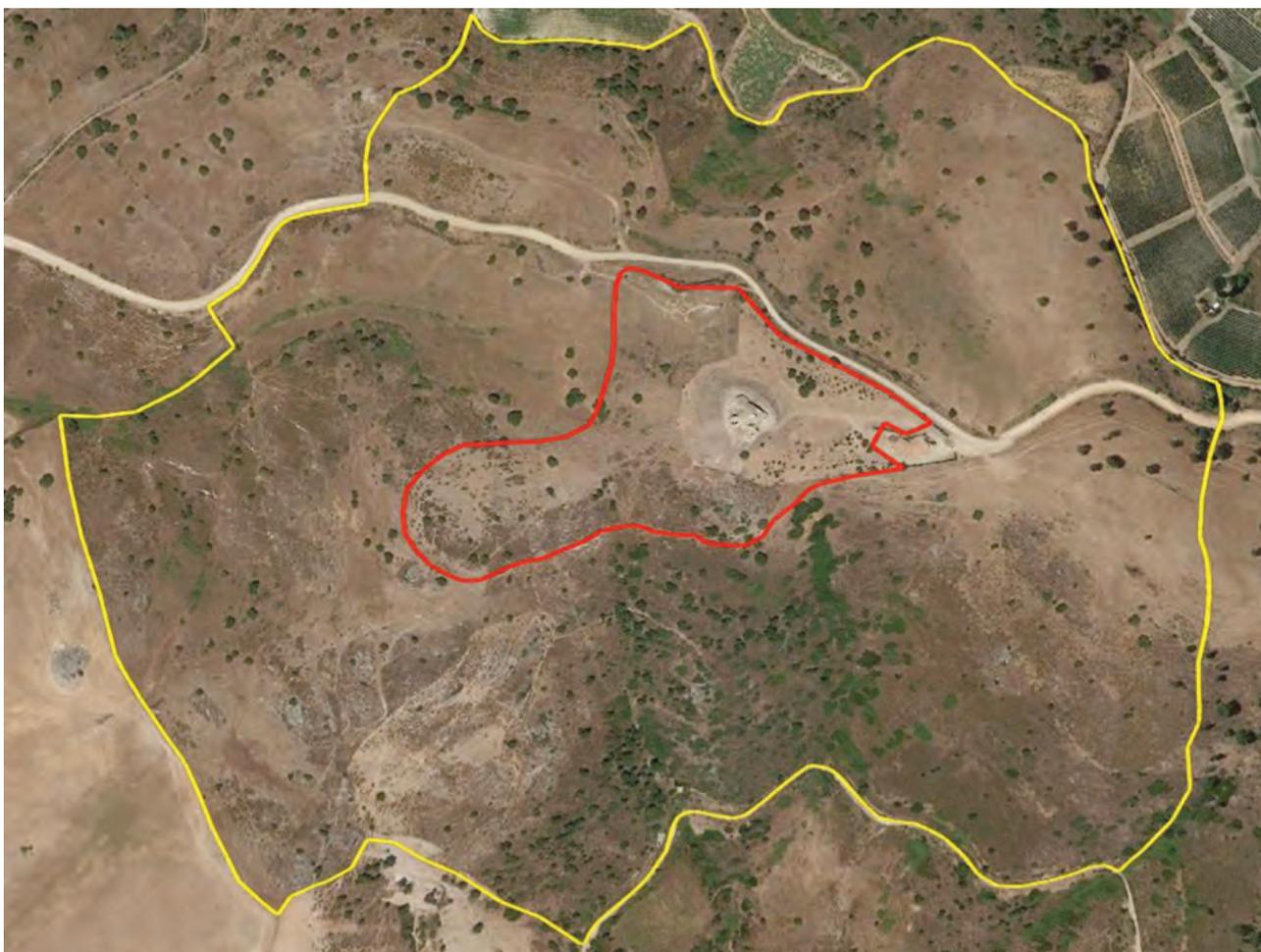


Figura 4 – Nuraghe Nolza, zona di tutela integrale e fascia di tutela condizionata

Il navigatore e il Database

Tramite poi un apposito navigatore è possibile consultare i dati e visionare tutta la documentazione relativa ai 9000 beni attualmente riconosciuti dal PPR, numero destinato a crescere man mano, che i Comuni studiando il loro patrimonio culturale, ne individueranno degli altri. A regime quindi l'intero patrimonio storico-culturale dalla Sardegna risulterà catalogato e consultabile.



Figura 5 - Nuraghe Nolza: veduta in 3d degli areali di tutela

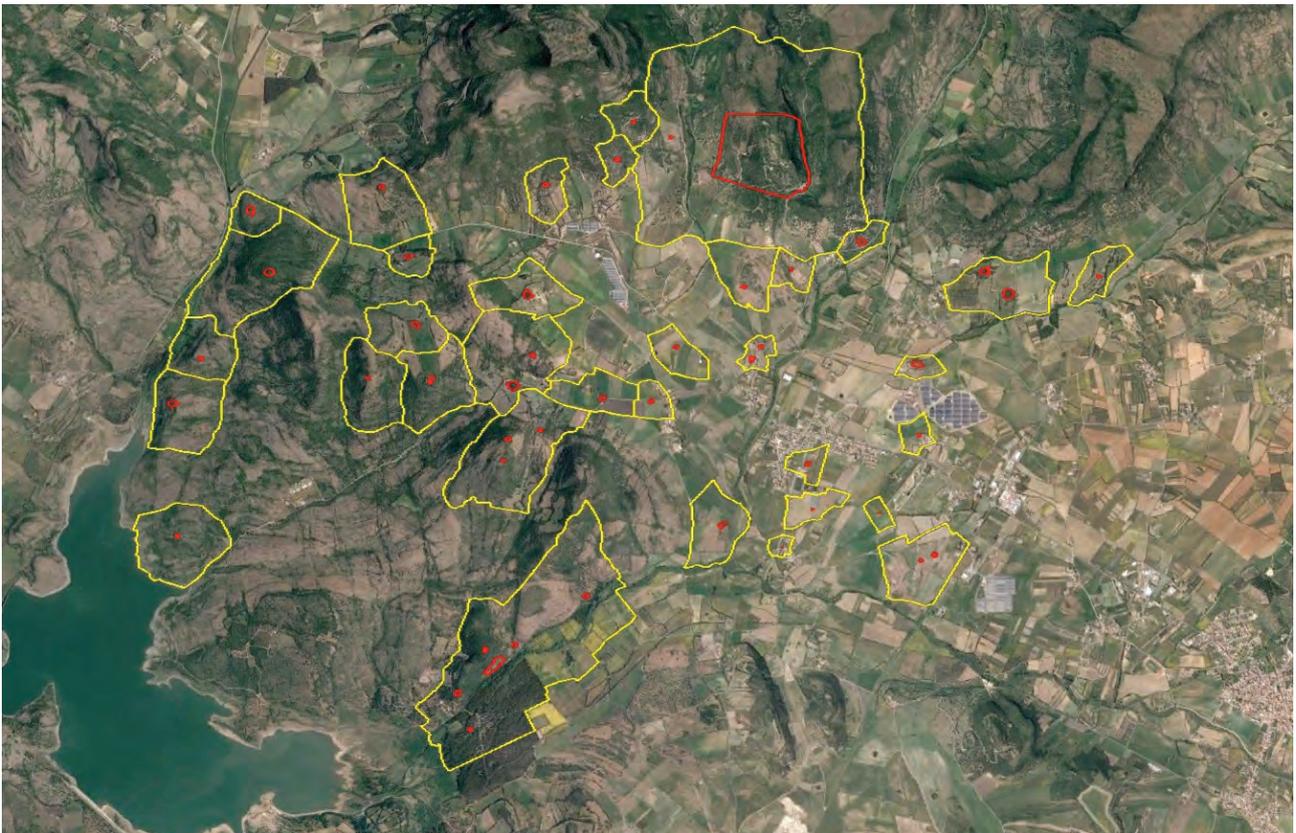


Figura 6 - risultato finale copianificazione (Villaperuccio)

Conclusioni

Attraverso la geomatica, ma senza prescindere dai necessari sopralluoghi *in situ*, è quindi possibile procedere all'apposizione di vincoli paesaggistici in maniera certa, veloce e precisa, basandosi ed incrociando strati informativi digitali diversi, rappresentazioni topografiche virtuali, stato dei luoghi e inoltre ottenere con le simulazioni 3D un riscontro di quella che è l'esperienza reale del paesaggio.

Con l'uso del navigatore e del database è invece possibile consultare in tempi rapidi il posizionamento di un vincolo (Comune di appartenenza, coordinate geografiche, estensione dell'area di tutela, etc.) e la documentazione relativa (normativa d'uso, immagini del bene e delle quinte sceniche, etc.).

Mediante lo strumento di natura GIS è possibile inserire ulteriori informazioni, quali ad esempio la pianificazione urbanistica, i livelli di rischio idrogeologico, la trasformazione del territorio circostante, l'affluenza di visitatori, etc., permettendo un costante monitoraggio dei beni culturali.

Considerato che sono circa 9000 i beni puntuali dell'assetto storico-culturale individuati nel PPR, è facile comprendere quanto la procedura e la conseguente catalogazione siano uno strumento fondamentale per una corretta e puntuale tutela e valorizzazione dei valori materiali e immateriali del paesaggio caratterizzato dai beni culturali.



Un approccio integrato per l'individuazione e la gestione dello stato di conservazione delle coperture in amianto per una Regione Asbesto free

Elena Viero ^(a), Antonella Damian ^(b), Marco Lunardis ^(c)

^(a) Insiel Spa, UDINE Via Cotonificio 127, 0432-557244, elena.viero@insiel.it

^(b) Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, GORIZIA - Corso Italia 55, 0481385216, antonella.damian@regione.fvg.it

^(c) Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, TRIESTE - Piazza Dell'Unita' D'Italia 1, 0403774056, marco.lunardis@regione.fvg.it

Si tratta di una attività altamente innovativa e di particolare interesse per l'amministrazione Regionale del Friuli Venezia Giulia, attraverso la quale sarà possibile acquisire tutte le informazioni necessarie all'identificazione delle coperture in cemento-amianto (MCA) per 24 comuni a partire da immagini aeree iperspettrali; oltre che l'integrazione con una ulteriore attività specifica che contempla l'utilizzo di Droni, che consentirà di aggiungere informazioni qualitative di Stato di Conservazione delle singole coperture.

Il lavoro svolto, si collega al più vasto progetto di realizzazione del nuovo sistema cartografico regionale, e si è basato su tre fonti di dati integrati e complementari:

Una ripresa aerea fotogrammetrica con GSD=8cm, da cui è stata derivata una ortofoto di precisione con GSD=10 cm; Una ripresa iperspettrale con GSD=1m; queste due previste e disponibili dal progetto del nuovo sistema cartografico alle quali si sono aggiunte una serie di riprese con UAV con GSD=3cm concentrate sulle aree urbanizzate, che implementano le informazioni derivate dai voli precedenti a bassa quota ed altissima risoluzione, e che permettono l'analisi dello stato di conservazione delle coperture. Una integrazione del dato catastale al fine di correlare i dati anagrafici.

Attraverso un algoritmo di classificazione delle immagini iperspettrali, nella fase successiva, le coperture in cemento amianto vengono individuate con 2 livelli di incertezza dettati dalla soglia di affidabilità della classificazione automatica (valore dell'angolo di classificazione) e dalla componente rumorosa del segnale.

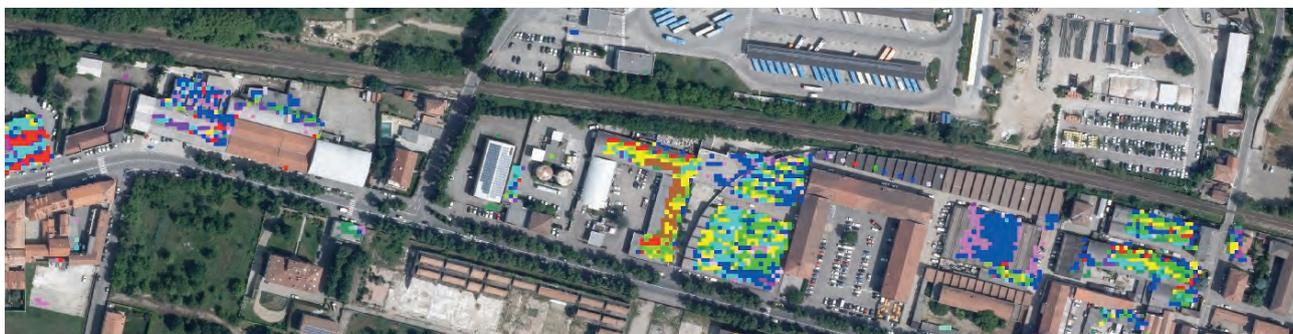


Figura 1 identificazione delle firme iperspettrali

Le ortofoto con GSD di 10 cm e i fotogrammi ad alta risoluzione acquisiti dal UAV (GSD=3cm) sono stati elaborati tramite algoritmi proprietari di tipo Deep

Learning debitamente addestrati, i quali restituiscono “mappe di confidenza” circa la presenza o meno di una copertura in cemento amianto. Un operatore esperto incrocia questi due risultati e, avvalendosi dell’interpretazione dei fotogrammi, assegna ad un poligono vettoriale la classe di appartenenza tra copertura in cemento amianto o copertura da verificare (probabile cemento amianto ma con grado di affidabilità più basso). In questa fase l’operatore individua anche lo Stato di Conservazione della copertura. Questo «indice di degrado» qualitativo dei manufatti, può essere utilizzato come un primo immediato strumento per stabilire la «priorità di intervento».



esperto incrocia questi due risultati e, avvalendosi dell’interpretazione dei fotogrammi, assegna ad un poligono vettoriale la classe di appartenenza tra copertura in cemento amianto o copertura da verificare (probabile cemento amianto ma con grado di affidabilità più basso). In questa fase l’operatore individua anche lo Stato di Conservazione della copertura. Questo «indice di degrado» qualitativo dei manufatti, può essere utilizzato come un primo immediato strumento per stabilire la «priorità di intervento».

Figura 2 individuazione dello stato di conservazione

Lo stato di conservazione viene classificato in:

- Discreto (presenza di danni, crepe, buchi inferiore al 10% della superficie)
- Scadente (presenza di danni, crepe, buchi compresa tra il 10% e il 50% della superficie)
- Pessimo (presenza di danni, crepe, buchi superiore al 50% della superficie)



Figura 3 Incrocio con la base dati catastale

I dati vengono quindi incrociati con la base catastale individuando il proprietario dell’edificio, e le informazioni complessive vengono quindi messe a disposizione dei comuni e dei sistemi sanitari per la gestione della pratica di bonifica. La Regione ha predisposto una procedura uniforme su scala regionale per la gestione delle informazioni da parte degli Enti che, ognuno a vario titolo, concorrono nell’implementazione delle informazioni.



Figura 4 Sistema informativo Eagle.fvg

Al fine di condividere anche con la popolazione le informazioni ambientali, sarà predisposta una procedura, per la pubblicazione dei dati, opportunamente mascherati, delle coperture in cemento amianto del territorio. Le informazioni di avvenuta bonifica saranno inoltre recepite «a ritroso» sulle basi dati, anche cartografiche, ottenendo un aggiornamento in tempo reale dello stato dell’arte del territorio.

Pulse Project: una knowledge platform di dati multivariati al servizio della salute pubblica

(2 interlinee 12pt)

Domenico Vito ^(a), Riccardo Bellazzi ^(a), Cristiana Larizza ^(a), Vittorio Casella ^(b)
Marica Frasini ^(b), Andrea Pogliaghi ^(c), Daniele Pala ^(b)

(a) Center of Health Technologies, Università degli studi di Pavia, dvito.pulse@gmail.com,
riccardo.bellazzi@unipv.it

(b) Dipartimento di Ingegneria Civile ed Architettura, Università degli studi Pavia,
vittorio.casella@unipv.it

(c) Genegis GI, a.pogliaghi@genegis.net

Abstract

La sostenibilità urbana è spesso collegata anche alla qualità della vita nonché alla salute in ambito urbano. L'utilizzo combinato di dati geo referenziati con dati legati alla salute può fornire la capacità di creare sistemi di supporto alle decisioni per esperti, ricercatori, e decisori politici, volti a promuovere un ambiente urbano più sostenibile e stili di vita migliori. Queste prospettive sono molto legate ad una visione di una città futura come in particolare il tema della qualità dell'aria: secondo una stima del WHO, l'inquinamento atmosferico è responsabile ogni anno di 120 decessi in più per 100.000 abitanti nel mondo, e di 133 e 129 decessi in più ogni 100.000 abitanti in Europa. Il monitoraggio e la pianificazione di un ambiente urbano più salubre è prioritario in una prospettiva di "smart city" e a questo fine la creazione di piattaforme integrate di dati che possano mostrare le correlazioni tra qualità dell'aria e distribuzioni epidemiologiche è molto utile per una progettazione intelligente degli spazi. Il progetto PULSE (Participatory Urban Living for Sustainable Environments) è un progetto che vuole utilizzare i Big Data a supporto di interventi di Salute pubblica.

Attraverso un innovativo approccio che coniuga tecnologie di analisi dati biometrici, webgis e raccolta dati partecipativa tramite citizen science, il progetto è attivo in otto città pilota Barcellona, Birmingham, New York, Parigi, Singapore, Pavia, Keelung e Taiwan.

PULSE vuole costruire una serie di modelli e tecnologie estensibili per prevedere, mitigare e gestire i problemi di salute nelle città e promuovere la salute della popolazione.

PULSE raccoglie dati di tipo spaziale e dati provenienti da sistemi sanitari, sensori urbani e remoti e dispositivi personali: tramite l'app PulseAIR vengo anche raccolti dati sulle abitudini e stili giornalieri dei cittadini.

L'obiettivo è ridurre il rischio ambientale e comportamentale di incidenza di malattie croniche per consentirà una gestione tempestiva e evidence-driven degli episodi epidemiologici legati in particolare a due patologie; l'asma e il diabete di tipo 2 nelle popolazioni adulte.

Il presente lavoro mostrerà la struttura della piattaforma e l'implementazione di modelli di stratificazione del rischio che conto di determinanti biologiche, comportamentali, sociali e ambientali attraverso tecnologia WebGis combinata all'utilizzo di dati satellitari e dati epidemiologici.

Introduzione

Il secolo scorso ha vissuto due decenni di urbanizzazione molto intensa, e tuttora si prevede che al 2050, il 68% delle popolazioni vivrà nelle città. È fondamentale quindi comprendere quelle che sono le tendenze di sviluppo urbano, le problematiche e le opportunità connesse ai diversi settori che interessano la crescita della città come ad esempio la salute, l'istruzione e il trasporto pubblico (WHO, 2019).

La crescita delle città e quindi delle sue attività è stata accompagnata nel corso di questi anni da un progressivo aumento delle emissioni di gas inquinanti ed un peggioramento della qualità dell'aria.

una transizione di urbanizzazione molto

Al giorno d'oggi, le città generano il 75% delle emissioni di carbonio, il che significa che la popolazione urbana lo è altamente esposto agli inquinanti e vulnerabile ai cambiamenti climatici (UN, 2015).

L'Organizzazione mondiale della sanità (OMS) stima che il 63% della mortalità globale (circa 36 milioni di morti all'anno) sia il risultato di patologie cardiovascolari non trasmissibili (ad es. malattie cardiovascolari, cancro, diabete e malattie polmonari).

Un grande la percentuale di queste è attribuibile alla crescente esposizione alla concentrazione di inquinamento atmosferico.

Secondo l'OMS, tra tutte le città del mondo, solo il 20% della popolazione urbana vive in aree conformi ai livelli delle linee guida della qualità dell'aria dell'OMS in materia di particolato fine (PM2.5) (WHO, 2019).

Per questo motivo un'alta percentuale di cittadini è esposta ad elevati livelli di inquinamento e può determinare un alto rischio per la salute a lungo termine.

Queste motivazioni ovviamente spingono alla necessità di creare strumenti, linee guida e raccomandazioni per rendere più sani, sostenibili e resilienti gli stili di vita negli ambienti urbani.

La letteratura riporta diverse iniziative in cui il settore pubblico, commerciale e scientifico hanno fatto ricorso alle tecnologie open Access e data smart (Cook et al. 2018) per orientare le policy di quelle che vengono definite "Smart cities".

In questo senso l'utilizzo di tecnologie digitali come l'Internet of Things (IoT) permette di fornire informazioni che aiutino a migliorare la salute e il benessere dei cittadini (Ashrafian et al. 2018).

Oggi l'integrazione delle tecnologie digitali con sensori domotici, smartphone, dispositivi indossabili sono disponibili sul mercato a prezzi accessibili anche per gli utenti finali: questa apertura tecnologica consente quindi ai cittadini di raccogliere e condividere informazioni e misurazioni su se stessi e l'ambiente che li circonda, in modo partecipativo e questo approccio viene normalmente definito come "citizen science" e può essere applicata anche al monitoraggio ambientale e alla comprensione dell'impatto sulla salute degli inquinanti.

La raccolta dei dati può in questo caso non solo rappresentare una mera collezione del dato scientifico, ma può supportare le politiche e le strategie legate alla salute dei cittadini.

