

“Base informativa territoriale” per la PA: esplorazione di modalità alternative di aggiornamento

Lucia Tilio¹, Piera Belotti², Nadia Padovan², Stefania Errico¹, Paolo Milani¹, Walter Fontana¹, Daniele Fulgenzi¹

¹ ARIA SpA, lucia.tilio@ext.ariaspa.it

² Regione Lombardia - U.O. DG TERRITORIO E SISTEMI VERDI - PARCHI,
BIODIVERSITÀ E SISTEMA DELLE CONOSCENZE
Piera_belotti@regione.lombardia.it

Abstract. Regione Lombardia supporta la produzione del database geo-topografico, base informativa di riferimento per la pianificazione e programmazione territoriale e settoriali ai diversi livelli e dei relativi studi conoscitivi (art. 3 l.r. 12/2005), costituito secondo le specifiche di cui all’art. 2 DPCM 10 novembre 2011. Nel 2020, dopo un iter durato due decenni, partito alla fine degli anni’90 e sviluppatosi grazie ai cofinanziamenti regionali, è stata completata la copertura regionale del DBGT, con i rilievi aerofotogrammetrici eseguiti nel 2015 e nel 2019, cosicché oggi Regione Lombardia dispone di un Database Geotopografico completo per tutto il territorio alle scale 1: 1.000 - 1: 2.000 per le aree urbanizzate e 1:5000 - 1.10.000 per la restante parte del territorio.

Tuttavia, con l’obiettivo di supportare gli enti locali nella redazione degli elaborati cartografici alla base degli strumenti urbanistici, è importante che, tenendo conto della dinamicità edilizia del territorio lombardo, la cartografia sia aggiornata costantemente, frequentemente e nel modo più omogeneo possibile.

Attualmente, la modalità di generazione delle geometrie costituenti il DBGT regionale è (ancora) quella tipica della produzione cartografica, cioè la restituzione fotogrammetrica numerica diretta dei fotogrammi aerei; il territorio è stato rilevato con metodo aerofotogrammetrico (in anni differenti) e, tramite l’esplorazione tridimensionale dei modelli stereoscopici, si è ricavato il DBGT. La restituzione, tuttavia, non solo riflette la differente età dei rilievi, ma anche la successione di specifiche tecniche che si sono susseguite nel tempo e la conseguente restituzione in termini di contenuti informativi e descrittivi.

A fronte di tale stato di fatto, Regione Lombardia ha l’esigenza di individuare anche modalità alternative per l’aggiornamento del DBGT, aggiornando la restituzione, valorizzando voli e rilievi più recenti disponibili che consentano di rappresentare le modificazioni intervenute nel territorio dalla data di prima produzione alla situazione osservata più recente, ma intervenendo anche laddove non ci sono state modificazioni importanti, con l’obiettivo di omogeneizzare il contenuto informativo. Alla luce dell’evoluzione delle tecnologie e della possibile applicazione dell’intelligenza artificiale ai dati geospaziali, per cui si parla oggi di GEO-AI, nel corso di questo anno

si è avviata una sperimentazione finalizzata a definire un processo nuovo per l'aggiornamento della cartografia.

Si prevede di utilizzare tecniche di change detection e di object classification in due step diversi e con riferimento ad immagini di natura differente; la prima fase è finalizzata ad identificare le aree oggetto di maggiori trasformazioni su ortofoto; individuato il modello sufficientemente affidabile, soltanto in una successiva fase si potrà sperimentare l'adozione di un modello di object classification. Durante la sperimentazione saranno definite le immagini da utilizzare come riferimento, tenendo conto della possibilità di utilizzo ed impiego di immagini satellitari ed in linea con gli obiettivi di progetti quali IRIDE "Boostering Earth Observation in Local Public Administrations" (PAL), sviluppato dal governo italiano in collaborazione con l'ESA/ASI per la valutazione delle potenzialità di utilizzo ed impiego nelle attività tecnico-istituzionali di RL e degli Enti locali Lombardi.

