

## L'OT nella prospettiva di un'analisi costi-benefici sul settore spazio: i satelliti Cosmo-Skymed dell'ASI

Stefano Clò <sup>(a)</sup>, Massimo Florio <sup>(b)</sup>, Valentina Morretta <sup>(c)</sup>, Davide Vurchio <sup>(d)</sup>

<sup>(a)</sup> DISEI, Università di Firenze, e-mail : stefano.clo@unifi.it

<sup>(b)</sup> DEMM, Università di Milano, e-mail : massimo.florio@unimi.it

<sup>(b)</sup> DEMM, Università di Milano, e-mail : valentina.morretta@unimi.it

<sup>(b)</sup> DEMM, Università di Milano, e-mail : davide.vurchio@unimi.it

### Introduzione

Nell'ultimo decennio, un crescente numero di immagini satellitari ad alta risoluzione si è reso accessibile per amministrazioni pubbliche, policymakers e scienziati, incrementando la quantità e la qualità di informazioni disponibili. L'osservazione terrestre fornisce informazioni preziose sia al settore pubblico che a quello privato, consentendo di affrontare – al tempo stesso e con strumenti nuovi – sfide sociali globali come il cambiamento climatico e l'inquinamento dell'aria o applicazioni locali quali l'implementazione di tecniche di agricoltura di precisione e monitoraggio delle infrastrutture urbane e di trasporto.

Il presente articolo si propone, attraverso lo studio della letteratura che utilizza dati di osservazione terrestre e un'analisi bibliografica relativa a *Cosmo SkyMed* (CSM), di aprire la strada ad una efficace valutazione dell'impatto socioeconomico dell'attività dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) con riguardo alla creazione di prodotti e servizi innovativi generati dall'Osservazione Terrestre. Buona parte dei benefici legati alla disponibilità di dati di osservazione della terra restano potenziali, inespressi e sottovalutati. La presente analisi prevede l'identificazione delle barriere organizzative e istituzionali che limitano il pieno sfruttamento delle informazioni da dati OT, così come la formulazione di solide raccomandazioni di *policy* al fine di valorizzare il settore *downstream* spaziale italiano, soprattutto in materia di economia pubblica e *fiscal compliance* (e.g. accertamento degli abusivismi edilizi).

### La valutazione dell'impatto socioeconomico

All'interno della letteratura avente ad oggetto la valutazione dell'impatto socioeconomico del settore spaziale sono differenti le metodologie adottate, sia di tipo monetario che non-monetario.<sup>1</sup> Tuttavia, nessun consenso è stato tuttora trovato circa l'adozione di una metodologia comune (Lafaye, 2017).

Il presente lavoro è da inquadrare all'interno di un'analisi costi-benefici ispirata al *framework* utilizzato da Florio e Sirtori (2015), Florio *et al.* (2016) e Florio (2019). In tale contesto, l'obiettivo è quello di stimare i benefici (*welfare effects*)

<sup>1</sup> Tra queste, modelli econometrici, analisi finanziarie, *value of information*, analisi costi-benefici, analisi di equilibrio generale, analisi di *Input-Output*, casi studio e approccio delle catene globali, metodologie di valutazione contingente, valutazione d'impatto, modelli di micro-diffusione, analisi *multi-criteria*.

delle attività finanziate dall’Agenzia Spaziale Italiana. Questi includono sia i benefici ottenuti dagli ‘utilizzatori diretti’ (*direct benefifers*) che quelli ottenuti dai non-utilizzatori (*non-use value*), secondo la formula che segue:

$$NPV_{RI} = NPV_u + B_n = (PV_{B_u} - PV_{C_u}) + B_n \quad [1]$$

Il valore attuale netto economico (NPV) dell’infrastruttura di ricerca (nel nostro caso delle tecnologie e servizi realizzati grazie all’attività dell’Agenzia Spaziale Italiana), è dato dalla differenza tra il valore attuale dei benefici degli utilizzatori ( $PV_{B_u}$ ) e il valore attuale dei costi degli utilizzatori ( $PV_{C_u}$ ), a cui si aggiunge il valore dei benefici che i non utilizzatori ottengono dalla realizzazione delle attività di ricerca, tecnologica e dalle missioni finanziate da ASI ( $B_n$ ). All’interno dei benefici diretti, possiamo annoverare i benefici ottenuti dalle imprese con le quali l’ASI intraprende relazioni contrattuali, i benefici in termini di tecnologia dell’informazione che si rendono disponibili attraverso il processo di trasferimento tecnologico, i benefici ottenuti dagli utilizzatori finali (sia diretti che indiretti), i benefici ottenuti dagli scienziati in termini di prodotti della ricerca o tecnologie disponibili, i benefici di studenti e giovani ricercatori derivanti da nuova conoscenza disponibile, oltre che i benefici per il pubblico. I benefici indiretti, invece, coincidono – all’interno del *framework* Florio e Sirtori (2015) con il cosiddetto *existence value*, ovvero il valore che i non utilizzatori danno ad una infrastruttura di ricerca per il semplice motivo che è stata realizzata ed è disponibile.

In di questo lavoro – parziale all’interno di un più generale approccio *cost-benefit* – forniremo una panoramica sui benefici della conoscenza (c.d. *knowledge output*) ottenibile guardando al numero di pubblicazioni inerenti ai satelliti Cosmo Skymed. Infine, guarderemo anche a un caso studio in cui i dati di osservazione terrestre vengono utilizzati per verificare il rispetto delle norme fiscali in ambito edilizio.

### **I dati satellitari nella letteratura economica**

Nella nostra analisi, l’Osservazione Terrestre è assimilata a una infrastruttura sociale che fornisce una prospettiva unica sul mondo e che supporta sia l’avanzare della civiltà – contribuendo ad una maggiore consapevolezza su tematiche ambientali, sociali ed economiche – che le azioni concrete volte alla gestione sostenibile ed efficiente delle risorse globali e locali (Onoda e Young, 2017).

I dati satellitari sono sempre più utilizzati nella ricerca scientifica al fine di investigare e analizzare una vasta serie di tematiche. Le immagini satellitari sono strumento utile al fine di investigare fenomeni, tra gli altri, quali l’estensione dei ghiacci (Spreen e Kern, 2016), cedimenti e smottamenti del terreno (Kalia *et al.*, 2016), differenze nelle tipologie di colture (Inglada *et al.*, 2015), ceneri vulcaniche post-eruzione (Schmidt *et al.*, 2015), temperatura e concentrazione di clorofilla delle superfici oceaniche (Von Schuckmann *et al.*, 2016).

L’utilizzo di dati di osservazione terrestre risulta particolarmente utile quando la scarsità di dati empirici limita la possibilità di analizzare determinate tematiche. È il caso, ad esempio, dei dati relativi alla luminosità notturna (*nightlights*) forniti dal NOAA: Henderson *et al.* (2012) utilizza tali dati per approssimare la crescita del Prodotto Interno Lordo (PIL) in regioni della Cina per le quali tali informazioni sono di scarsa qualità, Lee (2018) analizza le disuguaglianze regionali guardando alla distribuzione delle attività economiche

in Corea del Nord poiché le informazioni ufficiali non sono disponibili mentre Storeygard (2016) approssima il PIL delle principali città dell’Africa Sub-Sahariana al fine di verificare la correlazione tra distanza dai porti principali e *performance* economica.

I dati OT permettono di costruire nuovi dataset su temi specifici non ottenibili tramite statistiche ufficiali, come nel caso di Marx *et al.* (2017) che utilizza dati satellitari per approssimare la qualità delle baracche nelle quali vivono i residenti dei bassifondi Keniote e, incrociando tali informazioni con quelle disponibili da *survey*, mostra come i residenti paghino affitti inferiori e vivano in abitazioni di qualità superiore se la propria etnia coincide con quella del proprietario.

