

VERSO NUOVE MODALITÀ DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

LA GEOSPATIAL INTELLIGENCE CONSENTE OGGI DI UTILIZZARE TECNOLOGIE INNOVATIVE PER RENDERE PIÙ EFFICACE IL MONITORAGGIO E IL CONTROLLO ANCHE IN CAMPO AMBIENTALE. TRA GLI ESEMPI DI APPLICAZIONE, IL CONTROLLO SULLA GESTIONE ILLEGALE DEI RIFIUTI E QUELLO SUI DISTURBI DEL BOSCO. LE OPPORTUNITÀ PER IL SNPA.

Geospatial Intelligence, un nuovo approccio ai controlli

La Geospatial Intelligence (Geoint) è il processo di acquisizione di conoscenza delle attività umane che si ottiene dall'analisi delle informazioni georeferenziate e, in particolare, delle informazioni derivate dall'osservazione della Terra da satellite, da aereo e da drone. La Geoint è nata e si è fortemente sviluppata nei settori della difesa e della sicurezza, ma recentemente è stata introdotta dalla Commissione europea anche nel contesto della tutela ambientale. Nel gennaio 2018 la Commissione europea, con la comunicazione "Azioni dell'Ue volte a migliorare la conformità e la governance ambientali" (COM(2018) 10 Final, Bruxelles, 18.1.2018), ha introdotto un Piano d'azione (*Environmental Compliance Assurance, Eca Initiative*) inteso ad accrescere la conformità alla normativa ambientale dell'Ue e a migliorare la *governance* nel settore. Il Piano d'azione è articolato in 9 azioni. L'azione n. 8, da avviare nel 2019, riguarda il sostegno allo sviluppo della capacità di Geoint negli enti preposti ai controlli ambientali anche attraverso la promozione di buone pratiche, in particolare nell'uso dell'osservazione della Terra. Il Piano d'azione prevede

che la Commissione lavori a stretto contatto con gli stati membri e con gli enti deputati ai controlli, le forze dell'ordine e la magistratura al fine di creare una cultura della conformità alle norme ambientali dell'Ue, intelligente e collaborativa, relativamente a settori come quello delle attività industriali, dello smaltimento dei rifiuti e dell'agricoltura. Il Piano d'azione considera la Geoint sia come una nuova forma di controllo della conformità che anche come uno strumento per indirizzare in maniera più mirata le ispezioni ai siti di interesse. Le informazioni utilizzabili dalla Geoint comprendono tutte le tipologie di dati territoriali contemplate dalla direttiva Inspire, 2007/2/CE137, a cui anche le informazioni specifiche sulla conformità possono essere collegate come attributi.

Il Piano d'azione ribadisce che esiste oggi una concreta possibilità di utilizzare le tecnologie geospaziali per rendere più efficace ed efficiente il monitoraggio e il perseguimento della conformità. La Geoint può essere utile infatti per rilevare e documentare modifiche illegali dell'uso del territorio, come ad esempio la gestione illegale dei rifiuti, lo spandimento non autorizzato dei reflui zootecnici, la modifica o l'uso incongruo delle installazioni industriali quantomeno per gli aspetti più visibili, i disturbi del bosco causati da tagli illegali, i danni ad

aree naturali protette... La Geoint ha il potenziale di fornire *early warnings*, ad esempio raccogliendo segnali di cambiamenti di uso del suolo insoliti o irregolari e notificandoli ai soggetti preposti ai controlli. Dal confronto di immagini telerilevate multitemporali, la Geoint può fornire indizi, e in certi casi anche evidenze, di operazioni non autorizzate, come ad esempio lo stoccaggio non autorizzato di rifiuti. Il Piano d'azione sottolinea inoltre anche il potere dissuasivo della Geoint, ad esempio nello scoraggiare la gestione illegale di rifiuti.