L'approccio in corso di adozione segue quel filone di ricerca ormai rafforzato negli ultimi anni che vede la sperimentazione di modelli di machine learning nella cartografia. Questi sembrano ormai aver superato gli approcci tradizionali [1], ma allo stesso tempo [2] ancora molta è la strada da percorrere per addestrarli; l'applicazione, infatti, deve essere considerata ancora sperimentale; la fase di addestramento è complessa e lunga, sia in generale, sia in ragione dell'estensione del territorio regionale lombardo e della disomogeneità delle sue caratteristiche relativamente alla morfologia, al paesaggio ed all'edificato. Soltanto una sperimentazione accurata consentirà di valutare costi e benefici di tale approccio alla produzione cartografica e darà elementi per valutarne la fattibilità su larga scala.

1 Introduzione (GEO-AI)

L'idea di trovare una modalità più efficiente per aggiornare la cartografia appoggiandosi sulla grande quantità di dati satellitari disponibili è ambiziosa; tuttavia Regione Lombardia ha valutato necessario sondare tale possibilità per potersi dotare di strumenti più snelli, dal punto di vista amministrativo e burocratico e che pertanto riescano ad avvicinarsi più facilmente alla rapidità con cui avvengono le trasformazioni del territorio.

È infatti ormai da diversi decenni che la ricerca si è concentrata sull'automazione dei processi di cartografazione, guardando con interesse agli sviluppi del machine learning, quale sotto-insieme della intelligenza artificiale che, grazie all'applicazione delle reti neurali, ha dato un grande contributo nella elaborazione di grandi quantità di dati ed immagini [3], d'altra parte la comunità accademica continua ad interrogarsi sulla possibilità che sia proprio il deep learning "the new agent" che consente di automatizzare completamente i processi sottesi alla produzione della cartografia digitale [4], e nel mentre sono molti i campi applicativi, le esperienze, le sperimentazioni che consentono di raffinare i modelli da una parte ed aprire anche nuove prospettive dall'altra; tra alcune esperienze, ad esempio, si può citare la ricerca in [5] che cerca di superare limiti come l'inconsistenza tra le immagini satellitari ad alta risoluzione e la generalizzazione degli oggetti nelle mappe multi-scala e gli alti costi

computazionali, introducendo un approccio in serie alle “Generative Adversarial Network” – GAN. Le applicazioni più consolidate in letteratura vanno dal campo del riconoscimento di pattern, alla generalizzazione, alla vestizione dei dati con l’opportuno stile cartografico, fino al *map labeling*, ma rimane la sfida di creare mappe di alta qualità e a diversa scala automaticamente e direttamente da immagini aeree e satellitari. Per raggiungere questo obiettivo senz’altro sono necessari sviluppi in tutte le applicazioni citate in cartografia, da essere considerare comunque come dei “sotto-processi” e si deve tener conto che lo sviluppo e l’utilizzo di tecniche di intelligenza artificiale nelle analisi di dati spaziali e temporali [6] è influenzato dal contesto e dalle modalità con cui gli algoritmi vengono definiti.

La Geo-AI è definita [7] come una nuova soluzione tecnologica che integra l’intelligenza artificiale, big data geospaziali, capacità di elaborazione ad alte prestazioni per risolvere problemi geo-spaziali con grandi quantità di dati e notevoli esigenze di calcolo. Nel contesto dell’Intelligenza Artificiale, si colloca il machine learning: le macchine eseguono tasks che richiedono l’intelligenza e l’intervento umano; il deep learning, che sfrutta l’introduzione delle reti neurali, rappresenta un nucleo delle possibili tecniche di machine learning e consente di amplificare le capacità delle tecniche di change detection ed object classification basate su immagini telerilevate grazie alla possibilità di elaborare una quantità di immagini notevolmente superiore a parità di tempo. Dunque, il deep learning di fatto supporta nella automatizzazione del processo di estrazione di oggetti dalle immagini, una attività ad elevato consumo di tempo umano: i modelli già pre-addestrati automatizzano il processo e minimizzano l’intervento necessario per l’estrazione.

2 Gli obiettivi della sperimentazione

Le difficoltà legate all’aggiornamento del DBGT, che richiede investimenti costanti ed incontra numerosi ostacoli operativi ed organizzativi, inducono a valutare modalità più dinamiche ed efficienti per raggiungere quanto meno l’obiettivo di conoscere in quali aree del vasto territorio lombardo si verificano trasformazioni tali da rendere obsoleta la cartografia esistente. Si consideri in **Errore. L’origine riferimento non è stata trovata.** la distribuzione dei comuni per anno di rilievo del DBGT.