Queste considerazioni sono alla base del progetto europeo H2020 PULSE (Participatory Urban Living for Sustainable Environment) che mira a sviluppare un osservatorio per la salute pubblica e sulle politiche correlate utilizzando un ecosistema di dati multivariati.

Dati dai sistemi sanitari pubblici, sensori ambientali remoti e fissi e dispositivi mobili dei cittadini sono stati raccolti in otto città pilota (Barcelona, Birmingham, New York, Paris, Singapore, Pavia, Keelung and Taiwan) attraverso una piattaforma di raccolta dati e un'applicazione mobile.

Tali dati sono utilizzati dalla piattaforma di PULSE per supportare dei modelli di di stratificazione del rischio di insorgenza di asma e diabete di tipo 2.

PULSE applica i principi della "citizen science" per valutare l'impatto della qualità dell'aria sulla salute umana cercando di integrare differenti tipi di dato e coinvolgendo il cittadino nella generazione e scambio di informazioni a riguardo del tema.

Il progetto PULSE e la sua architettura

PULSE è un progetto partecipativo incentrato sul benessere nelle comunità di cittadini

L'obiettivo finale è quello di costruire modelli e tecnologie estensibili per prevedere, mitigare e gestire i problemi di salute pubblica e promuovere la salute della popolazione nelle città.

Gli otto siti pilota del progetto - Barcellona, Birmingham, New York, Parigi, Singapore, Pavia, Keelung e Taiwan - possono essere definiti come "Città intelligenti". Le "città e comunità intelligenti" comprendono infrastrutture e soluzioni IT integrate e servizi ai cittadini, in tutti i settori delle città, compresa la salute.



Figura 1 - I siti pilota di PULSE e alcune iniziative di policy sulla salute pubblica già attive

Al fine di supportare i sistemi sanitari e stimolare lo sviluppo della politica intersettoriale nelle città, PULSE sfrutta le grandi quantità di dati provenienti e disponibili da amministrazioni cittadine, sistemi sanitari e cittadini.

Oltre alla raccolta di dati esistenti, PULSE si impegna a:

- attuare un nuovo sistema di sorveglianza ambientale / sanitaria sulla qualità dell'aria all'interno di quartieri specifici e modellare il rischio di esposizione all'aria inquinata per i cittadini, in particolare quelli con asma;
- sviluppare nuove intuizioni sulla relazione tra rischio per l'insorgenza di T2D e fattori ambientali e comportamentali;
- raccogliere dati completi sul benessere individuale e della comunità;
- modellare il rischio e la resilienza della salute pubblica e sviluppare strumenti e tecnologie per intervenire e cambiare comportamento, traducendo i Big Data in politiche.

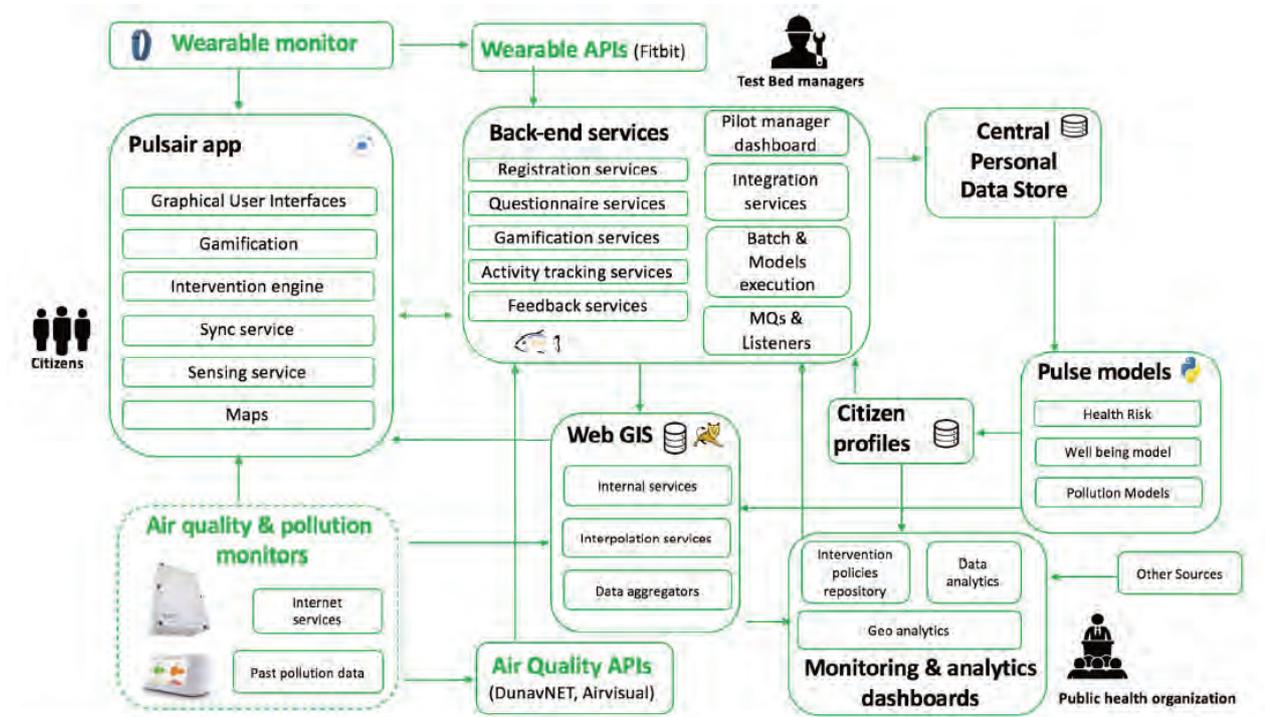


Figura 2 - Architettura dati del sistema PULSE

Il cuore del progetto PULSE è l'architettura di gestione dei dati: è progettata per raccogliere ed elaborare un insieme multivariato di dati.

La Figura 1 inquadra il concetto di base e gli elementi principali dell'architettura PULSE: è costituito da diversi moduli in grado di raccogliere dati da fonti eterogenee.

I diversi moduli dell'infrastruttura PULSE consentono la gestione dei dati partecipativi dall'app PulsAIR, dal satellite geolocalizzato (MODIS, Sentinel, Landstast) e anche dai sensori AIR statici che possono provenire da stazioni AQ ufficiali esistenti ma anche da una fitta rete dedicata di sensori a basso costo, installati sulle città del banco di prova dal progetto PULSE.

I dati raccolti vengono utilizzati per generare mappe della qualità dell'aria ambientale, calcolare l'esposizione personale e alimentare modelli di rischio

sanitario che valutano il rischio di insorgenza di asma e diabete T2 a causa sia delle condizioni di qualità dell'aria sia dello stato di salute del soggetto.

L'app PulsAIR infatti è progettata sia per connettersi a un dispositivo Fit-Bit, (modelli Garmin o Asus) sia per il monitoraggio dello stato di salute, sia per interagire e raccogliere dati dai cittadini tramite questionari e tecniche di gamification relative allo stato di salute soggettivo, alla fisiologia e all'attività quotidiana e alla posizione corrente.

Per gestire l'insieme eterogeneo di dati, l'architettura interna dei dati è strutturata in diversi moduli e repository.

In particolare, i dati relativi alla salute e agli stili di vita provenienti direttamente dagli utenti tramite PulseAIR vengono archiviati in un repository di dati personali e gli output del modello sanitario vengono salvati in un repository di profili di cittadini.

I dati ambientali, provenienti dalle stazioni AQ e dai sensori di rete diffusi, nonché le mappe ambientali di output sono memorizzati nel geodatabase WebGIS.

La comunicazione incrociata tra i diversi repository, la conversione tra i diversi dati all'interno di unità di misura comuni e timelapse è gestita da una serie di servizi di backend ospitati su un server remoto.

I servizi di back-end includono anche tutte le routine necessarie per le interazioni utente-dati fornite dall'app PulseAIR e dai dispositivi Fit-bit.

La PulsAIR App

PulsAIR è un'applicazione sviluppata all'interno di PULSE per incentivare la raccolta di partecipata di informazioni dai cittadini secondo il paradigma della "citizen science"

L'app è altresì un mezzo per veicolare informazioni su stili di vita sostenibili e creare coscienza dell'inquinamento atmosferico in città.

PulsAir è disponibile sia per iOS che Android è stato progettato seguendo un approccio centrato sull'utente basato sulla metodologia di progettazione orientata agli obiettivi (GOD), in cui gli utenti finali e le parti interessate guidano il processo e infine convalidano il prodotto finale (Ottaviano et al 2019).

La Figura 3 mostra la schermata principale dell'app



Figura 3 - PulsAIR, schermata principale

L'app raccoglie dati GPS, questionari sui comportamenti ecologici, lo stile di vita e lo stato di salute, i dati dei sensori (utilizzando un sensore di qualità dell'aria e un Fitbit). Tutti i dati vengono uniti per creare mappe dell'inquinamento e stimare i rischi per la salute di ogni utente specifico.

L'obiettivo principale dell'app è quello di interfacciare i dati sull'attività fisica (raccolti dai dispositivi indossabili associati) con punteggi di rischio e indicatori di inquinamento dell'aria. Attraversare questo tipo di dati aiuta a costruire una migliore comprensione della qualità della vita urbana e ad aumentare la consapevolezza delle scelte salutari

L'app utilizza elementi di gamification per coinvolgere i partecipanti. Il primo elemento di gamification è l'uso di un avatar, chiamato "Truffy" che rappresenta i partecipanti e funge da coach della salute, fornendo consigli, consigli salutari e consigli all'utente seguendo i punteggi e le risposte. Il secondo elemento di gamification principale è la partecipazione al Pulse City Challenge e alla sfida globale, confrontando tutti i punteggi degli utenti e stabilendo una classifica a livello di progetto e di città. Gli utenti possono recuperare punti rispondendo ai questionari e ad altre funzionalità dell'app

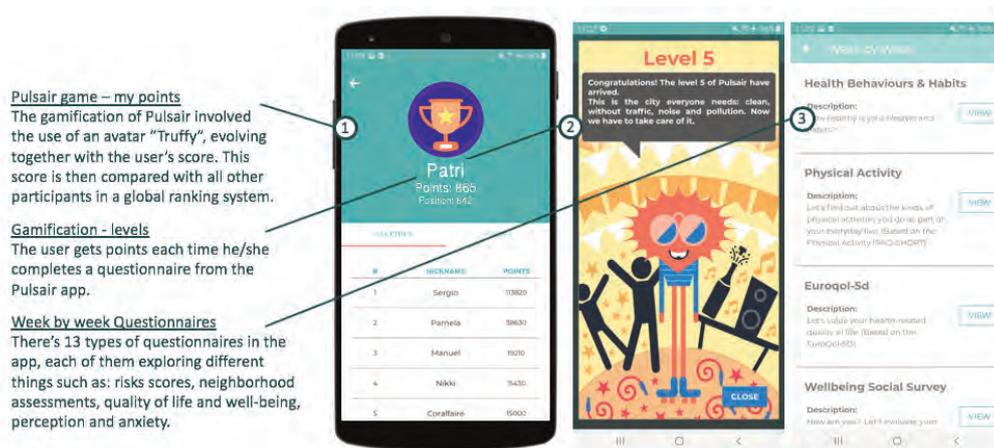


Figura 4 - PulsAIR, schermata di gaming

La rete diffusa di sensori

Il sistema di sensori di qualità dell'aria PULSE è composto da diversi tipi di sensori e set di dati di sensori, e dati storici e in tempo reale, che monitorano tutti gli inquinanti atmosferici (PM 2.5, PM10, NO2, O3, SO2).

Per avere una copertura capillare del campionamento il progetto integra sensori fissi e rete mobile di sensori in al fine di istituire un sistema di monitoraggio capillare e spazialmente e temporalmente risoluto ed ad alta frequenza di campionamento.

In particolare due tipi di sensori sono utilizzati nei siti pilota di PULSE : il sensore AQ10x of DunavNet (20+, distribuito in tutti i piloti) e il sensore PurpleAir PA-II (30+ a Pavia - ha iniziato l'acquisizione nel 2018): hanno permesso di avere un'alta frequenza misurazione che fornisce un campione

ogni minuto. Prima dell'acquisizione del banco di prova, i sensori sono stati testati e calibrati nella città di Barcellona per 2 settimane.



Figura 5 -Tipi di sensori della rete A. PurpleAir PA-II sensor B. AQ10x of DunavNet

Il Modulo WebGIS

Come si può Il modulo WebGIS di pulse raccoglie e georeferenzia set eterogenei di dati, in particolare

- *dati socioeconomici*: distribuzione per età, livello di istruzione, percentuali di povertà, tassi di disoccupazione, tasso di violenza.
- *salute ambientale*: concentrazione di polveri sottili (PM2,5 e PM10), concentrazione di NOS, popolazione esposta al rumore, ambiente residenziale verdeggianti (NDVI), accesso a negozi di alimentari più sani e cene.
- *trasporto e mobilità*: utilizzo del trasporto pubblico
- *dati di salute e stili di vita*: comportamenti con influenza sulla salute (alcool, fumo, inattività fisica) ricoveri per asma e T2D, prevalenza, mortalità

Il modulo permette di visualizzare i dati raccolti usando mappe, per migliorare la comprensione di fenomeni che mostrano relazioni e modelli che altrimenti rimarrebbero nascoste fornisce i servizi geospaziali utilizzati da altri componenti Pulse.

Offre funzionalità di base e avanzate sfruttando i dati delle stazioni / sensori di monitoraggio, e dati satellitari (qualità dell'aria, ambiente)

E' costituito da 8 WebGIS (1 per ogni città pilota) che lavorano su 3 livelli (Figura 6)

Il livello di "Data Ingestion layer" raccoglie i dati dalle diverse sorgenti (sensori, app, satellite), il "Processing layer" elabora e crea le geostatiche e le mappe di interesse e il "visualization layer" visualizza in mappe esplorabili temporalmente e spazialmente per ogni sito pilota.

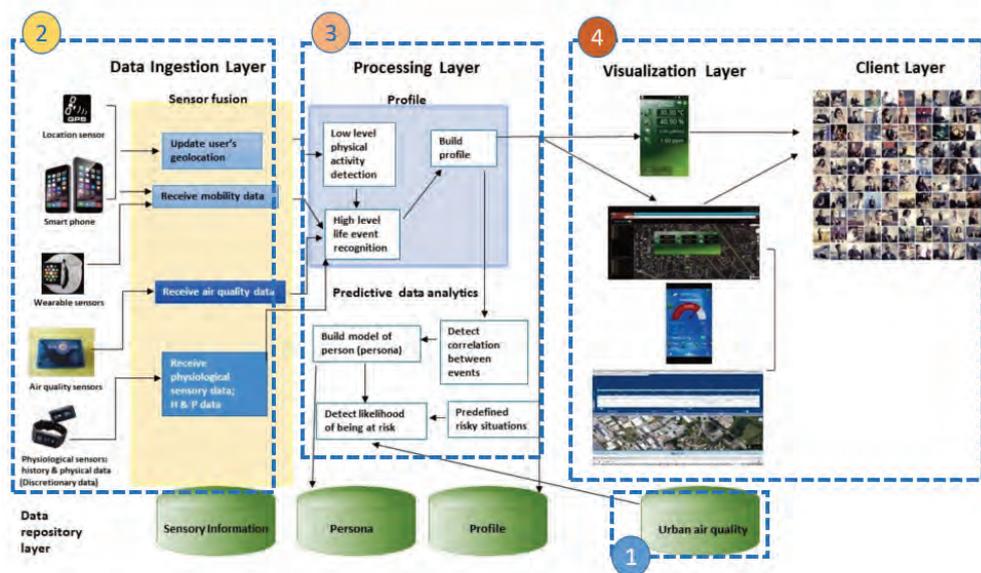


Figura 6 -Struttura del Modulo WebGIS di Pulse

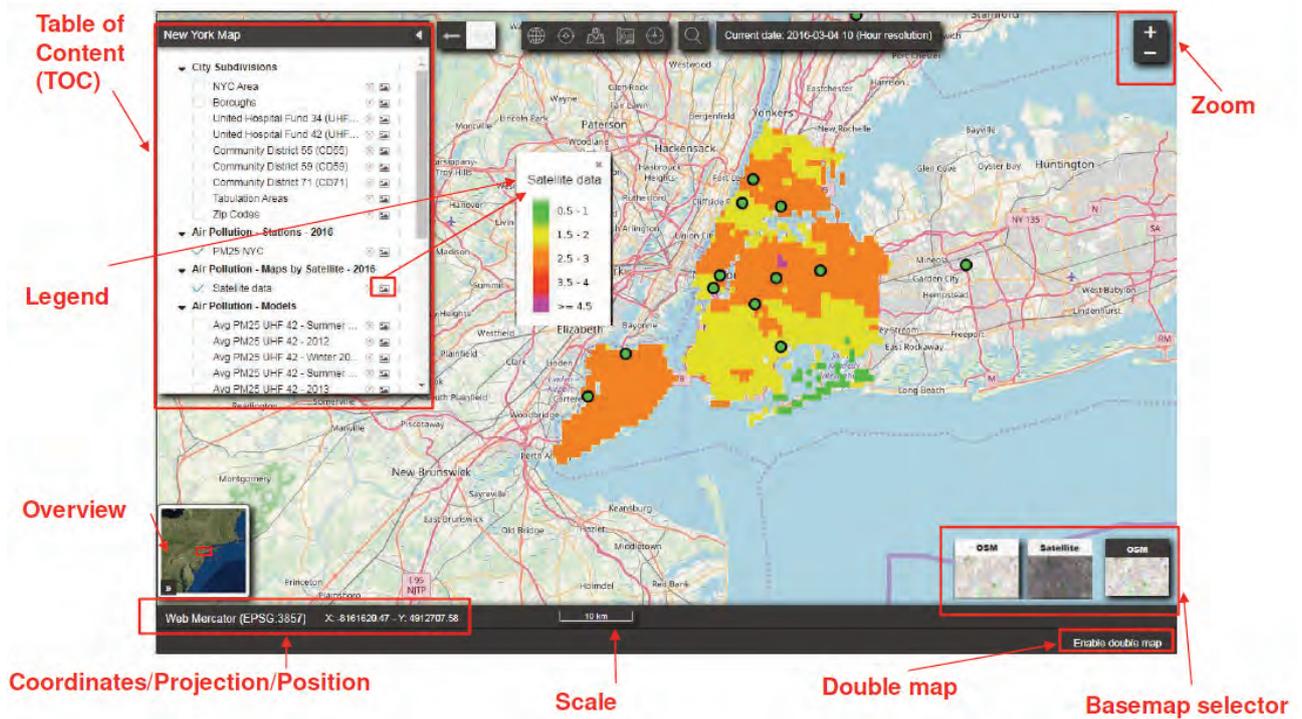


Figura 7 - Interfaccia del Modulo WebGIS di Pulse per il sito pilota

Un esempi di applicazione: il calcolo della personal exposure al PM10

Il concetto di esposizione personale utilizzato da epidemiologi per quantificare la quantità di inquinamento a cui ogni individuo è esposto, come conseguenza di dove vive, il abitudini che ha, e la quantità di inquinanti con cui viene a contatto.

L'esposizione personale inasprisce o meno il rischio sanitario associato ad un determinato inquinante.

Nel caso del particolato PM10 ad esempio esso è una delle cause maggiori per l'insorgenza di asma e di malattie croniche respiratorie.

Tramite la rete diffusa di sensori di PULSE che fornisce misure ad alta frequenza e l'integrazione dei dati sugli stili di vita provenienti dalla PulsAIR app è possibile tramite pulse generare delle mappe di *personal exposure* come riportato in Figura 8 per il caso del PM10 per il sito pilota di Pavia.

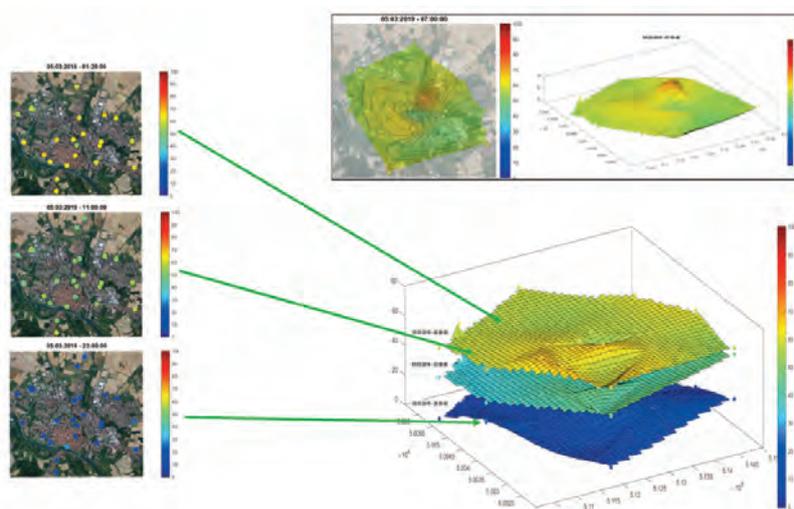


Figura 7 - Mappe di Personal Exposure per il PM10 nel sito pilota di Pavia

Conclusioni

PULSE rappresenta un esempio di utilizzo di dati per integrare informazioni eterogenee ed estrarre da queste nuove informazioni che possono essere utili per orientare processi decisionali relativi a problemi urbani.