L'applicazione della Geoint nella *Environmental Compliance Assurance* (Eca) comporta un approccio metodologico e culturale completamente nuovo. Il processo di controllo tradizionale è articolato in un solo livello, quello appunto dei controlli. Il nuovo processo, basato sulla Geoint, prevede invece due livelli: il primo è quello della sorveglianza, il secondo è quello dei controlli. Nel processo tradizionale, partendo da liste predefinite di soggetti (ad esempio: gli impianti di trattamento rifiuti autorizzati) si seleziona ogni anno un sottoinsieme di soggetti da controllare sulla base di criteri stabiliti dalla normativa ambientale (ad esempio la direttiva Ied, trasposta in Italia nel regime Aia) e delle risorse umane disponibili

FIG. 1
GEOINT

Impianto di trattamento rifiuti autorizzato. Nell'immagine a sinistra (acquisita il 10/08/2013) la situazione appare normale; nell'immagine di destra (acquisita il 10/06/2017) la situazione appare fuori controllo.

Fonte: Google Earth.



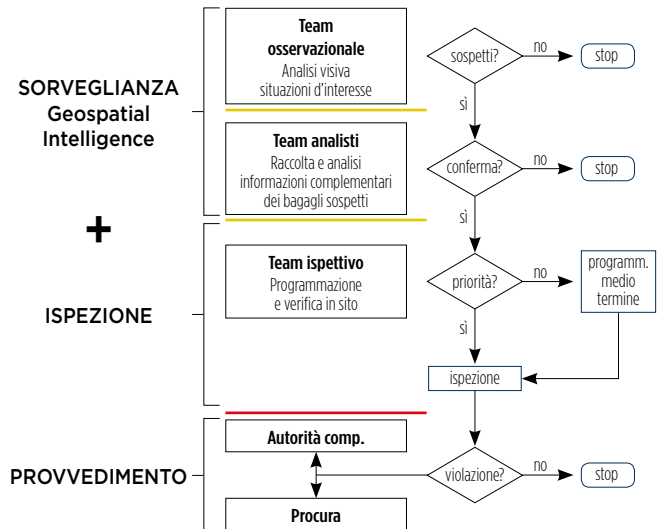
per eseguire i controlli. La debolezza di questo approccio consiste nel non essere in grado di gestire situazioni che si sviluppano impulsivamente e in una logica di trasgressione delle regole, in quanto la pianificazione dei controlli è basata sui parametri legati all'ordinario esercizio degli impianti; le attuali dotazioni delle Autorità di controllo non hanno, per altro, dimensioni tali da poter provvedere allo svolgimento di attività sistematiche di sorveglianza e di presidio del territorio, anche a fini dissuasivi. In questo modo, un problema complesso e diffuso come quello della gestione illegale dei rifiuti tende a essere affrontato "verticalmente", prendendo a riferimento essenzialmente i soggetti noti e autorizzati e intervenendo sulle situazioni di illegalità prevalentemente quando se ne manifestano le conseguenze più gravi a livello ambientale o a seguito di indagini di natura penale già avviate.

Nel processo a due livelli basato sulla Geoint, il primo livello, quello di sorveglianza, consiste in una analisi d'area vasta del territorio nel quale si ricercano indizi sulla presenza di potenziali situazioni di illegalità di varia tipologia. In diversi casi, dal livello di sorveglianza possono emergere non solo indizi ma anche evidenze palesi di non conformità. La sorveglianza produce quindi una mappa georeferenziata che contiene la localizzazione dei siti potenzialmente critici rilevanti ai fini del controllo. È necessario poi accoppiare informazioni complementari, ottenibili da sistemi informativi già esistenti, per ognuno dei siti ritenuti rilevanti, e applicare criteri di priorità che possono essere basati sia su indicazioni strategiche fornite dalle amministrazioni competenti, sia su un approccio *risk-based*, basato ad esempio sul rischio che ciascun sito potenzialmente critico presenta per la popolazione e per l'ambiente circostante.

Consideriamo due esempi di approccio multi-livello basato sulla Geoint. Il primo è quello dei controlli sulla gestione illegale dei rifiuti, il secondo è quello del monitoraggio dei disturbi del bosco. Lo sviluppo di un metodo di Geoint richiede un'analisi e una progettazione accurata. In primo luogo è necessario definire le tipologie di potenziale illegalità che si vogliono andare a ricercare con la sorveglianza. Nel caso dei rifiuti, alcuni temi di indagine potrebbero essere: impianti di trattamento rifiuti regolarmente autorizzati (sia in categoria Aia che non Aia) ma con potenziali non conformità rispetto

FIG. 2
GEOINT

Il flusso logico nel quale si inquadra la Geospatial Intelligence.



