

Un viaggio tra le città europee a bordo del satellite WorldView

26.8.2026 - | Politecnico di Torino

Vista dallo spazio, una città non è semplicemente un insieme di edifici: è una trama di forme, colori e geometrie che raccontano il modo in cui l'ambiente urbano cresce e si trasforma. A spiegarlo è lo studio "Built-up index and fractal dimension clustering of multispectral satellite urban images", pubblicato il 13 agosto sull'International Journal of Digital Earth, nato dalla collaborazione tra il Politecnico e la Universidad Politécnica de Tulancingo, in Messico.

Il lavoro si inserisce nel percorso di **dottorato internazionale in cotutela** che coinvolge i due Atenei e vede protagonisti i dottorandi **Armando Delgadillo-Jimenez** e **Aldo Aguilar-Vallejo**, impegnati in attività di ricerca presso entrambe le istituzioni sotto la supervisione della professoressa **Anna Carbone**, PhD Advisor del Politecnico, e della professoressa **Carina Toxqui-Quitl**, PhD Advisor della Universidad Politécnica de Tulancingo.

Partendo da **immagini satellitari multispettrali di 28 città europee**, tra cui Torino, lo studio analizza l'ambiente urbano attraverso due indicatori: la **densità del costruito** e la **dimensione frattale**. La prima misura **quanto** di una determinata area è **occupato da strutture edificate**; la seconda ne descrive la **complessità geometrica e spaziale**, permettendo di distinguere configurazioni più compatte e omogenee da altre più frammentate e irregolari.

La realtà è complessa, e a dirlo è la geometria frattale – il cui nome deriva dal latino *fractus*, cioè "rotto", "frazionato". Le coste, le montagne, le ramificazioni degli alberi e, allo stesso modo, le città che abitiamo non possono venire descritte dalla geometria euclidea che rappresenta lo spazio attraverso dimensioni intere e figure definite. Il tessuto urbano è infatti composto da strutture che si distribuiscono e si intrecciano nello spazio in modo articolato e frammentato e la **geometria frattale** permette di tradurre questa complessità in una misura quantitativa, fornendo così un'indicazione di **come il costruito si organizza nello spazio**.

Per ottenere queste informazioni, i ricercatori hanno analizzato immagini multispettrali provenienti da diversi sistemi satellitari, tra cui WorldView-2 e Copernicus Sentinel-2, interpretando i dati acquisiti per ricavare i due indicatori. Un aspetto rilevante per la robustezza metodologica dell'approccio è che **densità del costruito e dimensione frattale possono essere estratte dalla stessa immagine satellitare**, senza la necessità di integrare database GIS esterni o dati censuari.

È proprio dalla combinazione di questi due parametri che lo studio consente di andare oltre la domanda **"Quanto territorio è costruito?"**, e di aggiungerne una seconda **"Come è organizzato nello spazio ciò che è stato costruito?"**. Due aree possono infatti presentare una quantità simile di superficie edificata e, allo stesso tempo, avere strutture molto diverse: una più compatta e uniforme, l'altra maggiormente frammentata e complessa.

Attraverso l'analisi di **112 settori urbani e suburbani**, la ricerca ha messo in evidenza una relazione significativa tra densità e complessità morfologica: **all'aumentare della densità del costruito cresce anche la sua complessità spaziale**. L'urbanizzazione, quindi, non comporta solo un aumento della quantità di edifici presenti sul territorio, ma modifica progressivamente anche la

geometria con cui questi occupano lo spazio.

Il lavoro si inserisce in un percorso di ricerca più ampio dedicato all'utilizzo delle **immagini satellitari e di strumenti quantitativi per interpretare la struttura delle città**. In parallelo, il gruppo di ricerca ha sviluppato un approccio basato sul **deep learning per stimare la dimensione frattale direttamente a partire dalle immagini satellitari**. Da questa linea di ricerca è nata **RegFractNet**, una piattaforma di intelligenza artificiale presentata nel paper **"Deep learning approach to fractal surfaces: application to satellite images of urban areas"**, pubblicato a maggio su *EPJ Data Science*. Il sistema utilizza un algoritmo per analizzare le immagini e ricavare un valore quantitativo in grado di descrivere la **complessità geometrica della superficie osservata**.

Con questa collaborazione, l'Ateneo **consolida la propria vocazione internazionale e l'impegno nella valorizzazione dei giovani talenti**. La sinergia con la Universidad Politécnica de Tulancingo, destinata a proseguire con nuove attività e iniziative, favorisce lo scambio di competenze e conoscenze, la formazione e la mobilità di ricercatori e docenti, nonché lo sviluppo di progetti di ricerca congiunti.

"Conoscere la morfologia di una città permette di comprendere meglio come il territorio si sviluppa e si trasforma nel tempo. Disporre di indicatori statistici sulla densità e sulla complessità del costruito assume oggi particolare rilevanza perché queste informazioni possono essere utili nell'ambito della pianificazione territoriale e degli studi demografici, ma anche per analizzare fenomeni legati all'energia, alla dissipazione termica e all'ecologia urbana", dichiara la professoressa **Anna Carbone**.

<https://www.polito.it/ateneo/comunicazione-e-ufficio-stampa/poliflash/un-viaggio-tra-le-citta-europee-a-bordo-del-satellite>