In questo senso promuove il concetto di smart-city, dove l'informazione sullo stato dell'ambiente e sulla percezione dei cittadini è integrata per generare nuove soluzioni a partire dai dati esistenti.

L'approccio partecipativo fa sì inoltre che il dato diventi patrimonio della collettività ed in particolare dei decisori sulla salute pubblica affinché possano orientare la loro azione verso la soluzione ad un problema diffuso e comunitario come quello della qualità dell'aria.

Dal punto di vista sanitario inoltre promuove l'approccio di *medicina preventiva* ossia che agisce sulle cause piuttosto che sulle conseguenze delle patologie.

Attualmente PULSE oltre all'architettura dati sta anche sviluppando degli osservatori e delle comunità di pratica, dove il contenuto informativo del dato viene trasferito agli specialisti per darne efficacia.

Ringraziamenti

Questa ricerca è stata finanziata dal programma ricerca e innovazione dell'Unione Europea H2020 ed è documentato nel grant No 727816.

In particolare PULSE è stato finanziato sotto la call H2020-EU-3.1.5 nel topic SCI-PM-18-2016 - Big Data Supporting Public Health Policies.

Maggiori informazioni su

www.project-pulse.eu

Riferimenti bibliografici

Health Topics: Urban Health, World Health Organization.

Disponibile online

https://www.who.int/topics/urban_health/en/

Accesso il 14 maggio 2019

Sustainable Development Goals, United Nations Development Programme.

Disponibile online:

http://www.undp.org/content/undp/en/home/sustainable_development_goals/goal-11-sustainable-cities-and-communities/targets/

Accesso il 14 maggio 2019

Ambient (outdoor) Air Quality and Health: Key Facts, World Health Organization.

Disponibile online:

[https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

Accesso il 20 maggio 2019

Cook D.J., Duncan G., Sprint G., Y Fritz R.L. (2018) "Using Smart City Technology to Make Healthcare Smarter" *Proc. IEEE 2018*, 106, 708–722.

Ashrafian H., Darzi A.,(2018) "Transforming health policy through machine learning" *PLoS Med.* , 15, e1002692.

Ottaviano M., Cabrera-Umpiérrez M. F., Waldmeyer M. T. A. (2019). "PULSE: Participatory Urban Living for Sustainable Environment" *2019 IEEE 32nd International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS)* (pp. 62-63). IEEE.

Ottaviano M., Beltrán-Jaunsarás M. E., Teriús-Padrón J. G., García-Betances R. I., González-Martínez S., Cea G., Arredondo Waldmeyer M. T. (2019).

"Empowering Citizens through Perceptual Sensing of Urban Environmental and Health Data Following a Participative Citizen Science Approach"
Sensors, 19(13), 2940.

I riferimenti bibliografici devono essere tutti richiamati in forma abbreviata nel testo come segue: (Giugno, 1997), oppure (Maggio, Aprile, 2006) o, nel caso di 3 o più autori, (Dicembre et al., 1996) e riportati per esteso nel paragrafo relativo, in ordine cronologico inverso (dalle pubblicazioni più recenti alle più vecchie) e secondo il modello qui di seguito indicato.

Fac-simile

Giugno A. (1997), "Titolo dell'articolo", *Rivista Tal dei Tali*, 5: 25-42

Maggio G., Aprile C. (2006), *Titolo del libro*, Edizioni Pallino, Roma

Luglio P. (2006) "Titolo del capitolo", in Maggio G., Aprile C. (a cura di), *Titolo del libro*, Edizioni Pallino, Roma, 55-69

L'analisi territoriale socio-economica in ambito paesaggistico. Metodi multivariati e indicatori compositi a confronto

Gian Pietro Zaccomer (a)

(a) Università degli Studi di Udine, Dip. di Lingue e letterature, comunicazione, formazione e società, via Petracco, 8, 33100 Udine, 0039 042-556926, gianpietro.zaccomer@uniud.it

Introduzione

Il contributo vuole presentare il lavoro svolto in due distinti progetti di ricerca cronologicamente susseguenti¹. Il primo realizzato a partire dal 2014 nell'ambito delle diverse attività di supporto scientifico e metodologico alla predisposizione del *Piano Paesaggistico Regionale* (PPR) del Friuli Venezia Giulia (FVG), sulla base di una convenzione sottoscritta tra l'Università degli Studi di Udine e la Direzione centrale Infrastrutture e Territorio dell'amministrazione della stessa Regione Autonoma, è stato portato a termine quattro anni dopo con la sua approvazione². Il secondo si è invece sviluppato a partire del 2018 all'interno di un progetto di ricerca dipartimentale su *Paesaggi del Rischio e del Degrado: dalla percezione, alla rappresentazione e alla territorializzazione* (PaRiDe) che, per diversi aspetti, risulta logicamente conseguente al primo progetto³. Infatti, per la prima parte del progetto PaRiDe era stata prevista la necessità di mettere alla prova, a livello regionale, l'approccio degli indicatori compositi non solo per verificare la robustezza dei risultati ottenuti, ma anche per sfruttare l'opportunità di metterli a confronto con quelli ottenuti dall'analisi territoriale socio-economica, condotta in seno alla redazione del PPR, mediante l'impiego di strumenti statistici più consolidati. L'esposizione del contributo verrà organizzata seguendo l'adattamento ragionato per l'ambito paesaggistico della *ideal checklist for building a Composite Indicator* (CI) – redatta dell'OECD e dal JRC della Commissione Europea nel 2008 – ideato per il progetto PaRiDe. Tale adattamento ha permesso di inquadrare il lavoro svolto per il PPR all'interno di uno schema teorico approvato in sede ufficiale, seguito per la costruzione di qualsiasi CI prodotto da tali organizzazioni e, pertanto, consigliato anche per altre applicazioni non ufficiali comprese quelle di ricerca.

¹ Per entrambi i progetti la responsabilità scientifica è stata a carico di Mauro Pascolini, geografo dell'Università degli Studi di Udine.

² Tutti i documenti approvati del PPR-FVG sono liberamente scaricabili dal sito ufficiale della Regione Autonoma FVG all'indirizzo <https://www.regione.fvg.it/rafvfg/cms/RAFVG/ambiente-territorio/pianificazione-gestione-territorio/FOGLIA21/>. Ultima visita: settembre 2019.

³ Gli aspetti del degrado sono stati trattati all'interno del PPR anche attraverso un Archivio partecipato posto online per raccogliere le segnalazioni dei cittadini. Il progetto PaRiDe recupera l'ampio dataset rilevato tramite questo Archivio e, in aggiunta alle informazioni attenute tramite successive rilevazioni sviluppate ad hoc, mira a fornire una rappresentazione, statistica e cartografica, del rischio e del degrado presenti in FVG.

La procedura di costruzione seguita

Il ragionamento seguito per la mutuazione della procedura proposta in sede internazionale è sintetizzato in Fig. 1: la contrazione e l'adattamento degli 'step' ufficiali nelle 'fasi' di PaRiDe ha permesso di evidenziare quattro 'momenti' basilari nella costruzione degli indicatori compositi.

Figura 1 - Fasi e momenti della procedura di costruzione dei CI

Step (OECD-UE)	Fasi e Momenti (PPR-FVG/PaRiDe)	
S1. <i>Theoretical framework</i>	F1. Costruzione del <i>dataset</i>	M1. Costruzione del <i>dataset</i>
S2. <i>Data selection</i>		
S3. <i>Imputation of missing data</i>	F2. Analisi univariata	M2. Analisi statistica
S4. <i>Multivariate analysis</i>	F3. Analisi multivariata	
S5. <i>Normalisation</i>	F4. Normalizzazione	
S6. <i>Weighting and aggregation</i>	F5. Sistema di pesi	M3. Costruzione del CI
	F6. Aggregazione	
S7. <i>Uncertainty and sensitivity analysis</i>	F7. Analisi di sensibilità	
S8. <i>Back to the data</i>		
S9. <i>Links to other indicators</i>	F8. Confronto	M4. Confronto
S10. <i>Visualisation of the results</i>		

Fonte: rielaborazione *checklist* OECD e JRC-UE (2008), pp. 20-21, in Zaccomer (2018, p. 21).

Il primo momento, comune a gran parte delle analisi territoriali quantitative, è costituito unicamente dalla fase di costruzione del dataset, ossia della batteria di indicatori di base. Si tratta di una fase molto delicata poiché, se svolta in modo frettoloso, può inficiare la qualità di tutta la procedura di costruzione.

Il secondo momento riguarda l'analisi statistica della batteria di indicatori. Questo comprende sia l'analisi univariata sia quella multivariata che, essendo strettamente legate tra loro, possono essere considerate come un singolo momento della procedura anche se gli strumenti statistici utilizzati sono comunque ben diversi.

Il terzo momento riguarda l'effettiva costruzione dell'indicatore complesso che, sulla base della batteria di indicatori costruita in precedenza e sfruttando le informazioni ottenute dall'analisi statistica, si articola nelle fasi di costruzione, di normalizzazione, di pesatura e di fusione degli indicatori di base, nonché richiede anche un'analisi di sensibilità per valutare l'impatto delle decisioni prese in queste fasi.

L'ultimo momento riguarda esclusivamente il confronto tra i risultati ottenuti dagli indicatori compositi e quelli emersi dall'analisi statistica multivariata.

Dal punto di vista del lavoro effettivamente svolto va segnalato che i primi due momenti sono stati sostanzialmente completati all'interno del progetto relativo al PPR, mentre le ultime due fasi, assieme a un approfondimento dell'analisi statistica riguardante l'identificazione delle relazioni esistenti tra i diversi indicatori di base, sono state sviluppate come fase iniziale del progetto PaRiDe.

M1. La costruzione del dataset

Il primo momento della procedura riguarda la costruzione della banca dati, che di solito si concretizza attraverso una *batteria di indicatori* in forma matriciale (in questo caso del tipo 'comune per indicatore'), da utilizzare come punto di partenza per ogni analisi prevista nel secondo momento. Senza voler entrare negli aspetti di dettaglio, sembra importante ricordare che, dal punto di vista semantico, per (fenomeno) *indicatore* si intende una qualsiasi entità che viene utilizzata in vece di un'altra sconosciuta non direttamente misurabile, che prende il nome di (fenomeno) *indicato*, ai fini della sua misurazione indiretta (Zaccomer, 2008, p. 18).

Durante la scelta dell'indicatore deve essere ben chiara la natura della relazione che sussiste fra indicato e indicatore: solo questa legittima l'inserimento dell'indicatore nella banca dati in costruzione. Nel migliore dei casi, le relazioni dovrebbero essere esplicitate da teorie o da prassi consolidate in letteratura che giustifichino direttamente la selezione degli indicatori da considerare. Purtroppo quando si studiano temi innovativi, difficilmente ci si ritrova in questa situazione per cui è necessario svolgere autonomamente tale selezione con tutti i rischi di soggettività e di parziale conoscenza del fenomeno, soprattutto quando questo è multidimensionale. In tal caso la letteratura consiglia, quando possibile (con tutti i problemi di tempi e costi che questa soluzione implica), di ricorrere a una 'commissione di esperti', di estrazione scientifica tale da coprire gran parte della multidimensionalità del fenomeno, a cui delegare l'operazione di selezione della batteria.

All'interno delle attività svolte per il PPR-FVG, è stata prevista una simile commissione, costituita da una decina di membri fissi a cui si sono aggiunti di volta in volta esperti su specifiche tematiche, la quale ha portato a termine il compito affidatogli individuando 23 indicatori comunali per agli anni di *benchmark* statistico, in questo caso il biennio 2010-11. La legittimazione del loro inserimento nella batteria è stata fatta in base alla relazione individuata dalla stessa commissione tra indicatore e indicato, dove quest'ultimo assume il significato di una declinazione paesaggistica del livello socio-economico.

Venendo alla composizione della batteria individuata, questa è composta da 8 indicatori economici, legati alle tre branche produttive, e 14 indicatori sociali, non solo di natura demografica, a cui è stata associata l'altitudine comunale⁴. In sintesi, il dataset finale si è concretizzato in una matrice di dati completa di dimensione '218 comuni per 23 indicatori' dove tutti gli indicatori, ad eccezione dell'altitudine, sono sempre stati costruiti in forma di rapporto statistico per sterilizzare l'effetto dimensionale delle diverse realtà comunali presenti a livello regionale.

⁴ Gli indicatori economici sono relativi alla superficie agricola utilizzata SAU, alle aziende con attività connesse CON, al carico zootecnico UBA, alla densità industriale IND, agli sportelli bancari SPO e agli addetti nelle tre diverse branche PAG, AAI e AAT. Quelli sociali sono relativi alla densità abitativa DAB, alla natalità NAT, agli anziani per un bambino ANZ, alla vecchiaia VEC, alla disoccupazione DIS, agli stranieri STR, alle scuole dell'infanzia e primarie SCU, al possesso titoli universitari e terziari non universitari UNI, alla spesa sanitaria SAN, ai posti letto LET, ai volontari di istituzioni no-profit VOL, alla partecipazione al referendum del 2011 al quesito sull'acqua REF, alla popolazione residente che si sposta giornalmente per motivi di studio o lavoro MOV e, infine, al parco circolante ACI. A questi è stata associata l'altitudine ALT.

M2. L'analisi statistica

Come si evince dalla tabella di Fig. 1, l'analisi statistica è stata suddivisa in una prima fase univariata, relativa allo studio delle distribuzioni dei singoli indicatori, seguita da una seconda fase di tipo multivariato il cui obiettivo finale era quello di individuare i *gruppi socio-economici* presenti in FVG. Questo momento si è articolato in modo differente anche nel tempo: l'analisi statistica prima è servita come supporto della decisione sulla perimetrazione in *Ambiti di Paesaggio* (AP), solo successivamente è stata utilizzata per la loro descrizione.

Per fare chiarezza sui due concetti appena introdotti, si deve sottolineare che la zonizzazione del FVG in AP, già utilizzata nei PPR di altre regioni italiane (De Montis, 2016), è una decisione che spetta all'amministrazione regionale e che è stata presa considerando un ampio ventaglio di aspetti come quelli ambientali, insediativi, storici e culturali, socio-economici, non tralasciando le loro interrelazioni. I gruppi socio-economici invece derivano unicamente dall'analisi statistica portata a termine sulla batteria selezionata dalla commissione: gli AP non coincidono necessariamente tali gruppi, ma ne sono certamente influenzati. Dal punto di vista geografico tra i due concetti vi sono alcune differenze ben precise: i) i gruppi socio-economici, al contrario degli AP, non risultano per forza costituiti da comuni adiacenti ii) i gruppi socio-economici seguono strettamente la partizione amministrativa, mentre gli AP la travalicano suddividendo talvolta, in due o tre (solo Monfalcone), i territori comunali.

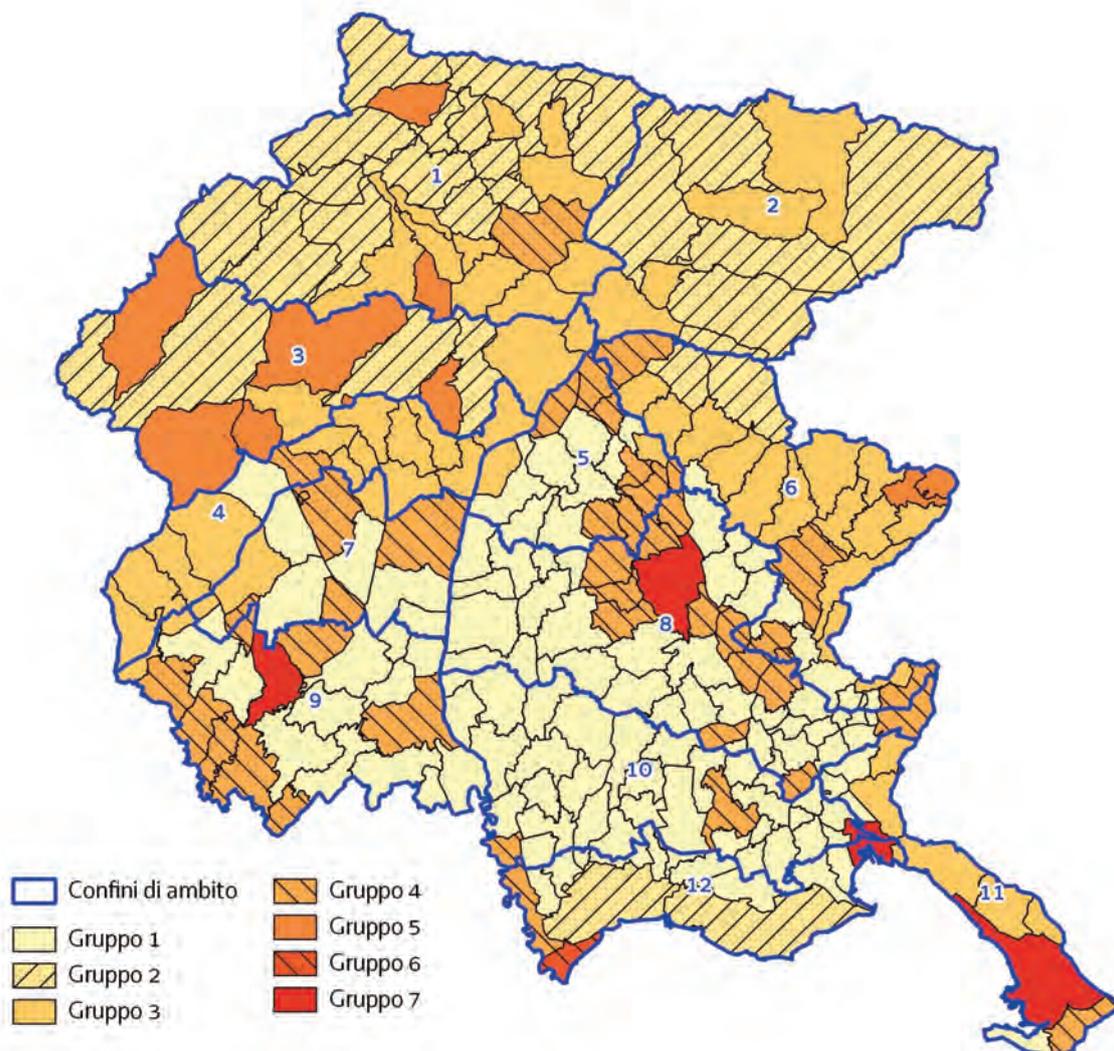
L'analisi statistica ha portato prima di tutto alla costruzione delle schede degli indicatori riportanti le principali statistiche univariate nonché le distribuzioni degli indicatori, anche spaziali, con l'ausilio di carte tematiche basate sui quartili e sull'algoritmo del *Natural Break*. L'analisi multivariata ha prima di tutto permesso di far emergere le relazioni tra gli indicatori, ma attraverso *L'Analisi delle Componenti Principali* (ACP) e *L'Analisi del Cluster* è stato possibile costruire i gruppi socio-economici proposti, per completezza assieme alla perimetrazione ufficiale degli AP, in Fig. 2.

Sono stati individuati ben sette gruppi socio-economici dove il sesto serve solo per evidenziare le caratteristiche uniche nel panorama regionale della nota località balneare di Lignano Sabbiadoro. L'interpretazione dei gruppi socio-economici, sulla base delle misure statistiche e dei loro aspetti territoriali, ha permesso di conseguenza di capire la composizione socio-economica di ciascun ambito. Concentrando l'attenzione sui primi tre AP che, situati tutti nella parte nord, interessano l'area montana del FVG: l'AP1 delimita perfettamente la Carnia, l'AP2 ricomprende al suo interno la Val Canale, il Canal del Ferro e la Val Resia e, infine, l'AP3 che invece abbraccia le Alte valli occidentali. Tali ambiti sono interessati soprattutto da gruppi che, dalla lettura complessiva degli indicatori, vengono interpretati come i più critici dal punto di vista socio-economico: se tra i gruppi 2 e 3 non esiste una netta separazione poiché vi sono alcune differenze che grosso modo si compensano, per quanto riguarda il Gruppo 5 questo sembra essere sostanzialmente costituito dai comuni 'meno fortunati' del FVG, ovviamente solo rispetto agli indicatori qui considerati.

Grazie alla lettura dei valori mediani per singolo AP, è stato possibile evidenziare diversi problemi che interessano la montagna friulana. Primo tra tutti è quello demografico: l'AP3 presenta 9 anziani per bambino, l'AP2 ne registra 7, mentre la Carnia 6,4, rispetto al valore mediano regionale di 4,8,

ma ci sono punte estreme come quella di Rigolato con 18,5 anziani per bambino.

Figura 2 - I gruppi socio-economici individuati con perimetrazione degli ambiti di paesaggio.