Clark *et al.* (2017) mostra che la crescita economica delle regioni cinesi è superiore rispetto a quanto riportato nelle statistiche ufficiali mentre Costinot *et al.* (2012) mostra come il cambiamento climatico influenzi negativamente il PIL globale (-0.26 per cento). I dati sulla luminosità notturna hanno, inoltre, permesso a Holder e Raschky (2014) di fornire evidenza di come, per un *panel* globale, le regioni d’origine dei *leader* politici in carica godano di una luminosità notturna superiore rispetto alle altre.

I dati satellitari, infine, possono risultare di estrema importanza – e vengono utilizzati in maniera crescente – nelle scienze sociali quando geografia, clima o altri aspetti relativi alla Terra forniscono elementi esogeni in grado di consentire la stima dell’impatto di variabili ‘trattamento’ (Kudamatsu, 2018). A tal riguardo, Saiz (2010) mostra come lo sviluppo residenziale sia vincolato dalla presenza di terreni in pendenza e che tali terreni mostrano una bassa elasticità nei prezzi, oltre ad essere maggiormente soggetti a regolamentazione. Flückiger *et al.* (2015), invece, guardando ai dati relativi alla presenza di fitoplancton, riesce a evidenziare la presenza di una relazione positiva tra shock negativi sul settore della pesca e aumento della pirateria.

### **I satelliti Cosmo SkyMed**

Sviluppati interamente dall’ASI in cooperazione con il Ministero della Difesa, i satelliti CSK hanno permesso di aumentare il numero e la qualità delle infrastrutture di OT, affiancandosi – nel contesto europeo – alla flotta di satelliti *Sentinels* dell’Agenzia Spaziale Europea. I satelliti Cosmo SkyMed rappresentano una delle più avanzate e potenti risorse nel campo dell’Osservazione Terrestre e rappresentano il più grosso investimento italiano tra i sistemi spaziali per l’OT (Battagliere *et al.*, 2019).

Composta da 4 satelliti identici (a 619 km di altitudine con un periodo orbitale di 97 minuti), la costellazione consente di collezionare circa 1800 immagini radar ogni 24 ore, indipendentemente dalle condizioni climatiche e di visibilità. La costellazione Cosmo SkyMed è stata pensata per un uso duale: civile e militare. Le immagini derivanti da tali satelliti sono state ampiamente utilizzate nel supporto alle attività *ex-post* in occasione dei terremoti di L’Aquila e Amatrice (rispettivamente Aprile 2009 e Agosto 2016), in occasione del ciclone Nargis su Burma (2008) e dell’uragano Harvey su Texas, Louisiana e Caraibi (2017).

Le immagini radar sono disponibili in tre diverse modalità operative (*routine*, *crisi* e *very urgent*) e dispongono di un’elevata versatilità in termini di risoluzione ed estensione. Queste vanno da un minimo di 10 km x 10 km di estensione *swat* con risoluzione fino a 1 m x 1 m fino (*Enhanced Spotlight*) ad un massimo di

200 km x 200 km di estensione *swat* con risoluzione fino a 100 m x 100 m (*ScanSAR HUGE*).

## Panoramica delle pubblicazioni scientifiche relative a CSK

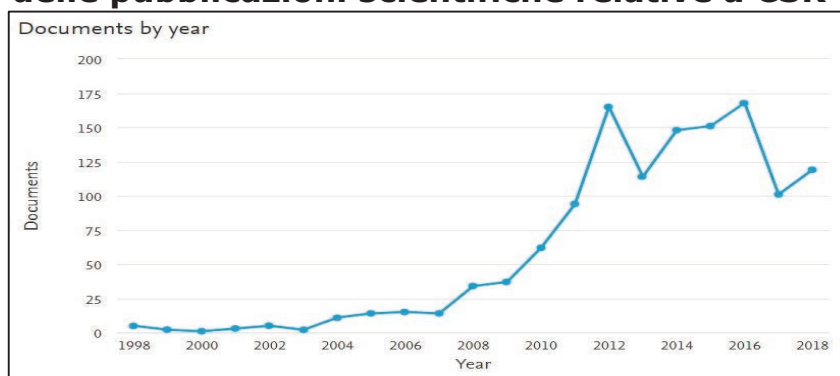


Figura 1 – Numero di pubblicazioni relative a Cosmo SkyMed presenti all'interno dell'archivio Scopus. Fonte: database Scopus.