alle autorizzazioni, discariche abusive all'aperto, siti di stoccaggio abusivo ricavati in capannoni abbandonati, rifiuti sepolti illegalmente (ad esempio in ex cave) ecc. Per ciascuna di queste tipologie occorre poi individuare quali informazioni, e in che modo, possono fornire indizi. Ad esempio, nel caso degli impianti di trattamento rifiuti autorizzati che dispongono di aree di stoccaggio temporaneo dei rifiuti all'aperto, è possibile, dall'analisi di immagini multitemporali ad alta risoluzione (con pixel non superiore ai 50 cm) da aereo o da satellite, valutare se le dimensioni dei cumuli di rifiuti stoccati sono abnormi e presumibilmente superiori ai quantitativi autorizzati. Si tratta naturalmente di una valutazione puramente qualitativa, ma estremamente efficace nel fornire un *early warning*. La valutazione quantitativa accurata può essere effettuata successivamente, durante il controllo *in situ*, con l'uso dei droni, tecnologia in grado di fornire risultati più accurati con un dispendio di risorse assai inferiore rispetto alle tecniche tradizionali. Ovviamente, per poter fotointerpretare gli impianti di trattamento rifiuti autorizzati, è necessario che essi siano stati prima correttamente catalogati e georeferenziati.

L'individuazione dei capannoni abbandonati utilizzati per stoccare abusivamente rifiuti presenta aspetti decisamente più impegnativi. Innanzitutto bisogna stabilire se un capannone è abbandonato: per tutti i casi nei quali non sia disponibile una fonte di informazioni che già identifichi gli immobili in queste condizioni, ci si può avvalere anche in questo caso della fotointerpretazione di immagini multitemporali ad alta risoluzione da aereo o da satellite. Vari aspetti visivi possono contribuire all'interpretazione

della situazione: presenza di veicoli, di materiali stoccati ordinatamente, aspetti evidenti dello stato di manutenzione, ad esempio. Si possono utilizzare ulteriori informazioni per accrescere la conoscenza della probabile condizione di abbandono del capannone: in particolare il Registro delle imprese e i dati sul consumo energetico (energia elettrica e gas) di cui dispongono i gestori energetici. Ovviamente, dalle immagini telerilevate non è possibile osservare la presenza di rifiuti all'interno del capannone; questa condizione però è spesso accompagnata dalla presenza di cumuli di rifiuti all'esterno degli stessi e ciò può rappresentare un forte segnale.

Il secondo esempio applicativo della Geoint riguarda il monitoraggio dei disturbi del bosco. Per disturbi del bosco si intendono danni alla vegetazione forestale causati da una serie di fattori, come tagli abusivi, incendi (generalmente dolosi), eventi meteorologici estremi (ad esempio: la tempesta Vaia abbattutasi nell'ottobre 2018 sulle foreste delle regioni del nord-ovest), dissesti idrogeologici e attacchi parassitari. In questo caso le informazioni principali possono essere ottenute dai satelliti Sentinel2 del programma spaziale europeo Copernicus. I due satelliti Sentinel2 in orbita forniscono immagini multispettrali con una risoluzione di 10 m e una ripetitività di 5 giorni. Dall'analisi multitemporale di queste immagini è possibile evidenziare automaticamente le situazioni di variazione negativa della biomassa forestale. Il prodotto intermedio della sorveglianza è quindi una mappa, per così dire "muta", perché rappresenta con grande dettaglio le anomalie forestali, senza però spiegarne la causa. Dall'incrocio con tecniche geomatiche della mappa "muta" con una serie di

database, quali quello dei tagli boschivi autorizzati, degli incendi boschivi, dell'Iffi (Inventario dei fenomeni franosi italiano), della carta della localizzazione probabile delle valanghe ecc. è possibile produrre una mappa che, per una buona parte delle anomalie, indicherà il fattore più probabile. A questo punto, le anomalie per le quali non è stato possibile con la Geoint valutare la causa più probabile possono essere sottoposte a controlli *in situ*. Anche in questo caso i droni possono essere di grande aiuto ai controlli, perché consentono di rilevare in breve tempo aree di foresta vaste anche in zone impervie e difficilmente accessibili.