Fonte. Zaccomer (2018, p. 95)

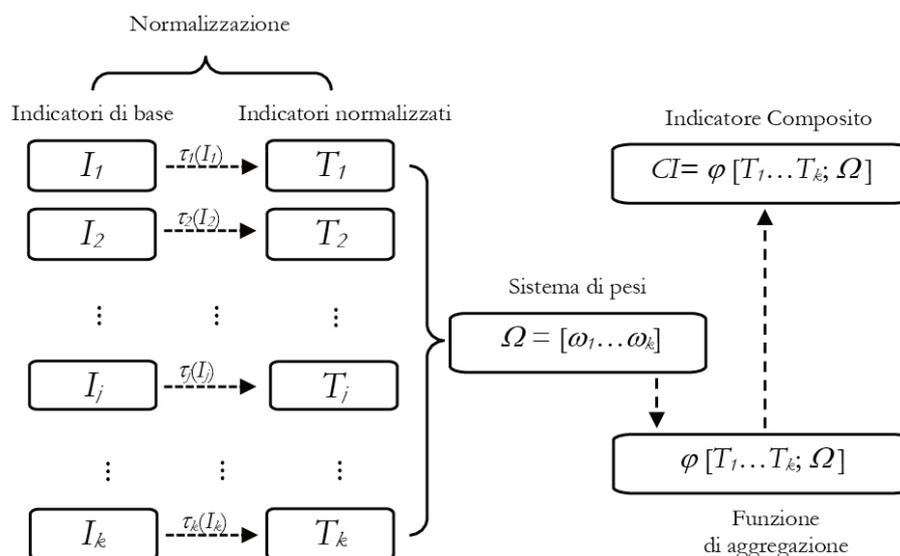
Tutti gli indicatori economici, a parte quelli riguardanti i comuni di Tolmezzo e di Tarvisio, e in parte di Amaro, sono piuttosto bassi. Ad esempio, la densità industriale dell'AP2 e dall'AP3 risulta quasi di 0,2 rispetto al valore mediano del FVG di 2,5 imprese industriali per km². Ci sono anche segnali di un maggiore autocontenimento del pendolarismo: la percentuale di popolazione residente in Carnia che si sposta giornalmente fuori dai confini comunali, per motivi di studio o lavoro rappresenta solo il 27,4%, che rappresenta il più basso valore riscontrato per ambito, contro il 33,6% riscontrato per l'intero FVG.

Se dal punto di vista del PPR-FVG, l'analisi statistica fin qui condotta ha fatto emergere le diversità socio-economiche per ambito, è ora possibile in qualche modo quantificare queste differenze con un unico numero? Una possibile via per rispondere a questa domanda consiste nell'impiego degli indicatori compositi.

M3 La costruzione degli indicatori composti

Come anticipato, il terzo momento riguarda la costruzione dei CI che utilizza sempre la batteria di indicatori selezionata, ma tiene conto dei risultati ottenuti dall'analisi statistica del secondo momento. Come evidenziato dalla tabella di Fig. 1, il processo di costruzione risulta piuttosto complesso, ma questo può essere sintetizzato nello schema di Fig. 3.

Figura 3 - Schema concettuale per la costruzione di un indicatore composto.



Fonte: Zaccomer (2018, p. 122)

Dal punto di vista teorico, ognuna di queste fasi richiede decisioni che ricadono direttamente sui valori dei CI, detti *score*, e quindi sugli eventuali confronti fatti attraverso di essi. Si è quindi preferito non prendere decisioni stringenti a priori, ma piuttosto cercare di individuare il 'migliore CI' sulla base dell'analisi di sensibilità finale che permette di valutare la robustezza degli score rispetto a ogni ipotesi considerata.

Per entrare nel merito della questione, la fase di normalizzazione mira a eliminare l'effetto dimensionale delle diverse unità territoriali coinvolte nell'analisi. Sono stati costruiti diversi indicatori normalizzati preferendo le trasformazioni lineari quali la standardizzazione già utilizzata per l'ACP, alcune trasformazioni legate alla mediana e il *rescaling* di tipo min-max. A queste funzioni di normalizzazioni, ben note in letteratura, si è associato il semplice *ranking* ottenuto dagli indicatori che, pur essendo una trasformazione non lineare, serve proprio per verificare il comportamento di quelle lineari.

Per il sistema di pesatura, è stato utilizzato sia il quello equiponderato sia il sistema di pesi dedotto dall'ordine di importanza degli indicatori dato dalla commissione in sede di selezione della batteria. Infine, per quanto riguarda la funzione di aggregazione, che rappresenta il 'motore di fusione' degli indicatori, si è deciso di rimanere ancora nell'ambito lineare utilizzando una semplice funzione additiva dove la polarizzazione, ossia il segno attribuito all'indicatore standardizzato e pesato, è stata attribuito sempre in base all'interpretazione della relazione tra indicatore e indicato data dalla commissione di esperti.

È importante sottolineare che la decisione di rimanere all'interno del 'mondo lineare' è legata unicamente a quanto fatto in sede di analisi statistica, infatti si ricorda che l'ACP è comunque basata su una composizione lineare degli indicatori selezionati. Tale decisione però implica il fatto di eliminare la correlazione esistente tra gli indicatori, ecco perché si è proceduto a una loro selezione sulla base dell'analisi di correlazione. Anche in questo caso sono stati individuati diversi dataset incorrelati.

Grazie all'analisi di sensibilità condotta è stato possibile stabilire che il confronto finale andrebbe svolto utilizzando il metodo del *rescaling* con il sistema di pesi deciso dalla commissione, ma applicato a un sotto insieme di indicatori non correlati. In questo lavoro se ne propongono due individuati con criteri diversi, di cui uno più ampio IND#15 (che considera gli indicatori PAG, CON, UBA, AAI, AAT, SPO; DAB, ANZ, DIS, STR, SCU, SAN, LET, MOV, ACI) e uno più ridotto IND#6 (che considera solo gli indicatori UBA, AII; DAB, SAN, LET, ACI), prestando attenzione al fatto che in quest'ultimo insieme, essendo il numero di indicatori molto più ridotto, l'effetto di compensazione della funzione additiva risulta inferiore aumentando, inevitabilmente, la sensibilità ai valori estremi eventualmente presenti nei sei indicatori coinvolti.

M4 Il confronto

Come ricordato, l'analisi multivariata ha messo in evidenza come i tre ambiti montani siano sostanzialmente i più critici dal punto di vista socio-economico. Tale risultato risulta coerente con quanto successivamente riscontrato attraverso i numeri compositi. Nella tabella di Fig. 4 sono proposti gli score, sotto forma di numero indice, prendendo prima come riferimento di base l'alta pianura (suddivisa nell'AP7 dell'alta pianura pordenonese e nell'AP8 di quella friulana e isontina) ritenuta l'area geografica più agiata, assumendo poi come base lo score medio riferito all'intera regione.

Figura 4 - Numeri indice degli score medi con base (b) l'alta pianura e il FVG

AP	Normalizzazione via standardizzazione				Normalizzazione via <i>rescaling</i>			
	IND#15	IND#6	IND#15	IND#6	IND#15	IND#6	IND#15	IND#6
AP1	0,81	0,79	0,89	0,86	0,80	0,72	0,89	0,81
AP2	0,70	0,72	0,77	0,79	0,70	0,67	0,77	0,75
AP3	0,74	0,82	0,81	0,90	0,71	0,76	0,79	0,85
<i>montagna</i>	0,77	0,78	0,85	0,86	0,76	0,72	0,84	0,81
AP4	0,84	0,81	0,92	0,89	0,84	0,80	0,93	0,90
AP5	0,95	0,99	1,05	1,09	0,95	1,00	1,05	1,12
AP6	0,87	0,85	0,96	0,93	0,87	0,83	0,97	0,94
<i>pedemontana</i>	0,89	0,88	0,98	0,96	0,89	0,87	0,98	0,98
AP7	0,98	0,99	1,08	1,08	0,97	0,99	1,07	1,11
AP8	1,00	1,00	1,11	1,10	1,01	1,00	1,12	1,13
<i>alta pianura</i>	1,00 (b)	1,00 (b)	1,10	1,09	1,00(b)	1,00 (b)	1,11	1,12
AP9	1,01	1,07	1,11	1,18	1,00	1,07	1,10	1,21
AP10	0,84	0,83	0,92	0,91	0,83	0,80	0,92	0,90
AP11	1,06	1,10	1,16	1,20	1,06	1,10	1,17	1,23
AP12	0,90	0,95	0,99	1,04	0,87	0,85	0,96	0,95
<i>bassa e costa</i>	0,95	0,99	1,05	1,08	0,94	0,96	1,04	1,08
<i>FVG</i>	0,91	0,91	1,00(b)	1,00 (b)	0,90	0,89	1,00(b)	1,00 (b)

Fonte: Zaccomer (2018, p. 157)

I dati della tabella mostrano come il livello riscontrato nell'area montana oscilla tra il 77-78% per la standardizzazione, e tra il 72-76% per il rescaling: questi risultati permettono di affermare che la montagna ha un livello socio-economico minore di circa un quarto rispetto a quello riscontrato per l'alta pianura. A considerazioni simili si arriva prendendo come base il valore medio del FVG, ma in questo caso la misurazione del divario è ovviamente più basso, poiché anche la montagna concorre a determinare il livello regionale, pari a circa al 15-19%. È però importante sottolineare che, per una lettura oculata di questi valori, si deve ricordare che gli score dei CI non solo non riguardano esclusivamente le performance economiche, ma anche quelle sociali, e che la lettura delle relazioni tra il fenomeno indicato e i rispettivi indicatori è di tipo paesaggistico.

Conclusioni

Il contributo ha messo in evidenza come, all'interno di un'analisi territoriale di tipo socio-economico, come quella svolta durante la realizzazione del Piano Paesaggistico del FVG, gli strumenti statistici generalmente utilizzati per la zonizzazione di una regione possono essere accompagnati dal calcolo di opportuni indicatori compositi che permettono di verificare la coerenza della zonizzazione e di misurare attraverso un unico numero, più facile da utilizzare anche per il *policy maker*, le differenze territoriali.

Nonostante la coerenza dei risultati ritrovata tra i due metodi, multivariati e indicatori compositi, preme rilevare che l'utilizzo di quest'ultimo strumento statistico va sempre fatto con molta cautela poiché molte sono le decisioni che un ricercatore deve prendere in sede di costruzione. È quindi consigliabile procedere alla costruzione di diversi indicatori, come fatto per il progetto PaRiDe, in modo da verificare la robustezza finale dei risultati ottenuti.

Riferimenti bibliografici

De Montis A. (2016), "Measuring the performance of planning: the conformance of Italian landscape planning practices with the European Landscape Convention", *European Planning Studies*, 24: 1727-1745.

Organisation for Economic Co-operation and Development, Joint Research Centre of the European Commission (2008), *Handbook on constructing composite indicators. Methodology and user guide*, OECD Publisher, Paris.

Zaccomer G.P. (2008), *Economia, statistica e territorio. Informazione e metodologia statistica per la conoscenza dell'economia del Friuli Venezia Giulia*, Forum, Udine.

Zaccomer G.P. (2018), *L'analisi territoriale socio-economica in ambito paesaggistico. Gli indicatori compositi per la zonizzazione territoriale del friuli venezia giulia*, Forum, Udine.

Zani S., Cerioli A. (2007), *Analisi dei dati e data mining per le decisioni aziendali*, Giuffrè, Milano.

HotMaps: una piattaforma web per il supporto alla pianificazione energetica

Pietro Zambelli^(a), Antonio Novelli^(a), Simon Pezzutto^(a), Silvia Croce^(a),
Stefano Zambotti^(a)

(1 interlinea 12pt)

^(a) Eurac Research, Institute for Renewable Energy, Via Alessandro Volta 13/A
39100 Bolzano - Pietro.Zambelli@eurac.edu, Antonio.Novelli@eurac.edu;
Simon.Pezzutto@eurac.edu, Silvia.Croce@eurac.edu, Stefano.Zambotti@eurac.edu

Abstract

Ad oggi all'incirca la metà dell'energia consumata è dedicata al riscaldamento e raffreddamento e l'80% di questa energia è fornita da combustibili fossili. Per poter attuare politiche di riduzione delle emissioni di CO₂ è necessario trasformare il sistema attuale per il riscaldamento e raffreddamento.

HotMaps, un progetto Horizon 2020 finanziato dalla Commissione Europea, ha sviluppato una piattaforma online open-source che permette di stimare e quantificare, in modo speditivo, sia la domanda di riscaldamento e raffreddamento che il potenziale delle energie rinnovabili e delle risorse presenti sul territorio.

La piattaforma HotMaps è in grado di dare supporto nei processi di pianificazione del settore energetico a livello locale, regionale e nazionale. La piattaforma offre: (I) un set di dati (in formato raster, vector e testuale) visualizzabili e scaricabili, rilasciati come open-data, che caratterizzano la domanda energetica per il riscaldamento e raffreddamento, nonché i potenziali da rinnovabili per l'intera Unione Europea (EU28); (II) la possibilità di usufruire di un set di strumenti per selezionare un'area geografica di interesse ed estrarre alcuni indicatori essenziali; (III) la possibilità di poter calcolare ed applicare modelli energetico-economico-finanziari per valutare l'uso e lo sviluppo di reti di teleriscaldamento, di poter considerare l'uso del calore di scarto da processi industriali e la possibilità di poter stimare la quota parte della domanda energetica che può essere coperta da fonti rinnovabili. Includendo, in quest'ultimo caso la possibilità di poter valutarne la produzione e variabilità oraria (ad es. solare termico/fotovoltaico, eolico, geotermia di superficie a circuito chiuso, la biomassa forestale ed agricola).

L'articolo si propone di illustrare le soluzioni tecniche adottate e le funzionalità messe a disposizione dalla piattaforma.

1. Introduzione

All'interno dell'Unione Europea il 40% dei consumi è dovuta alla richiesta di riscaldamento e raffreddamento (European Commission, 2019). Solo una minima parte di questa energia è coperta dalla produzione energetica proveniente da fonti rinnovabili (~20%). Per poter ridurre significativamente le emissioni di CO₂ diventa essenziale agire, da un lato per ridurre i consumi (migliorando l'efficienza

del sistema) e dall'altro aumentando la produzione di energia proveniente da rinnovabili.

Per poter identificare dei piani e delle azioni che risultino efficaci, è importante considerare il problema considerando la variabilità spazio-temporale della domanda/consumo di energia verificando la disponibilità delle risorse locali di un territorio. Spesso le azioni di piano si basano su un bilancio energetico o di CO2 fatto a scala comunale/provinciale o regionale.

Per poter identificare delle azioni concrete ed efficaci è importante considerare il territorio prendendo in considerazione le peculiarità e la distribuzione sul territorio della domanda e delle risorse.

HotMaps è un progetto di ricerca, finanziato dall'Unione Europea, che ha come obiettivo quello di supportare i decisori politici nell'identificare una strategia energetica del proprio territorio e delle azioni di piano, in grado di aiutare la transizione energetica di un sistema ancora fortemente basato sulle fonte fossili ad uno basato sulle risorse locali e rinnovabili. HotMaps, promuove la transizione energetica sul territorio dell'Unione Europea attraverso tre principali assi: la creazione di un *dataset* di *open-data* che copre l'intera UE28, identificare un set di indicatori, e rendere facilmente fruibili dei modelli energetici in grado di prendere in considerazione la domanda ed il consumo di energia e la presenza e la disponibilità di risorse rinnovabili presenti sul proprio territorio.

L'articolo illustra le soluzioni tecnologiche che sono state adottate dal progetto e disponibili sulla piattaforma.

Materiali e metodi

L'approccio seguito da HotMaps nello sviluppo delle attività del progetto è stato quello di rilasciare sotto licenza *open* tutti i principali risultati del progetto. Inoltre, si è cercato, ove possibile, di scegliere sempre tecnologie/piattaforme che rendessero facili l'interazione con persone ed enti esterni al consorzio del progetto, in modo da poter discutere, revisionare ed includere i contributi provenienti da enti e persone non direttamente coinvolte dal progetto.

Il progetto vuole fornire una piattaforma web in grado di dare un supporto concreto nella pianificazione energetica per territori che vanno dalla scala comunale (*Local Administrative Units - LAU*), passando per quella provinciale (*Nomenclature of Territorial Units for Statistics - NUTS3*) e regionale (*NUTS2*) arrivando a quella nazionale (*NUTS0*) ed europea (EU28).

Il progetto non si limita però alla piattaforma, ma vuole fornire anche un dataset minimo per poter compiere le analisi preliminari in mancanza di altre informazioni più dettagliate. Per poter fornire questo servizio in modo trasparente si è deciso di rilasciare i dati che stanno alla base del servizio come *open-data*. Nella maggior parte dei casi la licenza utilizzata è la Creative Commons By 4.0 (CC-BY-4.0). I dati utilizzano come formato quello proposto dallo standard: *Frictionlessdata* (*Frictionlessdata*, 2019) promosso dalla Open Knowledge Foundation (OKFN, 2019). Il formato promosso da OKFN prevede di aggiungere al dato un file nel formato: *Java Script Object Notation (JSON)*, con il nome: *datapackage.json*. Il file json, leggibile facilmente sia da un uomo che da una macchina, contiene tutti i meta-dati principali, e va a completare così il dataset con informazioni aggiuntive, quali ad esempio: chi è l'autore del dato, quali dati sono stati usati, sotto che licenza viene rilasciato, qual è il significato

dei valori contenuti in quali colonne, etc. Il dataset così descritto è stato pubblicato su GitLab (2019) all'interno di un repository git (Git, 2019). Git è un sistema distribuito per il *versioning* del codice.

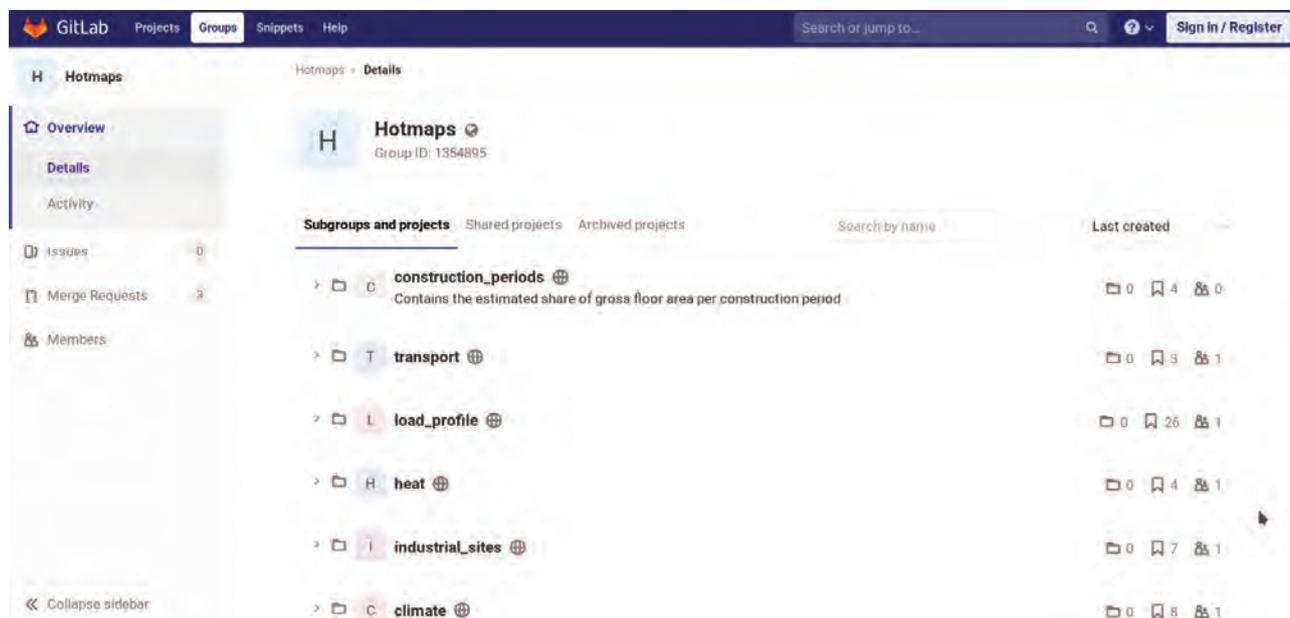


Figura 1 – Lista degli Open-data pubblicati sul repository gitlab (<https://gitlab.com/hotmaps>)

Tuttavia, si è ritenuto utile usarlo anche per i dati perché: permette di avere la storia di un data set dalla sua creazione alla sua ultima modifica, inoltre attraverso piattaforme come github/gitlab è possibile tener traccia dei problemi (*issues*) che gli utenti potrebbero trovare, e per gestire e revisionare le proposte di modifiche volte all'aggiornamento o al *bug-fixing* di errori nel (meta-)dato.