Al fine di ottenere maggiori informazioni in relazione alla diffusione e utilizzo dei dati CSK, abbiamo ricercato informazioni relative al numero e alla tipologia di pubblicazioni che, all'interno dell'archivio Scopus, sono legate alla costellazione di satelliti realizzati dall'Agenzia Spaziale Italiana.

Da una prima analisi preliminare (Figura 1), è possibile evidenziare come il numero delle pubblicazioni accademiche (il database include la letteratura c.d. *peer-reviewed*, comprendente giornali scientifici, libri e *proceedings* di conferenze) abbia sperimentato un aumento esponenziale fino al 2012 (anno successivo alla data in cui i quattro satelliti sono diventati pienamente operativi, ovvero maggio 2011), per poi successivamente assestarsi, in maniera più o meno costante, tra le 100 e le 170 pubblicazioni annue dal 2013 al 2018. Benché i valori siano significativamente aumentati rispetto ai primi anni riportati all'interno della Figura 1, è evidente come la crescita del numero di prodotti di ricerca legati alla costellazione si sia arrestato, probabilmente a causa della *data policy* maggiormente restrittiva rispetto a diretti concorrenti quali *Landsat* e *Sentinels*.

È necessario sottolineare, a tal proposito, che i dati Cosmo SkyMed vengono distribuiti attraverso due *provider*. Per usi a fini commerciali, i dati vengono distribuiti da e-GEOS, società controllata dall'ASI, che richiede il pagamento da un minimo 100 € fino ad un massimo di 860 € a seconda della tipologia di immagine (i prodotti *Spotlight* costano il doppio rispetto ai prodotti *SCANSAR* e *STRIPMAP*) e del numero di prodotti richiesti (maggiore è il numero di prodotti, maggiore sarà il costo marginale delle immagini, secondo uno schema a scaglioni composti come segue: fino a 50, tra 50 e 100 e oltre i 100). Per l'utilizzo istituzionale (enti pubblici e centri di ricerca pubblici), i dati sono forniti direttamente da ASI e l'utilizzo non richiede il pagamento di alcun importo, sebbene il processo di richiesta dei dati presuppone che si segua un non-immediato iter burocratico. La presenza di prodotti *open source*, come quelli forniti dall'Agenzia Spaziale Europea, risulta quindi limitare l'utilizzo dei dati CSK, soprattutto nei casi in cui non è richiesta una elevata risoluzione di immagine.