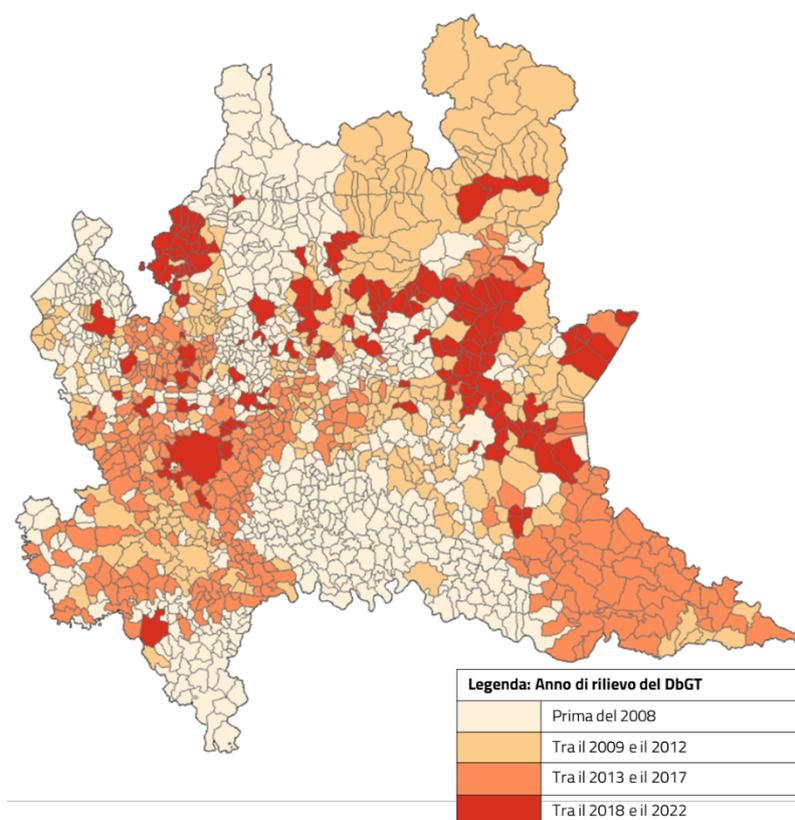


Fig. 1. Distribuzione dell'anno di rilievo del DBGT in Regione Lombardia

Emerge una situazione molto disomogenea. A fronte di tali difficoltà, si intende trovare modalità più semplici e sicuramente più veloci che consentano di avere una cartografia aggiornata più frequentemente. È necessario, tuttavia, avere “a monte” visibilità della bontà dei risultati e dell’effort che un approccio di questo tipo richiede.

3 Il metodo adottato

L’applicazione della Geo-AI, per quanto possa far riferimento a modelli già addestrati, richiede comunque un consistente dispiego di risorse né ci sono sufficienti informazioni sulla affidabilità dei risultati che si possono raggiungere: per questo, l’approccio adottato è un approccio incrementale, e per alcuni punti iterativi, avviato nel corso del 2024, non ancora completato e che si completerà nei prossimi anni:



Fig. 2. Processo logico per la sperimentazione del modello

3.1 L'area campione

Con l'obiettivo di sperimentare l'adozione del modello si è valutato di individuare un campione di Comuni sul territorio regionale sufficientemente esteso per il test, ma anche rappresentativo di fenomeni di trasformazione territoriale in corso negli ultimi anni e ricco di dati con i quali poter misurare il risultato della sperimentazione.

L'area scelta è peraltro oggetto di "osservazione sperimentale" da parte di Regione Lombardia nell'ambito di un altro progetto denominato "Boosting Earth Observation in Local Public Administrations" (PAL) – IRIDE project, a cui l'Ente ha aderito in qualità di "champion user" nel 2022. Il progetto, promosso dal governo italiano in collaborazione con l'ESA/ASI coinvolge alcune Regioni ed enti locali italiani nella valutazione delle potenzialità di utilizzo ed impiego delle immagini satellitari nelle attività tecnico-istituzionali. L'area "campione" comprende circa 90 comuni a cavallo tra le province di Monza e Brianza, Bergamo e Città Metropolitana di Milano, in cui verranno monitorate le trasformazioni territoriali intervenute nel tempo.

In considerazione del campione ancora troppo esteso, tuttavia, sono stati condotti alcuni ragionamenti rispetto a strumenti speditivi che potessero dare una misura delle trasformazioni del territorio in atto. Per questo motivo, viene preliminarmente utilizzato un tool, reso disponibile da ESRI, che possa fornire una analisi dalle immagini Land Sat 2.