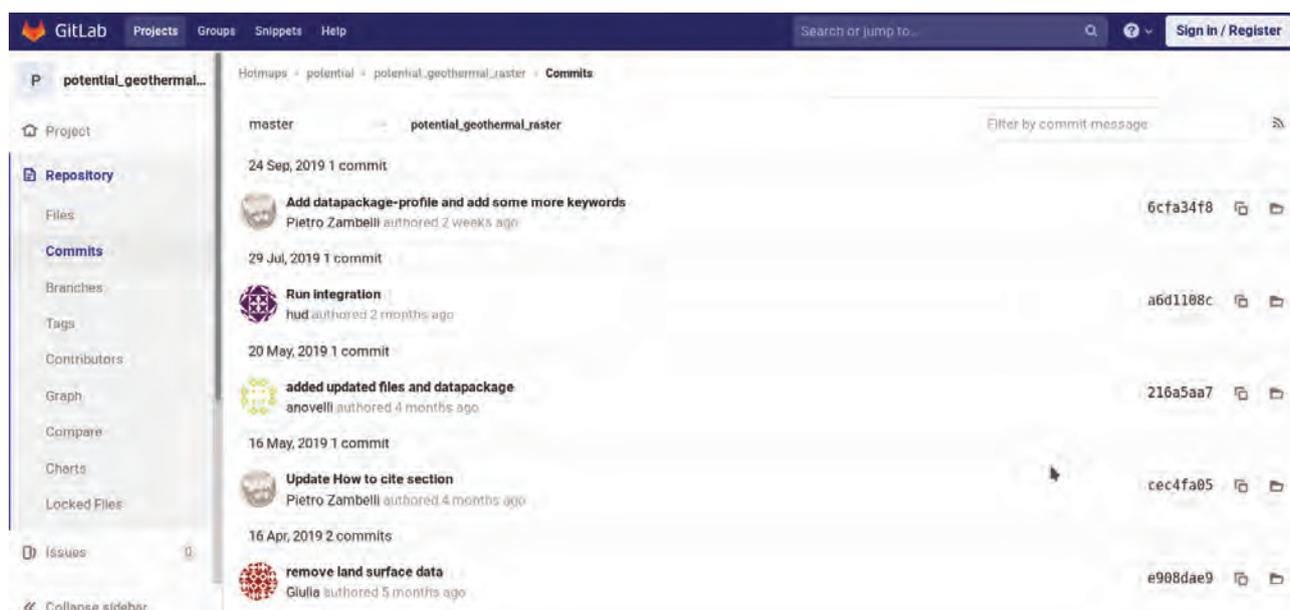


Figura 2 – Esempio dello storico dei cambiamenti fatti su un dato.

La piattaforma è in grado di leggere le informazioni presenti nel repository ed integra in modo automatico i datasets che vengono modificati / aggiornati.

Tutto il codice della piattaforma e dei moduli computazionali è open-source, rilasciato con licenza Apache2. Per la condivisione e revisione del codice il progetto si avvale del servizio offerto da GitHub (2019).

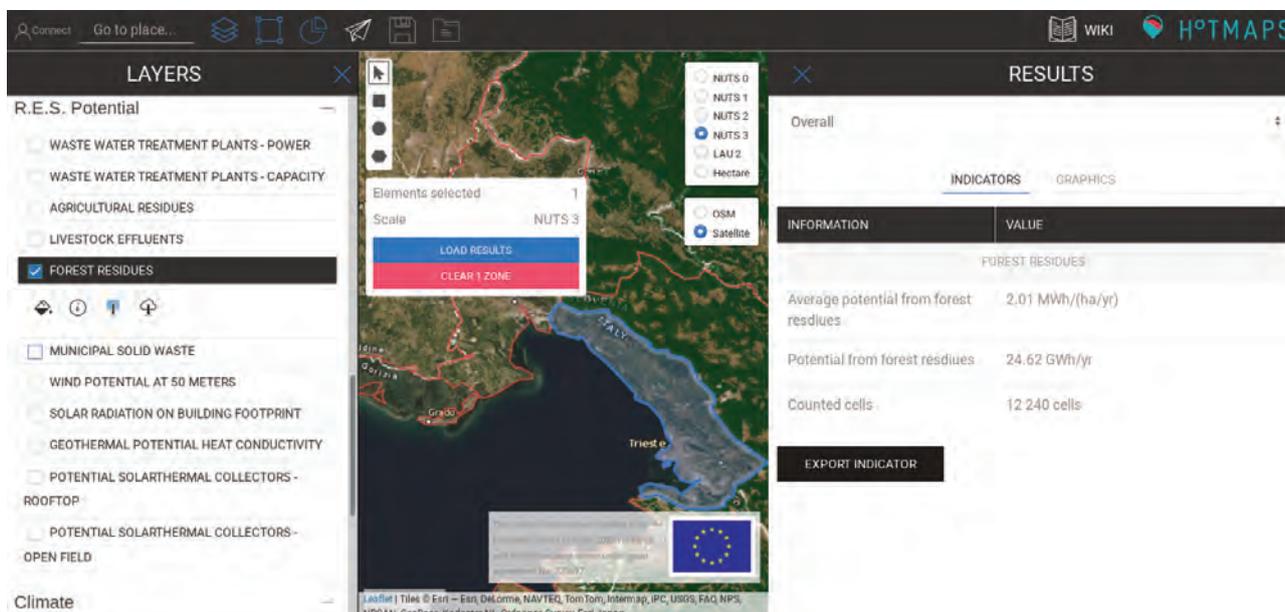


Figura 3 – Esempio di indicatori che è possibile estrarre attraverso la piattaforma online (<https://www.hotmaps.eu>)

Le scelte delle licenze e degli strumenti utilizzati per pubblicare il lavoro del progetto, nonché le modalità adottate nello sviluppo sono state selezionate per agevolare il contributo di enti e persone esterne al consorzio.

La piattaforma è composta da una data warehouse basata su Postgresql (2019) e sulla sua estensione spaziale PostGIS (2019), mentre utilizza RabbitMQ (2019) per la gestione dei messaggi tra i diversi servizi, e Celery (2019) per la gestione delle code e dei processi lanciati dai diversi client sulla piattaforma. Per la pubblicazione dei dati geografici la piattaforma usa GeoServer (2019).

Risultati

Gli open data generati/pubblicati dal progetto hanno superato i 40 datasets e sono tutti i dati che sono utilizzati dalla piattaforma.

La piattaforma è una piattaforma web che non richiede la registrazione per essere utilizzata.

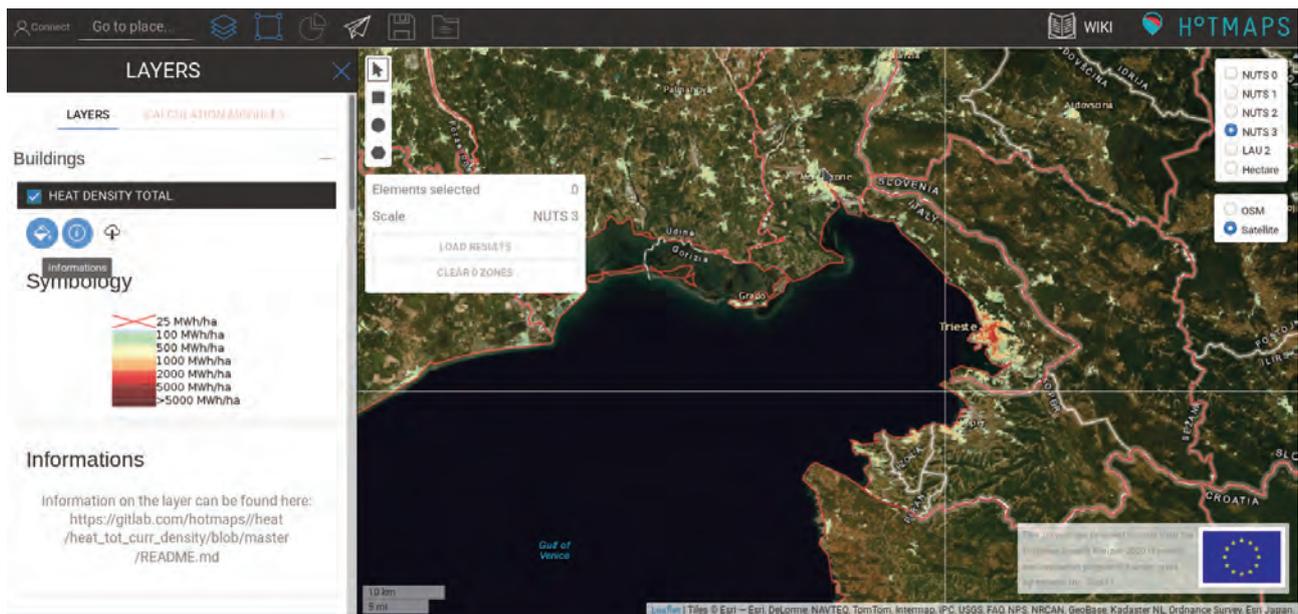


Figura 4 – Visualizzazione della domanda termica totale.

La piattaforma dà agli utenti la possibilità, non solo di usare i dati di default, quindi senza richiedere nessun input extra rispetto a quanto già presente nella piattaforma, ma di dare anche la possibilità di caricare e processare un set di dati forniti direttamente dall'utente.

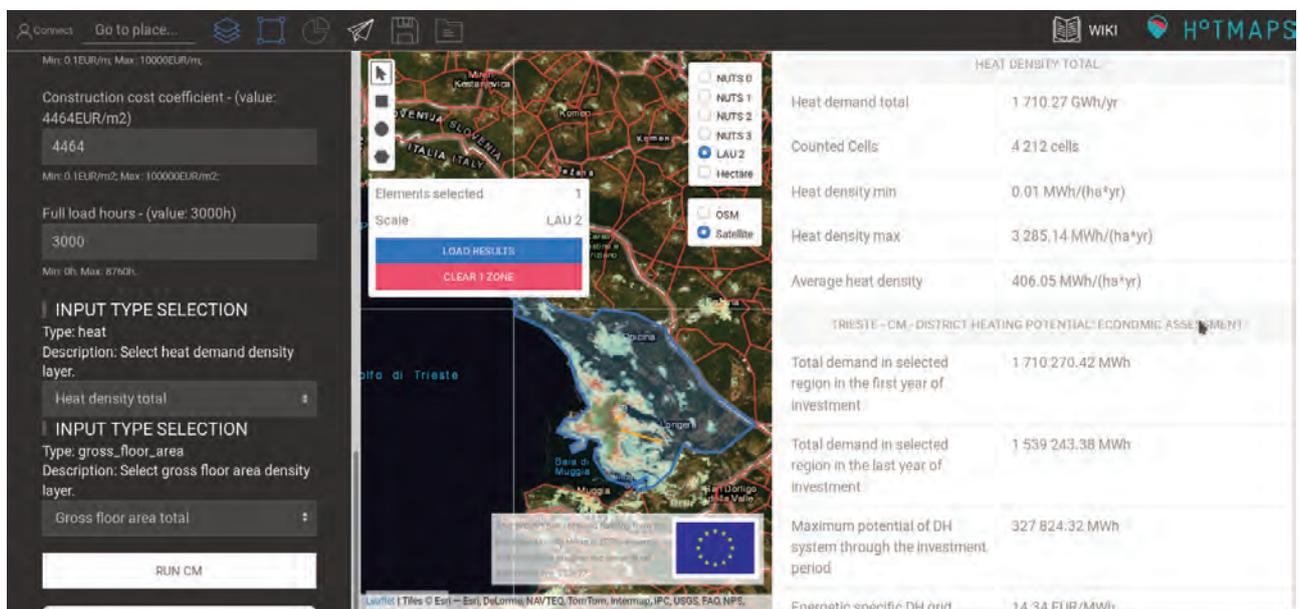


Figura 5 – Esempio di risultati di un modulo computazionale applicato a scala municipale (Trieste)

All'interno della piattaforma sono stati integrati diversi moduli computazionali di supporto nella definizione di strategie e di piani energetici, come ad esempio il modulo computazionale che valuta la disponibilità di biomassa proveniente da diverse fonti (residui forestali, residui agricoli, acque di scarico e rifiuti solidi urbani), oppure per valutare dove e quali sono i costi per realizzare o estendere una rete di teleriscaldamento.

Conclusioni

Il progetto HotMaps ha portato alla realizzazione di un repository che contiene open-data che coprono l'intera EU28. I dati sono disponibili per essere utilizzati, controllati e corretti da parte di chiunque.

Inoltre, il progetto ha realizzato una piattaforma interamente open-source per la visualizzazione ed elaborazione dei dati energetici che può essere di supporto nelle diverse fasi necessarie per la redazione di una strategia energetica a scala regionale/nazionale o per la realizzazione di un piano energetico.

Riferimenti bibliografici

European Commission (2019), "Heating and cooling, Facts and figures",

<https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/heating-and-cooling>

Creative Commons (2019), "Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)",

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Frictionlessdata (2019), "Frictionless data: Specifications and Software",

<https://frictionlessdata.io/>

Open Knowledge Foundation (2019), "Open Knowledge Foundation - OKFN",

<https://okfn.org/>

GitLab (2019), "GitLab named a Leader in Cloud-Native CI", <https://gitlab.com>

Git (2019), "Git --distributed-even-if-your-workflow-isnt", <https://www.git-scm.com/>

GitHub (2019), "Built for developers", <https://github.com/>

PostgreSQL (2019), "PostgreSQL: The World's Most Advanced Open Source

Relational Database", <https://www.postgresql.org/>

PostGIS (2019), "Spatial and Geographic objects for PostgreSQL",

<https://postgis.net/>

RabbitMQ (2019), "Messaging that just works", <https://www.rabbitmq.com/>

Celery (2019), "Celery: Distributed Task Queue",

<http://www.celeryproject.org/>

Geoserver (2019), "GeoServer is an open source server for sharing geospatial data", <http://geoserver.org/>

ProgettoPRO Punti di Riferimento Open

Fabio Zonetti ^(a), Roberta Tozzo ^(b)

^(a) e42.it Cartography website Roma, Via Pordenone 10 – 00071 Pomezia (RM), 06.90283682, info@e42.it

^(b) GeoCArT Geotopcartografia per la Geografia e l'Archeologia, Via Vico Consorti 97 – 00127 Roma, Tel 06.90283682, geocart@e42.it

Introduzione

ProgettoPRO è una rete di punti topografici misurati con strumentazione GNSS (in modalità *RTK* o *FAST-STATIC* o *STATIC*) e condivisi su una piattaforma *webGIS open-source* da cui si possono ricavare le informazioni quali, le coordinate geografiche e UTM nel S.R. ETRF2000 e le coordinate piane GAUSS-BOAGA¹.

Per ogni punto topografico, presente nella mappa *webGIS*, è disponibile il file *rinex* e la monografia, oltre alle altre informazioni a corredo, come la denominazione, il luogo, l'indirizzo, la data, il nome e l'email dell'autore di chi ha materializzato e misurato il caposaldo etc.

La piattaforma webGIS e la struttura dei dati

ProgettoPRO è ospitato sulla piattaforma QGISCloud free² che offre un *database* postgresQL con estensione PostGIS e consente di condividere i dati sui servizi *Web* conformi all' OGC³.

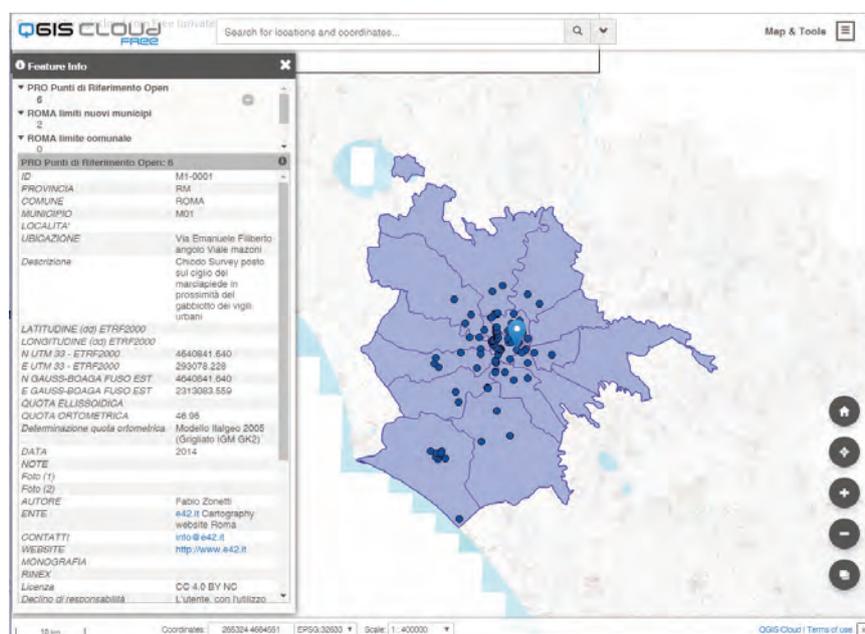


Figura 1 – progettoPRO su Piattaforma QGISCloud

¹ Le coordinate GAUSS-BOAGA sono ricavate tramite trasformazione con l'uso di grigliati IGM GK2.

² [Http://www.qgiscloud.com](http://www.qgiscloud.com)

³ Open Geospatial Consortium (<https://www.opengeospatial.org>).

I campi degli attributi sono tutti di tipo testo e consistono in: ID⁴, PROVINCIA, COMUNE, MUNICIPIO, LOCALITA', UBICAZIONE, DESCRIZIONE, LATITUDINE E LONGITUDINE ETRF2000, COORDINATE N ed E nel Sistema di Riferimento UTM Fuso 33 ETRF2000 e Gauss-Boaga Fuso Est, QUOTA ELLISSOIDICA, QUOTA ORTOMETRICA, DETERMINAZIONE QUOTA ORTOMETRICA, DATA, NOTE, FOTO, AUTORE, ENTE, CONTATTI, SITO WEB, MONOGRAFIA e RIXEX.

Tutti i dati del progettoPRO sono disponibili nei servizi *Web* WMS e WFS⁵

Scopi

L'obiettivo principale di progettoPRO è quello di creare una rete di caposaldi misurati con strumentazione GNSS⁶, utili per chi ancora oggi esegue misurazioni topografiche con strumentazione tipo stazione totale e ha la necessità di collegarsi a punti di coordinate note per georeferenziare il proprio rilievo.

ProgettoPRO prevede anche un raffittimento dei caposaldi, le cui coordinate saranno calcolate da misure topografiche di tipo tradizionale⁷, ancorate ai caposaldi GNSS, in modo così di ottenere una maglia di caposaldi nelle zone di *canyon* urbani⁸, zone fortemente intense di vegetazione, etc. e comunque dove non risulta possibile effettuare misurazioni con strumentazione GNSS.

Come fare per contribuire

La partecipazione è aperta a tutti e chiunque è libero di condividere le coordinate dei punti di riferimento da se stesso misurati, a condizione che utilizzi la licenza CC⁹ BY NC.

I dati, per essere inseriti nella piattaforma progettoPRO, devono corrispondere ad un punto materializzato sul territorio¹⁰, le misurazioni devono necessariamente essere eseguite con strumentazione professionale ed è obbligatorio fornire il file *Rinex*.

I dati acquisiti dall'utente devono essere inviati all'indirizzo email progettopro@e42.it e, se conformi¹¹, saranno pubblicati nella *webmap*.

Sitografia

<http://www.progettopro.cloud>

<http://progettopro.e42.it>

<http://www.qgiscloud.com>

⁴ MX-0000n M=Municipio, X=Numero del Municipio, n=Numero progressivo d'inserimento di ogni singolo caposaldo per lo stesso Municipio.

⁵ <https://wms.qgiscloud.com/ProgettoPRO/ProgettoPRO/>

⁶ Le misure GNSS devono essere acquisite in modalità RTK o FAST-STATIC o STATIC.

⁷ Misure non GNSS (Stazione Totale, Teodolite con distanziometro, etc.).

⁸ Zone ostili per le misure GNSS a causa della scarsa visibilità del cielo da parte degli edifici.

⁹ Creative Commons (<https://creativecommons.org/>).

¹⁰ Chiodo topografico o simile, materializzato in modo che possa perdurare nel tempo.

¹¹ Sono richiesti tutti i dati relativi ai campi attributo ed è fondamentale accettare la licenza CC-BY.NC e fornire il file *Rinex*.

REALIZZAZIONE DEL CATASTO DELLE STRADE DELLA REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA

Adriano Facchin (Digital Rilievi s.r.l.); Massimo Rumor (3DGIS s.r.l.) Sara Di Menna (Helica s.r.l.)

La fase di rilievo

La fase di rilievo è stata caratterizzata da un insieme di attività, coordinate fra loro in maniera tale da fornire tutti gli elementi necessari alla successiva restituzione. Il progetto esecutivo ha avuto lo scopo di definire in dettaglio le tempistiche e le singole fasi operative anche in funzione delle indicazioni impartite dalla Direzione Lavori.

Il rilievo ad alto rendimento è stato effettuato iniziando alla progressiva 0+00 di ogni singola strada, effettuando il percorso di andata con progressive crescenti. Il percorso di ritorno è stato realizzato immediatamente dopo, nella stessa giornata o al massimo nella giornata lavorativa seguente. Il rilievo non è stato mai interrotto se non per cause di forza maggiore (cattive condizioni del traffico, eventi meteo improvvisi ecc.) ed in questi casi è stato ripetuto per l'intera strada o per una porzione di strada non inferiore a 20 km. Per quanto riguarda le rotonde, esse sono state percorse interamente (un giro completo) sia durante il rilievo in andata che durante il rilievo in ritorno.

La velocità di acquisizione è stata inferiore o uguale a ≈ 30 km/h, per cui a tale velocità, che corrisponde a 8,3 m/sec, con una frequenza di rotazione dello scanner pari a 100 hz, sono state rilevate sezioni con *line spacing* massimo pari a 8,3 cm. I punti lungo la sezione hanno una interdistanza (calcolata a 2,5 metri dal fuoco del laser) di 0,8 cm. densità della nuvola è stata mediamente di circa 2.300 pts/mq. Il laser utilizzato è un *full circle* per cui, in galleria, non ci sono state zone occluse al rilievo. La frequenza di scatto delle immagini è stata impostata ogni 2,5 metri di percorso del veicolo. Il rilievo delle coordinate è stato effettuato dal sistema GNSS/INS e il relativo tracciato calcolato in *Post Processing* ad una frequenza di 100 Hz.