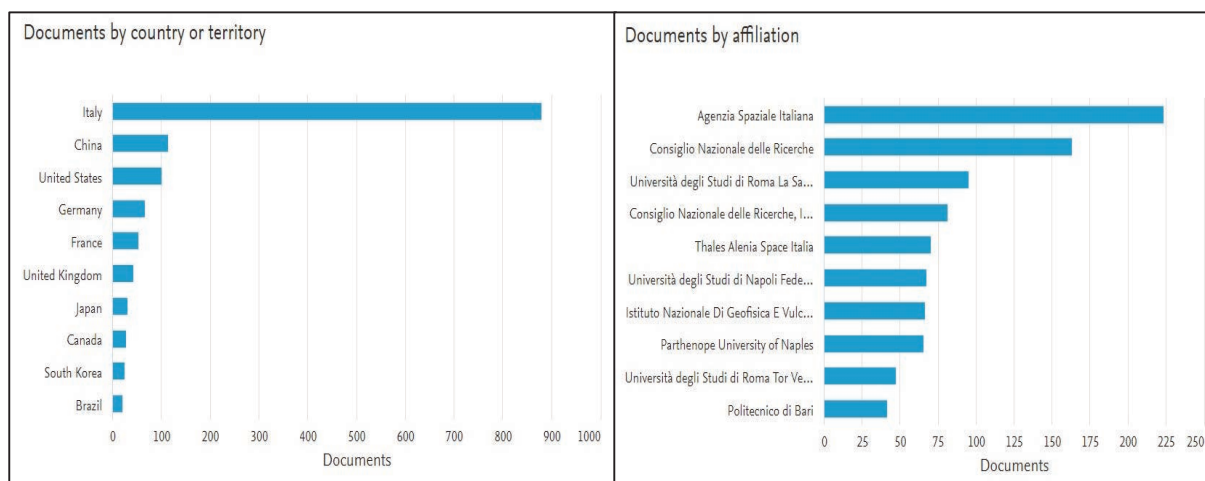


Figura 2 – Numero di pubblicazioni relative a Cosmo SkyMed presenti per Paese (panel di sinistra) e per istituzione di affiliazione. Fonte: database Scopus.

La Figura 2 presenta la distribuzione del numero di pubblicazione tra i 10 principali Paesi e tra le prime 10 istituzioni di appartenenza. Risulta immediatamente evidente come le pubblicazioni relative a Cosmo SkyMed siano realizzate in maniera principale da autori che lavorano all'interno dell'Italia (circa 880 affiliazioni) mentre la prima alternativa è rappresentata dalla Cina con poco più di 100 documenti pubblicati. Tale *bias* territoriale, che rispecchia la difficoltà di utilizzo al di fuori dei confini del Belpaese, è riscontrabile anche guardando all'elenco dei principali istituti ai quali risultano affiliati gli autori dei 1265 documenti pubblicati dal 1998 al 2018. Tutti gli istituti sono italiani, con l'Agenzia Spaziale Italiana che risulta essere prima con un totale di quasi 225 documenti. Tutti gli altri istituti riportati sono enti pubblici di ricerca (come il Consiglio Nazionale per le Ricerche e l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) o centri universitari, con l'eccezione dell'italo-francese Thales Alenia Space Italia, il principale produttore europeo di satelliti, tuttavia sottoposta a controllo parzialmente pubblico.

Dalla consultazione dei dati Scopus è possibile notare che la grande maggioranza dei documenti pubblicati è rappresentato da *conference paper* (60,7 per cento) mentre gli articoli su rivista rappresentano poco più di un terzo del totale (35,3 per cento). Il 30,5 per cento dei documenti afferisce alle Scienze della Terra e dei Pianeti, il 23,2 per cento afferisce alla *computer science*, mentre il 17,1 per cento dei lavori sono etichettati come documenti di Ingegneria. Fisica e Astronomia rappresentano il 9,9 per cento del totale.

### **I dati satellitari e la *fiscal compliance*: un caso studio sull'Isola di Ischia**

In questa sezione presentiamo un caso studio che riguarda, seppur indirettamente, i dati Cosmo SkyMed. Ispirandoci a un progetto che il Comune di Ventimiglia e NeMeA Sistemi stanno portando avanti avente come obiettivo il controllo della presenza di costruzioni abusive sul territorio, in questa sede evidenziamo come l'utilizzo di dati satellitari possa risultare utile nel tentativo di combattere la costruzione di edifici abusivi con un livello di dettaglio elevato.

Con "costruzioni spontanee" ci si riferisce alle attività non autorizzate realizzate in maniera professionale e organizzata, aventi ad oggetto la costruzione di edifici, di diversa estensione, sul territorio. Tali costruzioni rappresentano un

problema sia in termini di evasione fiscale che di sicurezza e qualità dell'ambiente (ISTAT, 2017).<sup>2</sup>

Il nostro studio si concentra sull'identificazione di costruzioni spontanee sull'Isola di Ischia attraverso l'utilizzo di dati radar *Sentinel-1* di media risoluzione. L'esercizio è realizzato al fine di evidenziare come l'uso di immagini satellitari possa aiutare i *policy makers* nell'identificazione delle costruzioni illegali realizzando il tutto in maniera efficace ed efficiente, in virtù di una contestuale riduzione dei costi di ispezione.