3.1.1 Sentinel-2 Land Cover Explorer

Il tool è accessibile via web e gratuito e reso disponibile da ESRI: si tratta di una mappa mondiale dell'uso del suolo derivata dalle immagini Sentinel-2 con risoluzione di 10 e relativa agli anni 2017 – 2023.

L'immagine è elaborata utilizzando un modello di classificazione addestrato con una grandissima quantità di immagini della National Geographic Society [8], con un algoritmo che classifica le immagini in 9 classi. Il modello utilizzato per generare questo layer, aggiornato ogni anno, utilizza i dati di riflettanza su 6 bande (blu visibile, verde, rosso, infrarosso, due bande infrarosso ad onde corte; la web application utilizza le immagini satellitari dell'ESA (Agenzia Spaziale Europea) e fornisce alcuni strumenti speditivi che consentono di visualizzare in modo dinamico ed ottenere delle statistiche nel confronto dei dati di uso del suolo di due anni diversi. Il modello sotteso e i risultati (la copertura dell'uso del suolo) sono disponibili anche per l'utilizzo in ambiente desktop.

A partire da questo, attraverso una analisi speditiva nell'area IRIDE sopra citata, sono stati individuati circa 40 comuni di maggior interesse.

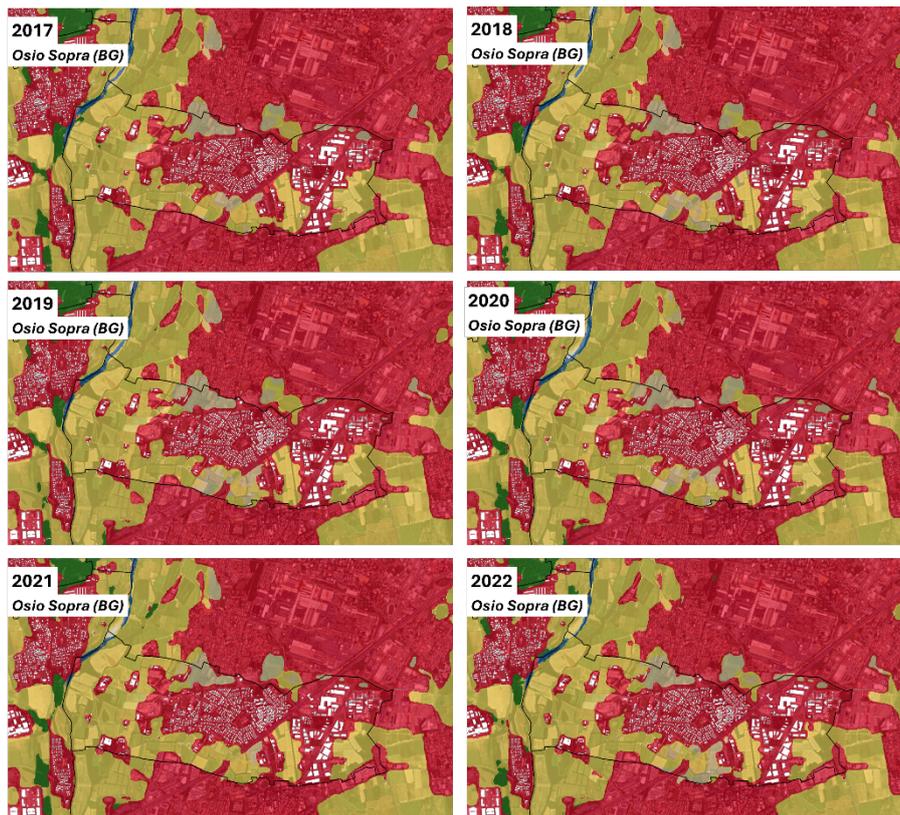


Fig. 3. Analisi speditiva (esempio) per l'individuazione dell'area campione

Complessivamente, sono stati selezionati 38 comuni delle tre province coinvolte (Bergamo, Monza e Brianza, Milano), per i quali il periodo di rilevazione ed il periodo di restituzione del DBGT sono differenti.