Per il rilievo MMS sono state utilizzate tutte le stazioni Master della rete regionale A. Marussi. Il software di calcolo della traiettoria ha consentito di utilizzare il posizionamento di una o più multibase virtuali lungo il tracciato, per cui è stato possibile effettuare il rilievo completo delle varie strade senza doverlo interrompere per eccessiva distanza dalla base. In questo modo il progetto non è stato

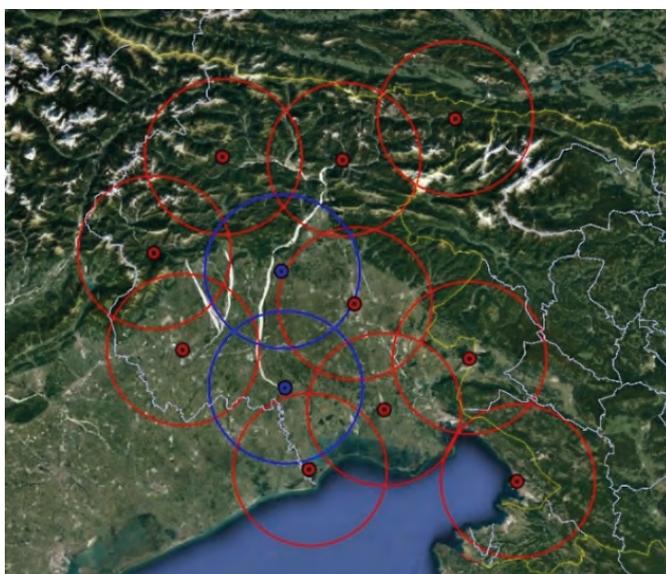


Figura 1: Copertura Rete GNSS a 20 km

condizionato dalla localizzazione delle stazioni Master ed il rilievo della strada ha potuto essere condotto in maniera continuativa senza interruzioni, per tutta la sua estensione. Per mantenere la distanza massima dalla base inferiore a 20 km e migliorare così la qualità del rilievo, sono stati istituiti 2 punti integrativi, uno in zona San Daniele Del Friuli ed uno in zona Madrisio. Le coordinate di tali punti sono state determinate a partire dalla rete regionale con sessioni di misura "statica" di almeno 60 minuti. Nella figura presentata sopra si vede tracciata la copertura a 20 km della rete regionale con l'integrazione prevista.

Come parte migliorativa del progetto, è stato realizzato anche un volo LiDAR e fotogrammetrico su tutta la rete stradale oggetto del servizio. L'acquisizione di dati LiDAR e fotogrammetrici, ripresi dall'alto, è stata molto utile alla definizione di tutti quegli attributi che generalmente dal rilievo ad alto rendimento risultano di difficile determinazione, quali ad esempio l'altezza delle scarpate (in rilevato) e la presenza del fosso di guardia, sia in trincea che in rilevato.

La pianificazione della ripresa aerea ha tenuto conto delle principali caratteristiche del territorio preso in esame, ovvero:

- gli aspetti morfologici: circa il 60% dell'area oggetto di rilievo è caratterizzata da territorio pianeggiante mentre il restante 40% è costituito da zone montuose.
- La presenza di centri abitati presenti sul territorio
- La presenza di aree interdette al volo o che hanno necessitato di specifiche autorizzazioni;
- Lo stato di servizio delle stazioni di riferimento a terra delle Reti GNSS della Regione.

Il rilievo è stato eseguito in modalità "corridoio", a cavallo cioè dell'asse stradale.

I dati restituiti sono tutti in formato "aperto" e visibile in chiaro, sia per quanto riguarda la traiettoria, per i file di georeferenziazione delle immagini che per i file delle coordinate di scatto delle videocamere, questi sono stati memorizzati in formato ASCII. Le nuvole di punti processate sono state poi trattate utilizzando sia un formato interno che il formato LAS.

Il primo passaggio di calcolo è costituito dalla risoluzione della traiettoria del veicolo calcolata ad una frequenza di 100 Hz che contiene, oltre alle 3 coordinate piano altimetriche, anche i valori di assetto del veicolo (*roll*, *pitch* e *heading*) per ogni punto. La traiettoria è stata verificata in 2 modalità, la prima attraverso la verifica sui *ground control point* (GCP) e la seconda attraverso la verifica reciproca dei due percorsi di andata e ritorno. Dato che il limite di accuratezza fissato è stato di 20 cm piano altimetrici, qualora dai controlli risultasse una traiettoria fuori tolleranza, essa è stata ricalcolata vincolandola sui Ground Control Point. Una volta definita la traiettoria finale è stata effettuata la georeferenziazione delle nuvole di punti e delle immagini.

L'estrazione delle informazioni necessarie al CDS è avvenuta in 2 fasi: la prima ha riguardato l'estrazione delle informazioni metriche mentre la seconda ha riguardato l'inserimento degli attributi per i singoli eventi. Per l'estrazione delle

informazioni metriche si sono utilizzate esclusivamente le nuvole di punti poiché più dettagliate e precise delle immagini e si è proceduto mediante un apposito software di visualizzazione 3D di concezione fotogrammetrica. Sono stati disegnati tutti gli elementi puntuali e i vettori necessari ad ottenere le misure richieste. Di grande utilità in questa fase sono stati i rilievi LiDAR Aerei che hanno consentito una restituzione completa degli elementi anche là dove il rilievo MMS non fosse stato sufficiente.

L'acquisizione contemporanea di dato fotografico e LiDAR da piattaforma

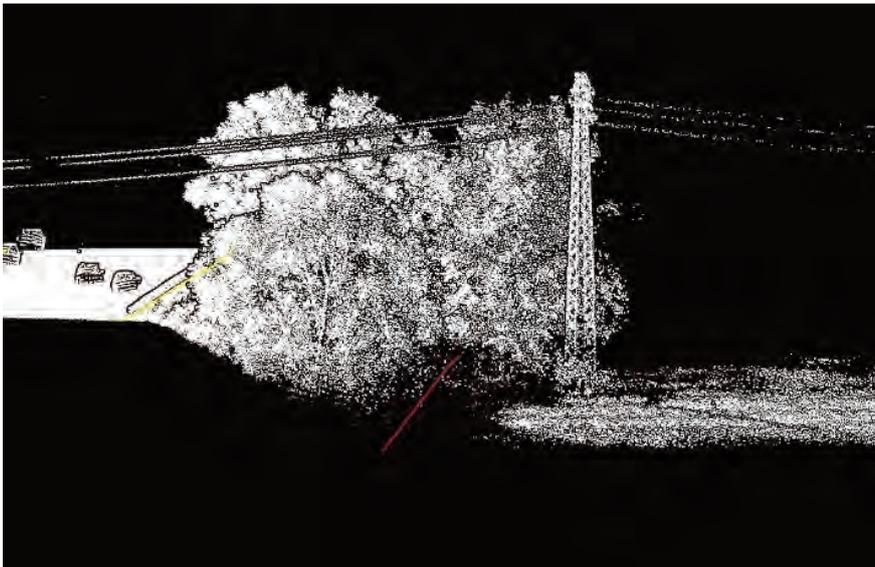


Figura 2: Dati Lidar solo da MMS

aviotrasportata non solo ha migliorato e completato il dato di partenza, ma ha reso possibile la definizione, e quindi la restituzione, di elementi che altrimenti non sarebbero stati apprezzati utilizzando esclusivamente un dato acquisito su strada. A titolo di esempio si considerino

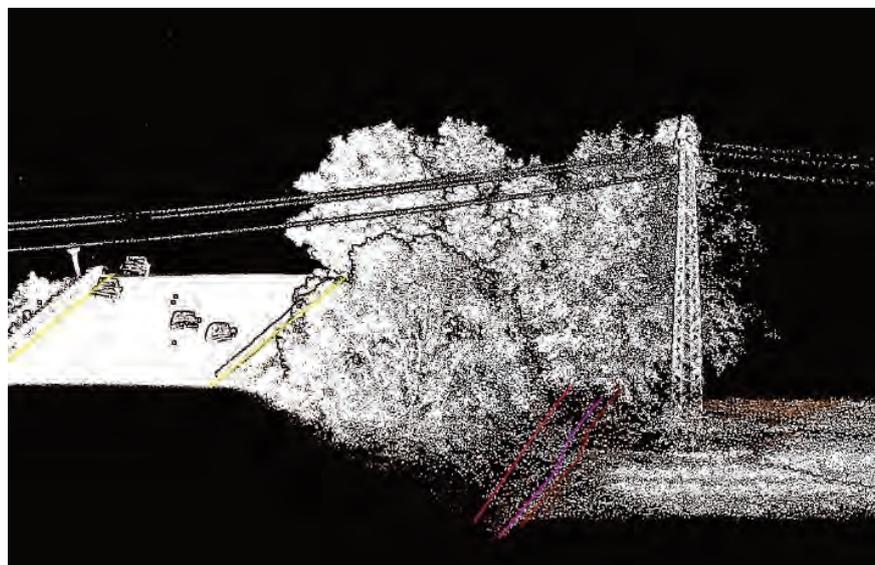


Figura 3: Dati Lidar da MMS + Lidar Aereo

le due immagini a fianco.

Nell'ambito della restituzione dei dati che poi hanno costituito i differenti livelli del DataBase Geografico, è stato possibile non solo stabilire l'andamento plano-altimetrico e le caratteristiche geometriche del corpo stradale in tutti i suoi elementi, ma anche

restituire informazioni relative alla segnaletica verticale, all'illuminazione stradale e molto altro. La combinazione dei due dataset ha permesso di avere un rilievo praticamente privo di zone d'ombra.

I controlli eseguiti sulla restituzione, siano essi stati di tipo formale, topologico e semantico, hanno consentito di massimizzare la qualità del dato restituito

sotto forma di DataBase.

È stato effettuato inoltre il rilievo per l'analisi dello stato di deformazione superficiale mediante confronto della superficie rilevata della pavimentazione con un piano ideale pavimentato.

Da questa elaborazione è stata prodotta una mappa delle deformazioni dove sono state evidenziate con apposita scala di colori la posizione e la profondità di tali deformazioni. Per la restituzione della superficie di riferimento sono stati utilizzati gli elementi già definiti a livello di primitive grafiche, quali il profilo longitudinale in asse e le linee della segnaletica orizzontale laterale.

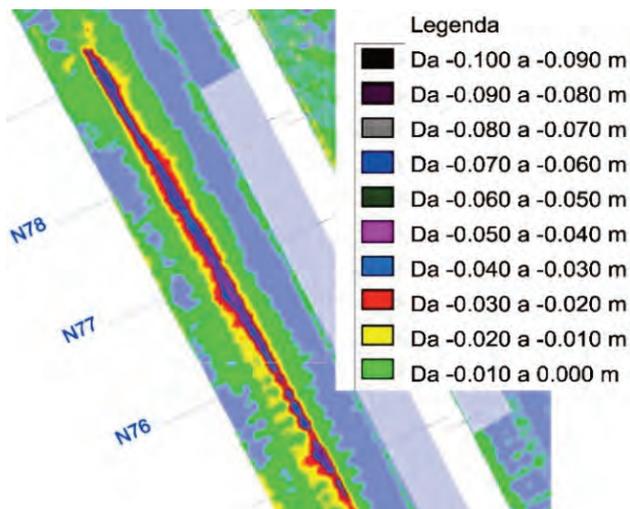


Figura 4 Mappa delle deformazioni superficiali

Software webgis carto

carto è la piattaforma WebGIS sviluppata da 3DGIS per la pubblicazione e gestione dell'informazione territoriale e cartografica in particolare per la gestione del catasto strade.

carto è stato progettato per essere il punto di accesso alla cartografia, capace di integrarsi con molteplici sistemi, anche non spazialmente abilitati.

Il sistema informativo installato permette la completa gestione del Catasto Strade sia in fase di creazione che di aggiornamento.

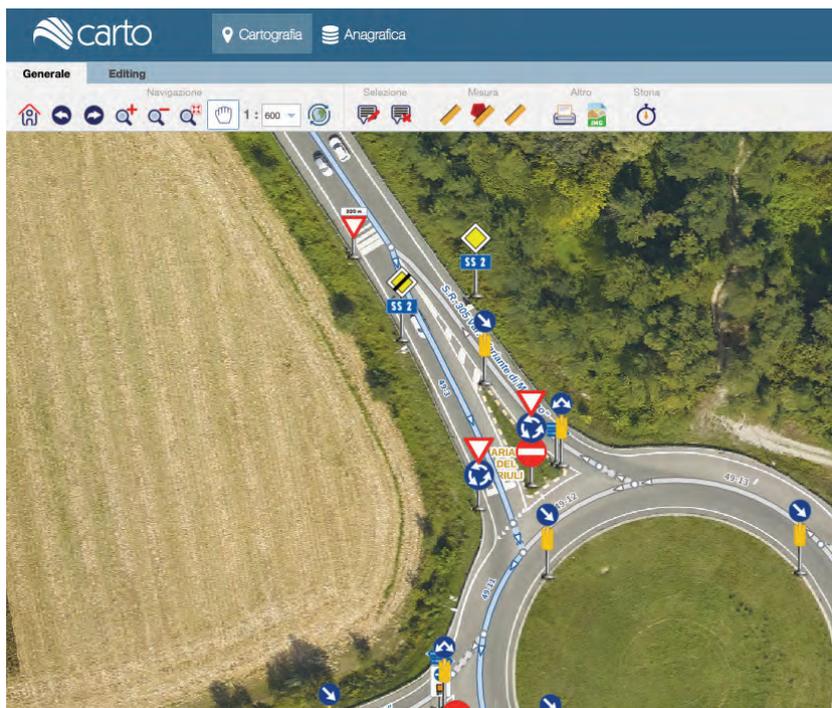


Figura 5 Dettaglio dell'applicazione web.

L'impostazione generale del software dà ampio spazio e importanza alla visualizzazione della cartografia, che riteniamo faciliti l'operatività e contribuisca alla comprensione di dati complessi.

Permette di visualizzare su cartografia ed anagrafica i dati organizzati in tematismi. Gli elementi possono essere consultati attraverso ricerche

alfanumeriche e spaziali ed esportati in formato ShapeFile, Excel o DXF. È possibile modificare la tematizzazione della cartografia e stampare la mappa in formato PDF comprensiva delle legende. I tematismi possono essere pubblicati verso l'esterno con un'interfaccia semplificata. I dati possono essere modificati sia per la componente alfanumerica che per quella spaziale anche da più di un utente grazie alle aree ad accesso esclusivo. Il dato può essere storicizzato consentendo la gestione del ciclo di vita dell'informazione. Ogni modifica ai dati può essere registrata attraverso la funzionalità di audit per verificare chi, quando e quale modifica è stata eseguita.

Il modulo consente infine la creazione e la modifica dinamica di nuovi elementi direttamente nella componente di amministrazione del sistema a partire da una tabella o da uno ShapeFile.

Con *carto* è possibile gestire il catasto strade attraverso la segmentazione dinamica. Vengono quindi gestiti tutti i manufatti e qualsiasi informazione relativa alla viabilità ed alle sue adiacenze. Ogni evento sul grafo stradale è associato ad un tipo tra quelli previsti dal DM Catasto Strade oppure creato appositamente dalla sezione di amministrazione. È possibile gestire la segnaletica orizzontale come evento sul grafo sia lineare che puntuale.

La segnaletica verticale può essere classificata secondo i gruppi definiti dal Codice della Strada. La scheda di dettaglio del singolo segnale stradale offre la possibilità di visualizzare gli attributi, l'impianto collegato, i dati e le immagini rilevate. È possibile la gestione degli impianti pubblicitari, consentendone il censimento, la visualizzazione su mappa e l'editing della scheda anagrafica.

Il software consente infine la visualizzazione dei fotogrammi con la possibilità di viaggiare sul grafo ed avanzare automaticamente fotogramma per fotogramma nel verso dell'arco.

Il software permette di configurare e gestire le condizioni topologiche sui dati, in particolare quelle relative alla verifica di connessione del grafo (arco - arco, arco - nodo), intersezione, contenimento, disgiunzione, adiacenza.

Ad ogni aggiornamento e importazione dei dati *carto* esegue una validazione formale sui dati e un controllo sulla loro validità rispetto al modello dati.

Carto ha un modulo di analisi che rende possibile effettuare delle estrazioni di dati complesse e creare dei grafici associati ad esse.

Queste estrazioni possono essere salvate e programmate nel tempo ed inoltre possono essere utilizzate nei tematismi integrando ed arricchendo

Alla base dell'analisi vi è il concetto del modello che rappresenta la definizione delle operazioni che andranno effettuate sui dati definiti.

Dopo essere stato definito il modello viene eseguito dall'operatore oppure viene programmato per essere eseguito ciclicamente.

Il visualizzatore 3D è basato sul software *cityvu* e consente la visualizzazione degli scenari urbani via Web attraverso l'impiego di tecniche di streaming. Oltre alla visualizzazione LIDAR, lo strumento è stato impiegato con successo nell'ambito della visualizzazione di scenari urbani, sia per la pubblicazione di DBT 3D, che per la partecipazione civica e la valutazione dei progetti. Al fine di

ottimizzare la visualizzazione della stessa sui client e adeguare la scena alle performance dell'hardware sottostante, viene utilizzata una tecnica di streaming di cluster di punti basata sugli octree. Questo consente di variare il numero di punti visualizzati in base alla distanza e alle performance dell'hardware, consentendo la variazione del livello di dettaglio (LOD).

La visualizzazione della nuvola di punti supporta la vestizione per intensità, e RGB.

Il software consente la classificazione di nuovi oggetti dalla visualizzazione della nuvola di punti, e mette a disposizione strumenti per la misura sui dati di campo sulla nuvola di punti e sulla componente cartografica 2D.

Lo strumento consente la misurazione di distanze lineari attraverso l'impiego di linee spezzate. Ogni segmento della poli-linea contribuisce alla misura complessiva.

Software mobile carto.app

3DGIS ha sviluppato una nuova applicazione mobile *carto.app* che rappresenta la naturale estensione di *carto* per l'utilizzo in mobilità dei dati e delle funzionalità.

La nuova applicazione per sistema operativo Android permette di visualizzare e interrogare il catasto strade caricato sull'applicativo web *carto*. Tramite l'applicazione è possibile creare una sessione di campagna per eseguire dei rilievi creando o modificando gli attributi segmentati del catasto strade assegnano anche immagini dalla fotocamera o dalla galleria.

L'applicazione mobile consente di rilevare la posizione attuale indicata dal sistema A-GPS integrato nel dispositivo.

L'operatore durante la sessione di campagna per il rilievo ha la possibilità di modificare manualmente la posizione indicata dall'applicazione, per compensare eventuali errori di posizionamento intrinseci del GPS.

carto.app permette di visualizzare e interrogare gli elementi stradali e tutti gli attributi segmentati caricati nell'applicazione web *carto*. La visualizzazione degli attributi segmentati, come per l'applicazione web, rispetta le impostazioni



Figura 6 Dettaglio dell'applicazione mobile.

di offset dell'elemento. È possibile inoltre aprire una sessione di campagna per il rilievo di nuovi attributi segmentati o la modifica di esistenti. Ogni attributo segmentato può essere modificato sia nella sua componente geometrica, andando ad agire nelle progressive relative iniziali e finali, sia nella sua componente alfanumerica, andando a modificare il valore dell'attributo o la relativa tipologica.

Quando una sessione di campagna viene chiusa può essere inviata all'applicativo web *carto* per la sua validazione ed eventuale applicazione alla banca dati.

La soluzione consente la profilazione degli utenti con accesso esclusivo all'applicazione mobile. In questo modo è possibile creare utenti per operatori esterni all'organizzazione, con permessi limitati solo alle attività richieste.



Figura 7 Dettaglio dell'applicazione mobile con la segnaletica.

Geodata4all, le azioni di AgID per rendere disponibili i dati territoriali a tutti gli utenti

Gabriele Ciasullo (a), Antonio Rotundo (a)

(a) Agenzia per l'Italia Digitale, Via Liszt 21 – 00144 Roma, tel. 06852641, e-mail {ciasullo}{antonio.rotundo}@agid.gov.it

L'Agenzia per l'Italia Digitale (AgID) è impegnata ad implementare una strategia nazionale per una infrastruttura per l'informazione del settore pubblico come base di conoscenza di tutte le risorse informative delle pubbliche amministrazioni, al fine di rendere fruibili tali risorse ad un pubblico sempre più vasto e diversificato.

Le componenti principali di tale infrastruttura sono rappresentate dai due cataloghi nazionali di metadati, il Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali (RNDDT)¹ e il portale dei dati aperti², strumenti che consentono agli utenti di conoscere la dimensione e le caratteristiche del patrimonio informativo pubblico relativamente al dominio di pertinenza (dati territoriali, il primo, e dati aperti, il secondo) ai fini dell'accesso e dell'utilizzo.

I due cataloghi sono basati su specifiche tecniche definite anch'esse da AgID³ nell'ambito del più ampio *framework* di interoperabilità europeo e con riferimento ai pertinenti standard internazionali⁴.