Il lavoro si concentra sull'Isola di Ischia in quanto rappresenta un territorio critico da un punto di vista idrogeologico.<sup>3</sup> Inoltre, Ischia presenta una peculiare forma di abusivismo edilizio tanto che il suo sviluppo urbano è stato più volte etichettato come 'gentile': sull'isola non sono presenti ampie colate di cemento, i privati costruiscono in maniera creativa e organica mentre gli unici due ecostri sono rappresentati da edifici pubblici.<sup>4</sup> Le costruzioni a Ischia si prestano, quindi, al nostro tentativo di evidenziare la necessità dell'utilizzo di dati di osservazione terrestre in campo fiscale, ed in particolare di dati altamente dettagliati come, ad esempio, i prodotti Spotlight forniti da CSK in grado di catturare dettagli che sfuggono all'osservazione tramite satelliti con risoluzione inferiore. Accanto all'opportunità di utilizzare i dati satellitari per migliorare il controllo fiscale dei Comuni interessati, da un punto di vista quantitativo l'utilizzo di dati molto dettagliati permette di realizzare un confronto – *pixel-by-pixel* – tra le mappe catastali e i risultati ottenuti dalle immagini radar, al fine di ottenere statistiche a livello municipale sulla percentuale di area coperta da edifici correttamente riportati sui registri.

Utilizzando IW-SLC dati di livello 1 ottenuti con il satellite Sentinel-1,<sup>5</sup> abbiamo pre-processato i *raw data* al fine di ottenere immagini pulite e georeferenziate. Tramite l'utilizzo dell'applicativo SNAP fornito da ESA, abbiamo applicato il TOPSAR-Split e l'*orbit file* prima di effettuare il *back-geocoding* registrando le informazioni geometriche delle due immagini preprocessate. Successivamente, abbiamo applicato l'*Enhance spectral diversity tool* al fine di ottenere una immagine con pixel coerenti in termini di fase, prima di applicare il *TOP-deburst tool* al fine di ortorettificare le immagini. Abbiamo concluso la fase di *pre-processing* applicando i *tool Multi-looking e Terrain correction*, ottenendo così l'immagine da utilizzare per il *training* ai fini della realizzazione della classificazione supervisionata del terreno. Utilizzando l'algoritmo Random Forest, dopo aver istruito l'applicativo, abbiamo distinto le costruzioni da tutto ciò che non rappresentava un edificio.

<sup>2</sup> ISTAT (2017) Il benessere equo e sostenibile in Italia [https://www.istat.it/it/files//2017/12/Bes\\_2017.pdf](https://www.istat.it/it/files//2017/12/Bes_2017.pdf)

<sup>3</sup> Come riportato dal WWF, l'area urbana di Ischia ha triplicato la propria estensione negli ultimi 50 anni, portando il tasso di urbanizzazione dal 9 per cento all'attuale 30 per cento.

<sup>4</sup> <https://www.ilfoglio.it/cultura/2018/11/18/news/ischia-ai-tempi-del-decreto-genova-224990/>

<sup>5</sup> La risoluzione *pixel* per questo genere di immagini va da 2.7x22 m a 3.5x22 m mentre il *pixel spacing* è di 2.3x14.1 m. Le immagini utilizzate sono state catturate il 2 giugno 2019 e il 26 giugno 2019, al fine di fornire un controllo della coerenza delle immagini nel periodo. Utilizziamo dati Sentinel-1 SAR sia perché consentono di sottolineare i limiti delle analisi basate su dati con bassa risoluzione che perché i dati Sentinel-1 sono facilmente e immediatamente disponibili, contrariamente ai dati CSK.