3.2 La sperimentazione

La piattaforma geografica di Regione Lombardia utilizza tecnologia e prodotti ESRI; è per questo motivo che la sperimentazione in corso fa uso di modelli pre-addestrati, resi disponibili dalla casa madre, con l'obiettivo di semplificare l'applicazione di tecniche di deep learning, accelerando la fase di addestramento.

I modelli resi disponibili sono in genere adatti a specifici ambiti, tipi di immagini e risoluzione delle stesse, ma è possibile adeguare i parametri, adattando alle specifiche del caso studio.

3.2.1 Estrazione della impronta a terra degli edifici (Building Footprint Extraction)

Il modello, proposto da ESRI e pensato per automatizzare il processo manuale di digitalizzazione degli edifici, ha l'obiettivo di ridurre significativamente l'effort dell'attività. Sono disponibili versioni pre-addestrate in contesti molto diversi tra loro: Africa, Australia, Cina, Stati Uniti; è stato preso in considerazione quest'ultimo. Il modello lavora con immagini in 8-bit, ed una risoluzione di 10-40 cm.

I risultati possono essere influenzati dai parametri: è proprio una attenta verifica ed eventuale calibrazione di questi che consente di migliorare, via via dopo successive iterazioni, l'accuratezza nei risultati.

3.2.2 Individuazione dei cambiamenti nell'edificato (Building change detection)

Modello alternativo pre-addestrato, è relativo alla ricerca e monitoraggio dei cambiamenti nell'edificato; l'applicazione del deep learning con immagini aeree o da drone ad alta risoluzione può migliorare l'analisi e consentire anche l'individuazione di cambiamenti che sfuggono all'attività manuale. L'applicazione consente di individuare i cambiamenti e produce un raster non binario, ma nel quale per ogni pixel è calcolata una probabilità di cambiamento.

Il modello è particolarmente adatto in aree a bassa densità di popolazione (e per tale motivo senz'altro non è adatto all'intero contesto lombardo, ma ad alcune porzioni di territorio) e richiede immagini con risoluzione spaziale a 10-20 cm.

4 Alcune considerazioni

Al momento, l'applicazione del modello è ancora in corso e non è disponibile un quadro dei risultati che si raggiungeranno; senz'altro è già evidente che l'approccio richiede comunque un investimento di tempo ed una valutazione della bontà dell'approccio sarà legata principalmente alla qualità dei risultati.

Riferimenti bibliografici

1. Harrie, L., Touya, G., Oucheikh, R., Ai, T., Courtial, A., & Richter, K. F. (2024). Machine learning in cartography. *Cartography and Geographic Information Science*, 51(1), 1–19. <https://doi.org/10.1080/15230406.2023.2295948>
2. Ai, Tinghua. (2022). Some thoughts on deep learning empowering cartography. *Journal of Geography and Cartography*. 5. 25. 10.24294/jgc.v5i2.1670.
3. Harrie, L., Touya, G., Oucheikh, R., Ai, T., Courtial, A., & Richter, K. F. (2024). Machine learning in cartography. *Cartography and Geographic Information Science*, 51(1), 1–19. <https://doi.org/10.1080/15230406.2023.2295948>
4. Touya, G., Zhang, X., & Lokhat, I. (2019). Is deep learning the new agent for map generalization? *International Journal of Cartography*, 5(2–3), 142–157. <https://doi.org/10.1080/23729333.2019.1613071>
5. X. Chen, B. Yin, S. Chen, H. Li and T. Xu, "Generating Multiscale Maps From Satellite Images via Series Generative Adversarial Networks," in *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, vol. 19, pp. 1-5, 2022, Art no. 6503105, doi: 10.1109/LGRS.2021.3129285.
6. JANOWICZ, K. Philosophical foundations of GeoAI: Exploring sustainability, diversity, and bias in geoai and spatial data science. In *Handbook of Geospatial Artificial Intelligence*. CRC Press, 2023, pp. 26–42. doi:10.1201/9781003308423-3
7. Li, Wenwen & Arundel, Samantha & Gao, Song & Goodchild, Michael & Hu, Yingjie & Wang, Shaowen & Zipf, Alexander. (2024). GeoAI for Science and the Science of GeoAI. *Journal of Spatial Information Science*. 29. 1-17. 10.5311/JOSIS.2024.29.349
8. Karra, Kontgis, et al. "Global land use/land cover with Sentinel-2 and deep learning." *IGARSS 2021-2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*. IEEE, 2021