Gli strumenti della Geospatial Intelligence

La Geoint si avvale di informazioni, ma anche degli strumenti tecnologici necessari per acquisire le informazioni e per elaborarle e interpretarle. Abbiamo già accennato alle informazioni che possono provenire sia da fonti convenzionali che dall'osservazione della Terra da satellite, da aereo e da drone. Esistono diversi geoportali, sia di enti pubblici che privati, che consentono di consultare liberamente serie storiche di immagini, sia da satellite che da aereo, che possono essere preziose per ricavare indizi di criticità ambientali, ad esempio, tra le fonti pubbliche, il Geoportale nazionale del Mattm (www.pcn.minambiente.it/mattm) e, tra quelle private, Google Earth. Ogni regione inoltre dispone di un proprio geoportale (ad esempio, per la Regione Lombardia: www.geoportale.regione.lombardia.it). Le immagini satellitari di Copernicus possono essere scaricate liberamente e gratuitamente (scihub.copernicus.eu), ma esistono anche geoportali che ne consentono la consultazione. Esistono poi diversi provider di servizi spaziali privati ai quali è possibile richiedere, a pagamento, l'esecuzione di riprese ad alta risoluzione sulle aree di interesse.

I già citati droni costituiscono una fonte di immagini ad altissima risoluzione (centimetrica) di fondamentale utilità nei controlli. I droni possono essere dotati di camere Rgb, sensori multispettrali, termocamere, lidar. I software di elaborazione di immagini telerilevate oggi disponibili permettono di produrre modelli 3D che consentono una rappresentazione in realtà virtuale del sito controllato. Quindi, dopo l'ispezione *in situ*, è possibile approfondire

FIG. 3
GEOINT

I droni acquisiscono immagini con risoluzione centimetrica, dalle quali si possono ricavare modelli 3D esplorabili in realtà virtuale. Si possono quindi fare approfondimenti e acquisire misure degli impianti anche dopo il controllo *in situ*. La combinazione tra modello 3D e riprese da drone con termocamera permette di stimare il livello dei fluidi nei serbatoi e di valutarne il volume.



ulteriormente il controllo stando comodamente in ufficio ed esplorando l'impianto in realtà virtuale sulla base delle immagini acquisite dai droni.

L'elevata quantità di informazioni disponibili e la necessità di interpretarle attraverso sequenze logiche creano prospettive assai attraenti per l'utilizzazione in questo settore dell'intelligenza artificiale (AI), ottimizzando l'uso delle risorse umane a disposizione.

La AI è diventata ormai uno strumento altamente operativo: esistono infatti algoritmi di *deep learning* basati su reti neurali che consentono di riconoscere automaticamente oggetti presenti in immagini ad alta risoluzione. La scansione automatica "a tappeto" di immagini di aree vaste alla ricerca di determinati indizi sta diventando quindi un obiettivo raggiungibile anche per le Agenzie ambientali.

Conclusioni

La Geoint e l'innovazione tecnologica a essa correlata portano a numerosi vantaggi che possono essere riassunti nei seguenti punti:

- rendere efficiente il processo di controllo in situazioni logisticamente complesse
 - ottimizzare le azioni di controllo in situazioni di rischio
 - svolgere indagini per la ricerca di situazioni di illegalità
 - svolgere un'azione preventiva e ottimizzare l'efficacia dei controlli attraverso azioni di sorveglianza.
- La possibilità aperta dalla Geoint di operare su aree vaste e su molte

tipologie di criticità ambientali rilancia poi il problema della pluralità delle competenze in materia ambientale e del coordinamento tra gli attori in campo. Il tema dei rifiuti è particolarmente emblematico da questo punto di vista, perché coinvolge, oltre alle Agenzie ambientali, le Regioni, le Province, i Comuni, le forze dell'ordine e la magistratura.

Il panorama che si va delineando è certamente affascinante e ricco di opportunità, ma perché questa innovazione tecnologica si radichi nelle Agenzie e dia i suoi frutti è necessaria una modifica profonda degli attuali modelli organizzativi e delle procedure operative e anche delle priorità avvertite nell'uso delle risorse. Occorre quindi affrontare con la necessaria gradualità un percorso di trasformazione che trova il sostegno essenziale nella *partnership* che si sviluppa all'interno del Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente.

Giuseppe Sgorbati¹, Enrico Zini²

Arpa Lombardia

1. Direttore tecnico-scientifico

2. Dirigente U.O. Ricerca, innovazione, integrazione delle conoscenze