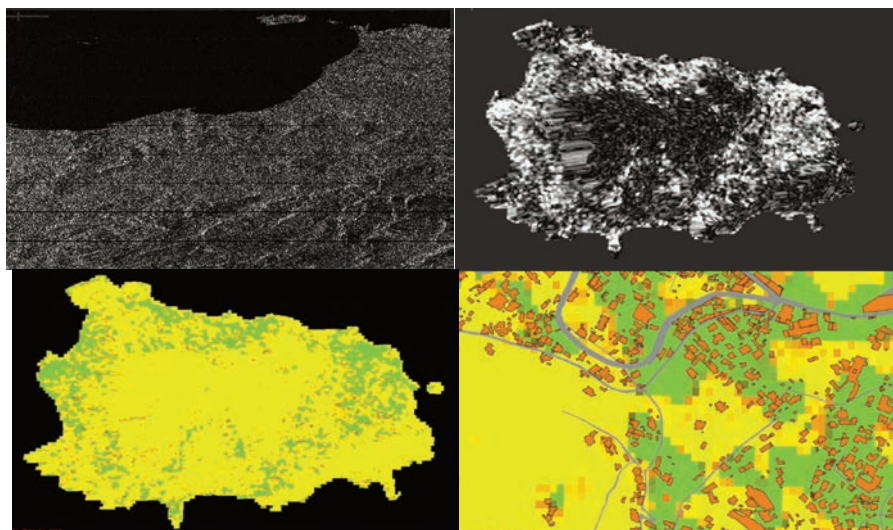


Figura 3: elaborazione su dati Sentinel-1: i) dati grezzi Level-1 del subswath contenente la zona di interesse; ii) immagine VH pre-processata utilizzata per la realizzazione della classificazione supervisionata; iii) immagine classificata con edifici in verde; iv) dettaglio della periferia nord-ovest del Comune di Ischia: le immagini processate, dopo esser state riproiettate al fine di ottenere un sistema di riferimento cartesiano comparabile, mostra la presenza di edifici non dichiarati (aree verdi). Tuttavia, le immagini classificate ottenute tramite i dati Sentinel-1 non sono altrettanto precise quanto le informazioni fornite dall'ufficio del Catasto (poligoni arancioni).

Dal caso studio riportato all'interno della Figura 3 è possibile evidenziare tre principali benefici potenziali legati all'utilizzo dei dati di OT: i) aumento del gettito fiscale derivante da un rilevamento degli abusi più efficace; ii) riduzione dei costi di controllo e ricerca a seguito della digitalizzazione delle procedure di ispezione; iii) incremento della probabilità di identificare attività umane che hanno luogo in determinate aree potenzialmente critiche dal punto di vista archeologico, paesaggistico o sismico.

### Considerazioni conclusive

Il presente lavoro rappresenta un punto di partenza per la quantificazione dei benefici socioeconomici legati all'utilizzo di dati di osservazione terrestre. In particolare, ci si è soffermati sui benefici derivanti dalla disponibilità di pubblicazioni scientifiche – che, se analizzate in termini di citazioni, rappresentano una approssimazione dei benefici di cui usufruisce la comunità scientifica e accademica dall'esistenza della costellazione di satelliti CSK – e su quelli derivanti in ambito di accertamento fiscale relativo agli abusivismi edilizi. Sia il caso studio che l'analisi delle pubblicazioni legate a CSK sottolineano un aspetto critico legato all'utilizzo effettivo di tali dati e all'identificazione delle barriere che tuttora limitano la disseminazione di dati satellitari. Il riconoscimento di tale limite è necessario al fine di identificare quali politiche possono essere implementate al fine di superare gli ostacoli attuali e promuovere una maggiore diffusione nell'utilizzo dei dati OT. Tali ostacoli possono essere di natura cognitiva (difficoltà nella gestione ed elaborazione dei dati), economica (l'elaborazione è costosa) o legati alla governance / organizzazione dei dati CSK. All'interno di un *framework* analisi costi-benefici, è necessario confrontare, da un lato, il valore intertemporale dei costi di costruzione e operativi di CSK con, dall'altro lato, il flusso di benefici socioeconomici prodotti, contemplando un controfattuale rappresentato da metodologie di monitoraggio della terra più tradizionali (infrastrutture a terra, ispezioni visuali, ecc.). Mentre tale analisi non