La sempre crescente disponibilità di dati e servizi da parte della pubblica amministrazione ha, infatti, richiesto l'adozione di schemi, descrizioni e classificazioni condivisi e interoperabili. Ciò sia per agevolare il compito delle stesse amministrazioni che devono rendere disponibili le informazioni su dati e servizi sia per gli utenti che devono essere facilitati nella ricerca e nell'interpretazione e l'analisi dei risultati di tale ricerca.

Sulla base delle regole e degli strumenti messi a disposizione da AgID, le amministrazioni provvedono (ormai da anni per il RNDDT e più recentemente per dati.gov.it) a documentare le risorse informative di cui sono titolari per renderle disponibili agli utenti interessati (cittadini, professionisti, imprese, altre PA, ecc.).

¹ <https://geodati.gov.it>

² <https://www.dati.gov.it/>

³ Per il RNDDT, il decreto della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 10 novembre 2011 recante "Regole tecniche per la definizione del contenuto del Repertorio nazionale dei dati territoriali, nonché delle modalità di prima costituzione e di aggiornamento dello stesso" pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 48 del 27/02/2012 - Supplemento ordinario n. 37, in corso di revisione.

Per dati.gov.it, il profilo applicativo nazionale DCAT-AP_IT (<https://www.dati.gov.it/content/dcat-ap-it-v10-profilo-italiano-dcat-ap-0>).

⁴ Per il RNDDT la Direttiva INSPIRE (<https://inspire.ec.europa.eu/>) e gli Standard ISO e OGC. Per dati.gov.it, il profilo applicativo europeo DCAT-AP, DCAT Application Profile for data portals in Europe (<https://joinup.ec.europa.eu/solution/dcat-application-profile-data-portals-europe>).

Per i dati territoriali, in particolare, al fine di favorire questo processo di conoscibilità e disponibilità dei dati, con l'implementazione e messa in produzione della nuova versione del RNDT sono state realizzate nuove funzionalità per facilitare e migliorare la ricerca, l'accesso e l'utilizzo dei dati, anche in funzione dell'obiettivo più generale di allargare la platea di utenti.

Appare evidente, infatti, che uno dei fattori che influenzano e guidano l'esperienza degli utenti è la competenza specifica e la condizione degli utenti stessi. In tale ottica, le diverse funzionalità implementate sono finalizzate a soddisfare le esigenze delle differenti tipologie di utenti.

Nel prosieguo di questo articolo, si fornisce una sintesi degli strumenti disponibili per la ricerca e l'accesso dei dati in funzione della tipologia di utenza, a partire da quella più "naturale" rappresentata dagli esperti del settore geo.

Utenti esperti del dominio geo

Per gli esperti di dominio geo il portale mette a disposizione le funzionalità di ricerca avanzata e i servizi di rete.

Attraverso la ricerca dettagliata⁵ è possibile impostare specifici criteri, che, in conformità di quanto disposto nel contesto INSPIRE, sono i seguenti: tipologia di risorsa (tra dataset, serie, servizi), testo libero, parola chiave, localizzazione geografica (tramite limite amministrativo, *bounding box* disegnato su mappa o coordinate), amministrazione responsabile, estensione temporale. Si può poi scegliere l'ordine di visualizzazione, l'eventuale anteprima dei risultati o direttamente i risultati stessi. Saranno quindi visualizzati i metadati che soddisfano la combinazione dei criteri impostati.

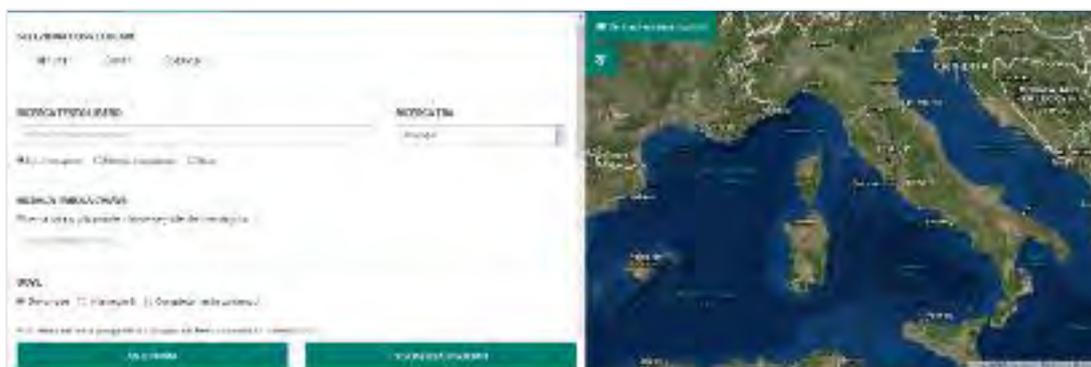


Figura 1 – La ricerca dettagliata nel RNDT

È disponibile anche una vista predefinita basata su un filtro preimpostato, rappresentato dai *cluster* tematici⁶ e i temi INSPIRE⁷. Si può scegliere uno dei 9 *cluster* tematici (definiti nell'ambito di INSPIRE) per visualizzare i temi che lo

⁵ <https://geodati.gov.it/geoportale/ricerca-dettagliata>

⁶ I 9 cluster tematici sono: "Biodiversità e Aree sottoposte a gestione", "Copertura del suolo e Utilizzo del Territorio", "Dati di base topografici e catastali", "Elevazione, Orto immagini, Sistemi di Riferimento, Griglie geografiche", "Impianti e Servizi di pubblica utilità", "Mare e Atmosfera", "Monitoraggio e Osservazioni ambientali", "Scienze della Terra", "Statistica".

⁷ <https://inspire.ec.europa.eu/Themes/Data-Specifications/2892>

compongono e, quindi, scegliendo uno di tali temi vengono visualizzati tutti i metadati relativi ai dati che fanno riferimento al tema stesso.

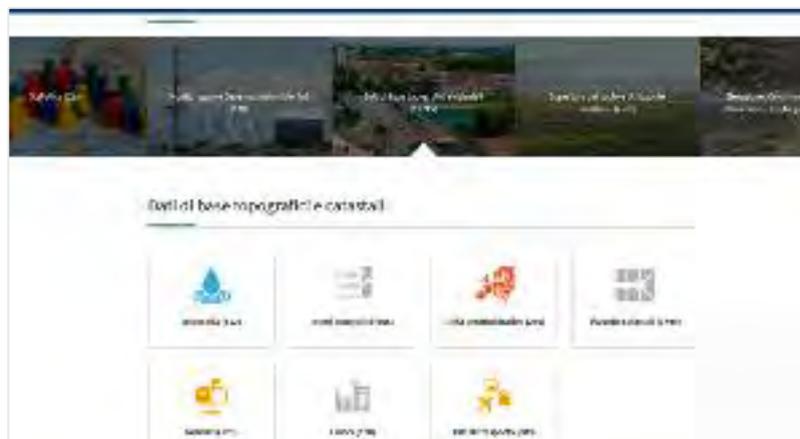


Figura 2 – La ricerca per cluster tematici e temi INSPIRE nel RNDT

A prescindere dal tipo di ricerca scelto, i risultati saranno visualizzati in un elenco che fornisce le informazioni minime su ciascuno: tipologia (dataset, serie o servizio), titolo, descrizione, tema INSPIRE di riferimento e informazioni di contatto del responsabile e del "punto di contatto".

Una volta individuati i metadati di interesse, si può visualizzare la scheda completa dei metadati o il file XML, accedere al sito eventualmente indicato o, in caso di servizio di rete (es. WMS o WFS), aprire il servizio nel visualizzatore o utilizzare l'URL del servizio o del documento di *capabilities* nel proprio ambiente di lavoro.



Figura 3 – I risultati della ricerca nel RNDT

Per quanto riguarda i servizi di rete, il RNDT fornisce il servizio di ricerca basato sullo standard CSW (*Catalogue Service for the Web*)⁸ definito dall'*Open Geospatial Consortium* (OGC), e coerente con le linee guida tecniche INSPIRE

⁸ <https://geodati.gov.it/geoportale/strumenti/2015-04-21-22-41-05>

sui *discovery services*⁹. Attraverso *client* esterni è possibile inviare richieste standard impostando specifici filtri.

Utenti sviluppatori

La ricerca dei dati nel RNDT è possibile anche tramite API REST. Per interrogare il Catalogo, l'URL da utilizzare è il seguente:

```
http://geodati.gov.it/RNDT/rest/find/document?<parametro>&<parametro>&...
```

dove *<parametro>* è uno dei parametri REST disponibili.

Il motore di ricerca è basato su Apache Lucene; per sfruttare al meglio la ricerca, può essere utile conoscere la sintassi delle *query* Lucene per le ricerche di testo. Nella pagina del sito RNDT dedicata¹⁰ sono indicati i parametri disponibili, gli elementi dei metadati interrogabili da utilizzare nelle ricerche nel RNDT e specifici esempi.

Le specifiche delle API di RNDT sono anche descritte secondo la specifica OpenAPI¹¹.

Per gli utenti che non hanno dimestichezza con la composizione delle richieste REST, il portale rende disponibile anche una funzione che, a partire dai risultati della ricerca dettagliata effettuata da interfaccia, restituisce l'URL della richiesta REST.

Utenti esperti del dominio open data

All'inizio dell'articolo si è detto dei due cataloghi: quello per i dati territoriali, RNDT, e quello per i dati aperti, dati.gov.it.

L'attività di documentazione nei due cataloghi, da parte delle amministrazioni, ha "naturalmente" prodotto un'area di sovrapposizione dei due ambiti di applicazione (dati territoriali e dati aperti), rappresentata appunto dai dati territoriali di tipo aperto: ciò ha comportato, ad esempio, una duplicazione delle informazioni descrittive nei due cataloghi di riferimento, con il rischio che esse non siano allineate e/o aggiornate, e in alcuni casi siano addirittura discordanti, compromettendo l'attendibilità delle informazioni stesse.

Per superare le criticità evidenziate e realizzare, quindi, l'integrazione dei due cataloghi, AgID ha definito una serie di regole organizzative e di indicazioni tecniche¹², basate sulla specifica GeoDCAT-AP. Tali regole, evitando alle amministrazioni un aggravio di adempimenti, mirano a garantire a tutti gli utenti l'accesso alle informazioni, qualunque sia la fonte di ricerca.

GeoDCAT-AP¹³, lo ricordiamo, è la specifica europea implementata proprio al fine di consentire la trasformazione dei metadati dei dati geografici nello standard utilizzato nei portali "generalisti" basato su DCAT-AP, per consentirne la ricerca, l'*harvesting* e il riuso.

⁹ <https://inspire.ec.europa.eu/documents/technical-guidance-implementation-inspire-discovery-services-0>

¹⁰ <https://geodati.gov.it/geoportale/strumenti/api-rest>

¹¹ <https://developers.italia.it/it/api/geodati>

¹² <https://geodati.gov.it/geoportale/documenti/12-documenti/277-linee-guida-nazionali-geodcat-ap>

¹³ <https://joinup.ec.europa.eu/solution/geodcat-application-profile-data-portals-europe>

Sulla base delle linee guida sull'implementazione di GeoDCAT-AP, è stata rilasciata l'API GeoDCAT-AP del RNDT¹⁴ che consente di trasformare i metadati dei dati documentati nel Repertorio, secondo il profilo italiano, dallo standard ISO TS 19139 allo standard DCAT-AP/DCAT-AP_IT (estensione italiana di DCAT-AP) utilizzato per i dati aperti.

L'API, che è basata ed estende quella sviluppata da JRC¹⁵ nell'ambito del programma europeo ISA/ISA², accetta sia richieste CSW (GET e POST) che richieste REST e restituisce i metadati in formato RDF/XML o JSON-LD.

Essa può essere utilizzata dagli utenti per avere una diversa struttura dei metadati, quella utilizzata per i dati aperti, ma è utilizzata anche dal portale dei dati aperti dati.gov.it per fare la raccolta (*harvesting*) dei dati territoriali aperti dal RNDT per una pubblicazione alternativa dei metadati.



Figura 4 - L'API GeoDCAT-AP del RNDT

Utenti non esperti

La ricerca, l'accesso e l'utilizzo dei dati territoriali possono risultare difficili per gli utenti non esperti. Ciò è dovuto soprattutto alle peculiarità di questa tipologia di dati e alle complessità proprie di questo dominio. Si pensi, per esempio, alla comprensione delle coordinate e dei sistemi di riferimento o ai formati che non sono facili da elaborare da parte di non esperti.

Per questo anche gli strumenti di ricerca devono essere adeguatamente commisurati affinché i dati territoriali resi disponibili dalle amministrazioni siano in qualche modo accessibili e utilizzabili anche da questa categoria di utenti.

A tale proposito, è interessante, per l'economia dell'articolo, il confronto tra i geoportali e i motori di ricerca riportato nella tabella¹⁶ che segue.

¹⁴ https://geodati.gov.it/geodcat-ap_it/

¹⁵ <https://github.com/SEMICEu/iso-19139-to-dcat-ap/tree/master/api>

¹⁶ Tratta e adattata dalla presentazione "Introduction to Google Dataset Search workshop" di Marcin Grudziński nell'ambito della Conferenza INSPIRE 2018

(<https://webgate.ec.europa.eu/fpfis/wikis/display/InspireMIG/Google+Dataset+Search+workshop+2018-09-19>)

Criteria	Geoportali	Motori di ricerca (Google)
Difficoltà	Difficile	Facile
Utenti	Soprattutto esperti di dominio	Tutti
Risultati della ricerca (da una prospettiva dell'utente e del fornitore di dati INSPIRE)	Buono	Scarso - Medio

La ricerca più immediata dal portale RNDT è attraverso il *box* in *homepage* in cui è possibile inserire una parola per effettuare una ricerca in tutti i campi di tipo testo dei metadati.

Per aumentarne la visibilità, da qualche mese, tali dati sono disponibili anche attraverso *Google Dataset Search* (<https://toolbox.google.com/datasetsearch/search?query=site:geodati.gov.it>).

Dataset Search consente agli utenti di trovare set di dati archiviati nel Web tramite una semplice ricerca per parola chiave. Lo strumento trova le informazioni relative ai set di dati ospitati in migliaia di repository sul Web e rende questi set di dati accessibili e utili a livello globale.

Per consentire a Google il rilevamento dei set di dati del RNDT, è stato utilizzato, in ciascuna *landing page* dei metadati il *markup* Dataset del vocabolario *schema.org*¹⁷, secondo le linee guida sui dati strutturati di Google stesso. Inoltre, per consentire a Google di trovare gli URL delle pagine dei metadati, sono stati utilizzati i file Sitemap.

Oltre a fornire i principali metadati del dataset, Dataset Search visualizza anche una mappa con l'inquadratura geografica (*bounding box*) del dataset stesso e, se disponibili, fornisce i *link* agli articoli accademici che citano il set di dati.

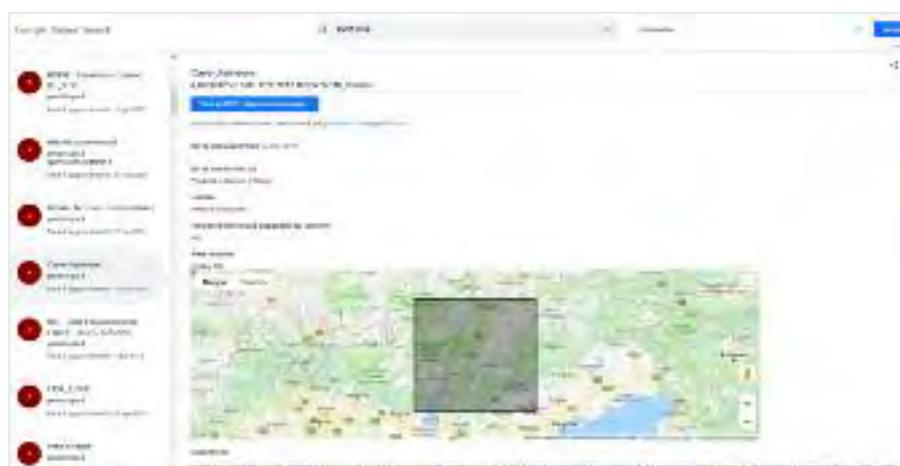


Figura 5 – I dati del RNDT nel Google Dataset Search

¹⁷ <https://schema.org/>

AgID ha lavorato anche per rendere identificabile ogni metadato presente nel catalogo attraverso un URI (*Uniform Resource Identifier*), stringa che identifica univocamente una risorsa in rete, con la seguente struttura

<https://geodati.gov.it/resource/id/{fileIdentifier}>

dove {fileIdentifier} è l'identificativo del record di metadati indicato nel record stesso.

Un esempio è il seguente:

https://geodati.gov.it/resource/id/p_tn:ea66f90c-426f-497c-9044-f870ce7a7f4b

che è l'URI dei metadati del dataset "Cave dismesse" della Provincia Autonoma di Trento (v. figura 5).

L'attività implementata è ricompresa all'interno delle buone pratiche pubblicate nel documento OGC e W3C "*Spatial Data on the Web Best Practices*"¹⁸ (Best practice 1, "*Use globally unique persistent HTTP URIs for Spatial Things*"¹⁹ e Best practice 2, "*Make your spatial data indexable by search engines*"²⁰) e riconosciuta come cruciale per l'implementazione di infrastrutture di dati territoriali nell'ambito dell'azione ELISE²¹ della Commissione Europea.

Tale azione è stata altresì valorizzata recentemente anche nell'ambito di INSPIRE, con il workshop "*Making spatial data discoverable through mainstream search engines*" del 3 e 4 luglio 2019²² nel corso del quale AgID ha presentato le proprie iniziative inerenti il tema.

¹⁸ <https://www.w3.org/TR/sdw-bp/>

¹⁹ <https://www.w3.org/TR/sdw-bp/#globally-unique-ids>

²⁰ <https://www.w3.org/TR/sdw-bp/#bp-indexable>

²¹ <https://joinup.ec.europa.eu/collection/elise-european-location-interoperability-solutions-e-government/about>

²² <https://webgate.ec.europa.eu/fpfis/wikis/display/InspireMIG/Workshop+Programme>

Ricostruire e comunicare il paesaggio storico. Archeologia, rilievo aerofotogrammetrico tramite SAPR, Virtual Landscaping

Pauline Deguy¹, Silvia Leporatti¹, Silvia Pulice², Andrea Vanni Desideri¹

¹Università Degli Studi di Firenze, Dip. SAGAS, via S. Gallo, 10, 50129, 055 2757962

²LIBRA srl

Introduzione

Si presentano in questa sede i risultati di un progetto orientato all'analisi dell'impatto di fenomeni storici sul territorio e alla comunicazione delle trasformazioni del paesaggio nella sua diacronia. La metodologia adottata coniuga la ricerca geo-storica e archeologica ai più aggiornati strumenti di acquisizione e restituzione 3D. Tale approccio multidisciplinare prevede l'uso di dati provenienti da fonti cartografiche, iconografiche e storiche, l'analisi archeologica in contesti diversi e a diversa scala (dal singolo sito alla scala territoriale) e l'uso sinergico di strumenti di rilievo (SAPR, rilievo fotogrammetrico 3D), di modellazione, di analisi e di visualizzazione (GIS, rendering 3D, virtual landscaping). Il prodotto finale costituisce di per sé una base conoscitiva caratterizzata da diacronia e interoperabilità utilizzabile per una comunicazione ottimale delle trasformazioni del paesaggio storico. L'utilizzo di rendering 3D e il virtual landscaping, infatti, sono in grado di produrre contenuti scientificamente corretti ed una comunicazione efficace ed immediata di quei risultati.

Metodologie per la ricostruzione del Paesaggio storico

1. Archeologia 'leggera' per il paesaggio

Le diverse metodologie dell'archeologia 'leggera', settori diagnostici dal carattere non invasivo capaci di procedere nella ricerca in modo convergente e complementare rispetto ad altre fonti di informazioni - prospezioni geofisiche, ricognizioni di superficie e territoriali, analisi del costruito- trovano nel quadro delle ricerche su scala territoriale un ambito di applicazione particolarmente proficuo.

Le prospezioni geofisiche consentono di acquisire ed interpretare alcune proprietà costitutive del terreno indagato sfruttando le risposte delle diverse componenti del sottosuolo con l'integrazione di diversi metodi (Georadar, tomografie elettriche e di resistività ERT). Nel caso specifico, se impiegate in modo integrato (fonti storiche, topografia antica, emergenze, saggi di scavo), possono fornire quell'insieme sistematico di informazioni, sulle preesistenze fisiche ed antropiche di un dato contesto (territorio o ambiente urbano). Queste metodologie hanno raggiunto un livello di precisione e risoluzione che da un lato permettono indagini autoconsistenti senza scavo diretto, dall'altro, in un contesto di risorse contenute, possono contribuire ad aumentare

l'efficacia degli approcci archeologici basati su metodologie non-invasive (archeologia 'leggera').