è ancora disponibile, in questo articolo abbiamo suggerito possibili strategie di ricerca, pescando dall'esperienza internazionale riportata nella rassegna della letteratura. Sebbene l'analisi costi-benefici dell'OT sia ancora in fase preliminare, il presente articolo suggerisce che, in principio, è decisamente realizzabile.

### Riferimenti bibliografici

Florio, M. (2019), *Investing in Science: Social Cost-benefit Analysis of Research Infrastructures*. MIT Press.

Lee, Y. S. (2018), "International isolation and regional inequality: Evidence from sanctions on North Korea", *Journal of Urban Economics*, 103, 34-51.

Kudamatsu, M. (2018), "GIS for credible identification strategies in economics research", *CESifo Economic Studies* 64.2: 327-338.

Onoda M., Young O. (2017), *Satellite Earth Observations and Their Impact on Society and Policy*, Elsevier

Marx, B., Stoker, T. M., Suri, T. (2015), "There is no free house: Ethnic patronage in a Kenyan slum". *American Economic Journal: Applied Economics*.

Clark, H., Pinkovskiy, M., Sala-i-Martin, X. (2017), "China's GDP growth may be understated", (No. w23323), *National Bureau of Economic Research*.

Von Schuckmann K., Le Traon P. Y. (2016), "The Copernicus Marine Environment Monitoring Service Ocean State Report" *Journal of Operational Oceanography* (9)235-320.

Storeygard, A. (2016), "Farther on down the road: transport costs, trade and urban growth in sub-Saharan Africa", *The Review of economic studies* 83.3: 1263-1295.

Spreen G., Kern, S. (2016), *Methods of satellite remote sensing of sea ice*, Sea Ice: Third Edition, 239-260.

Florio, M., Forte, S., Sirtori, E. (2016), "Forecasting the socio-economic impact of the Large Hadron Collider: A cost-benefit analysis to 2025 and beyond", *Technological Forecasting and Social Change*, 112, 38-53.

Kalia, A.C., Frei M., Lege T. (2016), "A Copernicus downstream-service for the nationwide monitoring of surface displacements in Germany". Forthcoming in *Remote Sensing of Environment*.

Schmidt, A., Leadbetter, S. (2015), "Satellite detection, long-range transport, and air quality impacts of volcanic sulfure dioxide from the 2014-2015 flood lava eruption at Bardarbunga (Iceland)", *Journal of Geophysical Research* (120)18.

Inglada, J, Arias, M. (2015), "Assessment of an operational system for crop type map production using high-temporal and spatial resolution satellite optical imagery", *Remote Sensing*, (7)12356-12379.

Florio, M., Sirtori E. (2015), "Social benefits and costs of large scale research infrastructures", *Technological Forecasting & Social Change*.

Hodler, R., Raschky, P. A. (2014), "Regional favouritism", *The Quarterly Journal of Economics*, 129(2), 995-1033.

Henderson, J.V., Storeygard, A., Weil, D.N. (2012), "Measuring economic growth from outer space", *American economic review*, 102(2), 994-1028.

Costinot, A., Donaldson, D., Smith, C. (2016), "Evolving comparative advantage and the impact of climate change in agricultural markets: Evidence from 1.7 million fields around the world", *Journal of Political Economy*, 124(1), 205-248.

Saiz, A. (2010), "The Geographic Determinants of Housing Supply", *The Quarterly Journal of Economics*, Volume 125, Issue 3, Pages 1253-1296.