L'analisi archeologica degli elevati applicata allo studio del territorio consente, assieme alle altre fonti di informazione, di tracciare le fasi di trasformazione del contesto in oggetto (dal sito ad un areale più o meno ampio) scelto come indicativo di un certo fenomeno storico. Il costruito storico, infatti, se analizzato con metodo archeologico, consente di mettere a fuoco il collegamento fra il manufatto nelle diverse forme assunte nel tempo ai fattori che ne hanno determinato la 'storia' (edificazione, distruzione, ricostruzione, conversione funzionale ecc.). In sostanza si tratta di mettere in evidenza il nesso fra le diverse fasi della vita del manufatto edilizio in oggetto e il contesto storico che di volta in volta ne ha determinato la realizzazione e le successive trasformazioni, fino alla forma attuale. Gli attori in campo sono dunque i gruppi sociali entro i quali nasce e si trasforma nel tempo il manufatto: i committenti/fruitori e tutti i gruppi umani legati al ciclo produttivo dell'edilizia, da quello dei produttori-mercanti delle materie prime alla manodopera specializzata del cantiere. In questo quadro il costruito storico letto con metodo archeologico attraverso tutte queste componenti (le fasi costruttive e i relativi fattori di produzione, dalle materie prime alla tecnologia, fino alle trasformazioni formali e funzionali), costituisce una chiave di lettura della società che lo ha prodotto, che lo ha trasformato, che lo ha mantenuto oppure ne ha determinato la fine.

2. Aerofotogrammetria 3D con l'uso di SAPR

La fotogrammetria con SAPR (sistema aeromobile a pilotaggio remoto) rientra nelle innovazioni tecnologiche più avanzate degli ultimi anni in questo settore. Il rilievo aerofotogrammetrico esiste già da molto tempo, ma i rilievi con droni hanno aperto nuovi scenari, in quanto con essi è possibile avvicinarsi alla struttura da rilevare e stazionare in un punto preciso. Inoltre si può accedere ad aree difficilmente raggiungibili scattando immagini dettagliate ad alta definizione in modo più veloce rispetto ai metodi standard ed ad un costo più contenuto. Ciascun velivolo può essere dotato di sensori specifici che consentono di personalizzare il rilievo che si desidera condurre (RGB-visibile, infrarosso-termico, multispettrale, ecc).

La aerofotogrammetria con drone consente di avere informazioni metriche di edifici partendo dall'elaborazione di due o più fotografie scattate da punti di vista differenti, in modo da ricreare la dimensione, la posizione e l'orientamento dell'edificio. Le immagini vengono poi elaborate grazie a software professionali in grado di rilevare punti omologhi che consentiranno di allineare i fotogrammi. Sarà quindi possibile generare una nuvola di punti, cioè un insieme di punti che hanno la caratteristica di essere posizionati tramite coordinate con valori precisi a loro associati. Usando l'immagine ottenuta tramite la nuvola dei punti, si potranno poi elaborare i prodotti digitali finali. I formati di esportazione sono molteplici, si possono estrapolare file obj, pdf, kmz, geoTIFF, dwg, shp e altri.

Per il tipo di performance che è in grado di ottenere, la fotogrammetria tramite SAPR è utilizzata in moltissimi campi tra i quali la topografia, l'ingegneria, l'architettura, l'archeologia e la geologia. Per questo tipo di rilievi si utilizzano droni che hanno la possibilità di integrazione con sensori specifici, quali ad

esempio le termocamere, in grado di ottenere mappe di temperatura delle superfici esposte. La termografia è un metodo di rilevazione della temperatura superficiale non distruttivo e senza contatto. Essa sfrutta la capacità di ogni corpo che si trovi ad una temperatura superiore allo zero assoluto ($0\text{ K} = -273,16\text{ °C}$) di emettere radiazioni infrarosse. La termocamera misura i raggi infrarossi che riceve nel proprio campo visivo e, in base ad essi, tenendo conto della correlazione esistente tra la temperatura di un corpo e l'intensità dei raggi IR che emette, calcola la temperatura. Le eventuali disequaglianze di temperature (delta termico) indicano criticità all'interno dell'oggetto indagato. Vengono quindi generate delle mappe in scala di grigio o in falsi colori, rappresentativi delle zone in cui questi delta termici sono presenti. La termografia è quindi usata per rilevare diversi parametri essenziali per l'integrità strutturale dei fabbricati, come perdite o infiltrazioni di liquidi, distaccamenti o crepe sotto la superficie, oppure dispersioni di calore a causa di mancati o inefficienti isolamenti. Inoltre la termografia può essere usata nel restauro per individuare eventuali strutture sottostanti allo stato di intonaco senza dover intervenire in modo distruttivo sulla copertura o per riportare alla luce eventuali opere (soprattutto porte e finestre) che a occhio nudo non appaiono a causa di coperture successive. La diversa temperatura che l'acqua mantiene anche quando penetra dentro una costruzione crea forti delta termici e, dunque, con la termografia è possibile individuare eventuali infiltrazioni o perdite all'interno di pareti andando così a intervenire solo nell'area interessata risparmiando tempo, materiali e manodopera.

Anche nel settore dell'archeologia e dei beni culturali, l'utilizzo di SAPR per il rilievo aerofotogrammetrico abbinato all'uso di sensori specifici, come ad esempio la termocamera, rappresenta una vera e propria rivoluzione. La possibilità di effettuare rilievi 3D di beni storico-culturali in modo più veloce, più economico, più pratico e più rispettoso per l'ambiente rispetto al rilievo con aereo o elicottero, garantendo risultati di grande affidabilità, rappresenta un enorme vantaggio nelle attività di monitoraggio e di valorizzazione del patrimonio presente sul nostro territorio.

Di particolare utilità in campo archeologico è l'uso della termocamera montata su drone per individuare differenze termiche, umidità e copertura vegetale che caratterizzano l'area da indagare così da individuare eventuali resti o strutture sepolte, altrimenti non visibili ad occhio nudo.

3. Il virtual landscaping

Come utilizzata in questo progetto, la metodologia per creare una rappresentazione virtuale del paesaggio storico si sviluppa in vari livelli.

Il primo, riguarda il terreno come base sulla quale viene creato il paesaggio. Quando si tratta di un paesaggio esteso, affinché il risultato della ricostruzione si avvicini il più possibile ad una immagine realistica, occorre un modello digitale del terreno (DTM) dell'area in oggetto. Più il DTM sarà preciso e più il paesaggio sarà realistico.

Il secondo livello tratta delle parti edificate che devono essere rappresentate. Gli edifici vanno costruiti con un'accuratezza variabile in funzione della scala da usare. Nel caso della ricostruzione di una città, bisogna portare più attenzione all'accuratezza dei dettagli delle strutture, in particolare dei materiali in uso durante l'epoca scelta. In questa fase, oltre agli edifici, vengono scelti e creati

oggetti vari, vegetazione, animali e figure umane utili alla vestizione della scena in un tale periodo.

L'ultimo passaggio è la parte di renderizzazione nella quale al DTM vengono incorporati tutti gli elementi ricostruiti. In un programma di rendering si aggiungono i fattori ambientale tra i quali le ombre proiettate dalla luce del sole ad una data ora del giorno ed i parametri meteorologici, come ad esempio il vento che passa attraverso le foglie degli alberi oppure le precipitazioni in una data stagione dell'anno. Questo processo fornisce al modello un aspetto finale estremamente realistico, indispensabile per ottenere un ambiente immersivo e comparabile ad una realtà nella quale il pubblico può facilmente immedesimarsi.

Dalla ricerca alla comunicazione: il caso di Semifonte-Petrognano in Valdelsa

La storia di un paesaggio rurale di grande bellezza e tipicamente toscano, l'area compresa tra Firenze e Siena, è al centro di un progetto di ricerca "Semifonte in Valdelsa 'città' degli Alberti" che affronta il tema delle trasformazioni territoriali nella lunga durata (XII-XVI secolo) attraverso metodologie geo-archeologiche non invasive.

Semifonte, centro di nuova fondazione dei conti Alberti in un territorio conteso, fra XII e XIII secolo dalle città –prima fra tutte, Firenze- di cui non è mai stata trovata traccia dopo la sua distruzione, si presenta come un caso studio eccellente per la messa in campo di un programma di diagnostica non invasiva del sepolto allo scopo di individuarne l'esatta ubicazione. Le superfici dell'areale che circonda la cappella di San Michele a Semifonte, oggi occupate interamente da vigneti e campi coltivati, sono state oggetto di voli con SAPR equipaggiato di sensore a infrarosso termico. Il differenziale termico prodotto da strutture sepolte compare infatti nei termogrammi, segnalando l'eventuale presenza di resti di edifici sul sito della città distrutta di Semifonte (1177-1202).

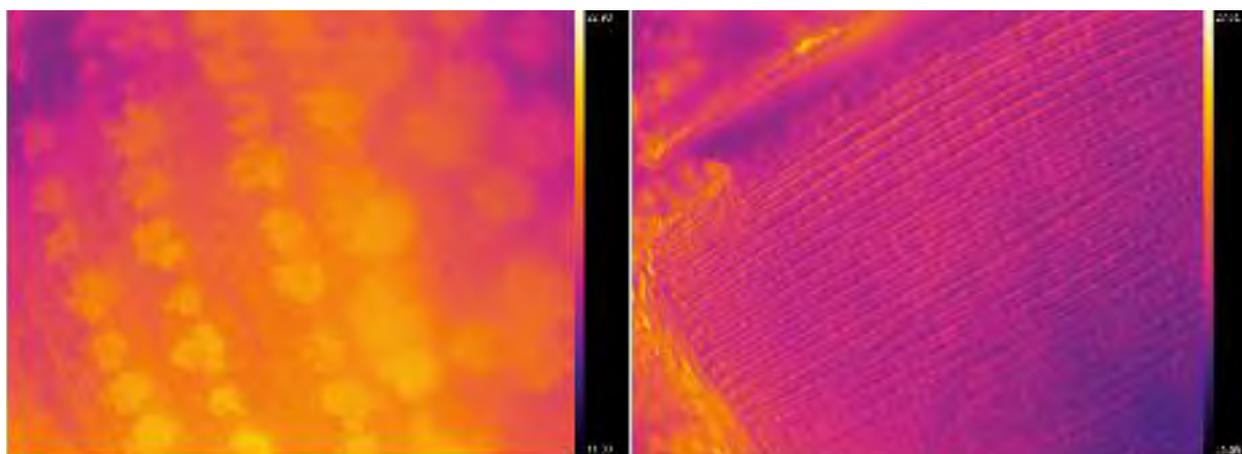


Figura 1: Immagini rilevata con sensore infrarosso termico da SAPR per la ricerca di strutture sepolte nell'area di Petrognano-Semifonte (Barberino-Tavarnelle)

Ai margini dell'areale di Semifonte, il piccolo abitato rurale di Petrognano conserva oggi un considerevole numero di case-torri che sono state oggetto di uno specifico programma di archeologia degli elevati. Si tratta di torri con

funzione abitativa realizzate prevalentemente in conci di arenaria locale che si caratterizzano per la pianta quadrata di ridotte dimensioni e per un significativo sviluppo verticale. L'accesso al piano terra, sempre centrato rispetto all'asse del prospetto principale, è costantemente realizzato in pietra secondo criteri costruttivi e tecnologici che ne fanno l'elemento distintivo di tutte le torri analizzate, ovvero l'arco ogivale particolarmente accentuato. Il portale monumentale, sempre in fase con il cantiere di costruzione, costituisce un vero e proprio *marker* dell'edilizia civile 'semifontese' e consente di proporre una datazione delle torri di Petrognano alla prima metà del Duecento, pochi decenni dopo la distruzione di Semifonte.



Figura 2: Nuvola di punti (tie points) Torre di Petrognano-Semifonte (Barberino-Tavarnelle)

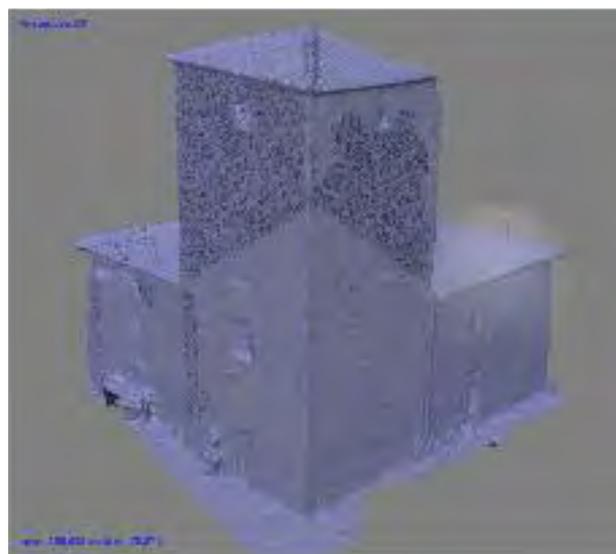


Figura 3: Modello 3D Torre di Petrognano-Semifonte (Barberino-Tavarnelle)



Figura 4: Modello 3D texturizzato Torre di Petrognano-Semifonte (Barberino-Tavarnelle)

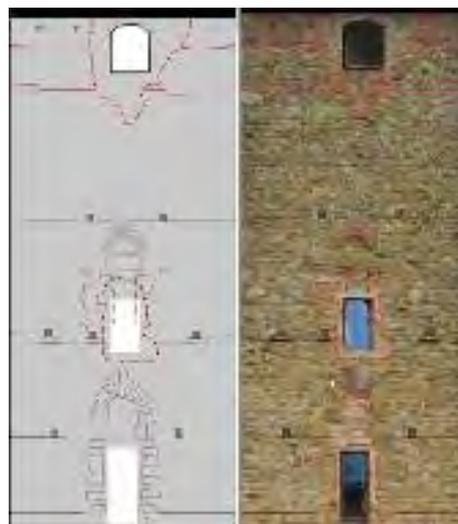


Figura 5: Analisi stratigrafica del prospetto principale su rilievo fotogrammetrico Torre di Petrognano-Semifonte (Barberino-Tavarnelle)

Petrognano era uno dei villaggi da cui provenivano alcune delle famiglie selezionate per popolare la nuova Semifonte. Le case-torri analizzate con metodo archeologico e databili, nella loro prima fase, ai primi del Duecento, sembrano indicare proprio quella fase di sviluppo del minuscolo abitato di Petrognano avvenuta probabilmente proprio a seguito della diaspora che seguì la distruzione della città di Semifonte e il ritorno dei fuoriusciti ai luoghi di origine.

Le fonti storiche e archeologiche unite alla potenzialità visiva degli strumenti di *virtual landscaping* hanno consentito di ricostruire l'aspetto del villaggio di Petrognano dopo la guerra di Semifonte, che da allora si distingue per la densità di forme abitative le cui caratteristiche francamente urbane esprimevano forse ancora l'estremo spirito d'appartenenza dei fuoriusciti alla distrutta città. Le stesse torri che si vedono oggi inglobate nei casali del borgo di Petrognano e che colpiscono ancora chi passa da quelle contrade.



Figure 6 e 7: Due viste del borgo di Petrognano: oggi, ripresa da drone, e nel 1200 circa ricostruito in un rendering 3D.

Conclusioni

Il lavoro esposto in questo contributo illustra come diverse metodologie di ricerca sviluppate in campi disciplinari completamente diversi possono integrarsi efficacemente in progetti finalizzati allo studio, alla ricostruzione e alla comunicazione del Paesaggio Storico. Questo approccio integrato può essere applicata a vari realtà, dal singolo sito o bene materiale e/o paesaggistico alla scala urbana, fino alla scala territoriale e, grazie all'uso del drone, è particolarmente adatta all'analisi di contesti di difficile accesso.

L'utilizzo combinato di tecniche di rilievo classico e di nuove tecnologie, come in questo caso i SAPR, ha permesso di dare un valore aggiunto al caso di studio. In particolare l'utilizzo di SAPR dotati di sensori di ultima generazione operanti nel visibile, nel termico e nel multispettrale per i rilievi aerofotogrammetrici ha permesso di fornire molteplici risposte e di apportare notevoli vantaggi tra i quali la riduzione di rischio umano e dei costi di intervento per una massimizzazione del risultato finale. Tali ispezioni, in aggiunta alle tecniche fotogrammetriche e alla ricostruzione 3D ricavata da esse, rendono infatti l'output finale del manufatto misurabile e navigabile, mettendo in luce eventuali anomalie e criticità che possano comprometterne la conservazione. L'utilizzo di sensori specifici ad infrarosso termico e multispettrale ha consentito di indagare in modo speditivo tutta la zona che circonda la cappella di San Michele a Semifonte evidenziando anomalie termiche e spettrali dalle quali è stato possibile ricavare informazioni territoriali utili all'individuazione di probabili resti di edifici sotterranei appartenenti alla città interamente rasa al suolo di Semifonte.

I risultati delle ricerche condotte sul caso di studio Semifonte-Petrognano sono stati efficacemente impiegati come base-dati per la redazione di un progetto espositivo realizzato in occasione delle celebrazioni dei 500 anni dalla morte di Leonardo da Vinci (Leonardo2019) che proprio in alcune sue carte ritrasse questo paesaggio. La mostra si sviluppa infatti su due registri: da un lato sono esposte le problematiche più propriamente scientifiche, i metodi impiegati e i risultati raggiunti, dall'altro questi stessi dati sono stati 'trascritti' per la composizione di strumenti di comunicazione visiva (virtual landscaping) utilizzati per narrare la storia delle trasformazioni del paesaggio toscano tra l'epoca delle signorie territoriali, i secoli centrali del Medioevo, e il Rinascimento, appunto l'età di Leonardo, quando il paesaggio raggiunse una fisionomia in gran parte corrispondente a quella attuale.

Oltre ad essere una strategia per la promozione e la valorizzazione del territorio, in quanto risulta essere un efficace strumento di comunicazione utilizzabile in procedure di concertazione e/o per applicazione didattiche e turistiche, il virtual landscaping (insieme ad un geodatabase) consente l'integrazione di fonti diverse permette, in un certo senso, di 'dare vita' alla ricerca trasformando le informazioni acquisite in una forma di realtà virtuale facilmente accessibile a diverse tipologie di pubblico. Questo approccio metodologico innovativo consente quindi di produrre nuovi strumenti di comunicazione della ricerca e un diverso modo di veicolare la conoscenza del territorio alle comunità locali rafforzandone il senso di appartenenza.

Una rinnovata conoscenza dei luoghi in cui quelle comunità si riconoscono può favorire una gestione più consapevole del paesaggio storico: i prodotti

multimediali, infatti, possono essere utilizzati nella promozione di realtà territoriali ricche di storia e paesaggisticamente rilevanti ma poco conosciute, incrementandone l'attrattività nella prospettiva di un turismo responsabile. Inoltre, la modellizzazione del bene e la rappresentazione geometrica delle sue trasformazioni nel tempo può essere utilizzata in un progetto di restauro, conservazione e valorizzazione del bene.

Riferimenti bibliografici

Azzari M., Landi F., (2017) *The identity of the landscape. A geo-historical integrated approach for the analysis of cultural landscape*, Cracow Landscape Monographs, vol. 4, ISBN 978-83-942469-9-0, ISSN 2451-1692

Azzari M. (2010) "Le prospettive e le problematiche d'impiego della cartografia del passato in formato digitale", *Bollettino della Associazione Italiana di Geografia, Atti del convegno AIC La cartografia e la topografia di oggi*, 217-224

Batti M. (2008) "Virtual reality in Geographic Information Systems", in Wilson J.P., Fotheringham A.S. (a cura di), *The Handbook of Geographic Information Science*, Oxford, Blackwell, 317-224

Casagrande G., Sik A., Szabo G. (2018), *Small flying drones. Applications for geographic observation*, Springer, Berlino

Landi F. (2013), *Tra realtà e rappresentazione. Un modello per la valorizzazione dei paesaggi storici dell'isola Palmaria*, Phasar edizioni, Firenze

Landi F. (2014), *L'identità del paesaggio strumenti e procedure di analisi*, Phasar edizioni, Firenze

Roche G. (2012), *La termografia per l'edilizia e l'industria*, Maggioli editore, Rimini

Pirillo P. (a cura di) (2004) *Semifonte in Val d'Elsa e i centri di nuova fondazione dell'Italia medievale. Atti del Convegno nazionale (Barberino Val d'Elsa 12-13 ottobre 2002)*, Leo S. Olschki Editore, Firenze

Pirillo P. Friedmann D. (a cura di) (2004) *Le terre nuove. Atti del seminario internazionale (Firenze, 28-30 gennaio 1999)*, Leo S. Olschki Editore, Firenze

Vanni Desideri A. (2009), "Pratolino (Vaglia, Firenze), Villa Demidoff. Campagna di diagnostica archeologica 2009: prospezioni geofisiche e saggi di scavo nell'area della Villa Medicea di Francesco I" *Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana*, 5: 248-252

Vanni Desideri A., Mauriello P., Cozzolino M., Di Giovanni E. (2012), "Resistivity Tomography in the Park of Pratolino at Vaglia (Florence, Italy)", *Archaeological Prospection* (wileyonlinelibrary.com)

Vanni Desideri A., Vannini G. (2016) "Light archaeology and historical landscape. For the global history of the site of al-Wu'ayra (Petra) in Transjordan", in *Krakow Landscape Monographs 2. Landscape In The Past & Forgotten Landscapes*, Cracow, 195-205

Vanni Desideri A., Vannini G., Leporatti S., Rose D. (c.s.) "Aero-photography and Light Archaeology. Research Strategies and Communication at the Site of al-Wu'ayra (Petra, Jordan)", in *Dagli aerostati ai droni: le immagini aeree in Archeologia* (2° Convegno Internazionale di Archeologia Aerea, Roma, 3-5 febbraio 2016)

Vannini G. (2012), *Archeologia pubblica in Toscana. Un progetto e una proposta*, Firenze University Press, Firenze

