

Michela Lazzeroni*, Antonello Romano*

*Geografia e intelligenza artificiale:
spazialità, reti, narrazioni nella società algoritmica*

1. VERSO L'ARTIFICIAL INTELLIGENCE TURN IN GEOGRAFIA. – Negli ultimi anni, l'interesse crescente nei confronti dell'intelligenza artificiale (IA), amplificato dal diffondersi di tecnologie generative come ChatGPT, ha riportato al centro del dibattito scientifico una domanda solo in apparenza nuova: quale relazione lega la geografia all'intelligenza artificiale? Si tratta, in realtà, di un interrogativo che ha già riguardato la disciplina fin dagli anni Ottanta (Smith, 1984; Couclelis, 1986) e che oggi riemerge con rinnovata urgenza, poiché le tecnologie dell'intelligenza artificiale attivano processi di cambiamento di portata crescente anche dal punto di vista geografico, soprattutto in due direzioni, che andremo di seguito ad approfondire e che vengono trattate nell'ambito di diversi contributi di questo numero monografico. Da un lato, i) le implicazioni sui fondamenti teorici del pensiero geografico stesso e sulle metodologie di analisi spaziale e di *governance* del territorio; dall'altro, ii) gli effetti (politici, economici, culturali, ecc.) prodotti nei diversi campi della società umana e negli spazi e stili di vita contemporanei. Le tecnologie avanzate, come l'IA, diventano difatti uno strumento di interfaccia e di mediazione rispetto al complesso e affascinante insieme delle relazioni sociali, che comprende le interazioni tra gli esseri umani e l'ambiente e le dinamiche di fruizione e di rappresentazione degli spazi vissuti, sia fisici sia digitali.

Per quanto riguarda il primo ambito di cambiamento, un contributo pionieristico è quello di Helen Couclelis (1986), che nell'articolo *Artificial intelligence in geography: conjectures on the shape of things to come* individua nell'IA un terreno di confronto per esplorare le basi epistemologiche della concezione e della modellizzazione dello spazio. La sua riflessione, più teorica che applicativa, suggerisce di non considerare l'IA semplicemente come uno strumento tecnico, ma piuttosto come

* Università di Pisa, Dipartimento di Civiltà e Forme del Sapere, Via Trieste 40, 56126 Pisa, michela.lazzeroni@unipi.it, antonello.romano@unipi.it.

Saggio proposto alla redazione il 15 dicembre 2025, accettato il 21 dicembre 2025.

un'occasione per ripensare il legame tra teoria, rappresentazione e costruzione cognitiva dello spazio. Afferma infatti Couclelis (1986):

Non accade spesso che la geografia venga investita da uno sviluppo con il potenziale di influenzare in modo sostanziale tutti gli aspetti pratici, tecnici, metodologici, teorici e filosofici del nostro lavoro. Pochi tra coloro che utilizzano quotidianamente i computer per l'analisi dei dati e altre attività tecniche sembrano sospettare che l'introduzione di una prospettiva computazionale in geografia possa rappresentare proprio un evento così multidimensionale, la cui portata va ben oltre i pubblicizzati benefici pratici dell'automazione (p. 9).

Pochi anni prima, Terence R. Smith (1984) aveva affrontato la stessa questione da una prospettiva diversa e più orientata alla dimensione operativa dell'IA come insieme di tecniche per l'automatizzazione dei processi decisionali e di analisi. Se Smith rappresenta quindi il versante pragmatico dell'incontro tra geografia e IA, Couclelis ne propone una declinazione epistemologica, sottolineando la possibile ridefinizione dei paradigmi della conoscenza geografica. Risulta interessante osservare che queste prime discussioni si collocano in un periodo di trasformazioni teoriche e metodologiche in campo geografico. Infatti, già Dobson (1983) e Marble e Peuquet (1983) avevano messo in evidenza il ruolo crescente dei computer nelle scienze geografiche e la necessità di integrarli nei processi di ricerca per migliorare la capacità analitica e rappresentativa della disciplina. In tale contesto, prende forma l'idea di una geografia automatizzata, visione che, pur non riferendosi direttamente all'intelligenza artificiale, anticipava molte delle riflessioni presentate successivamente sull'uso di sistemi intelligenti per modellizzare i fenomeni territoriali. In particolare, emerge un duplice orientamento: da un lato, la consapevolezza che l'IA possa ampliare il dominio dei fenomeni modellabili; dall'altro, la percezione che tali tecnologie possano modificare i presupposti stessi del pensiero spaziale e del rapporto tra geografia e conoscenza territoriale.

Negli anni Novanta, questo dibattito trova un ulteriore sviluppo nei lavori di Stan Openshaw e Christine Openshaw, che segnano un momento di svolta nella convergenza tra discipline geografiche e scienze computazionali. Nel loro volume *Artificial intelligence in geography* (1997), gli autori propongono un'introduzione di base all'intelligenza artificiale, discutendo l'integrazione di reti neurali, algoritmi, sistemi intelligenti, con gli strumenti tradizionali dell'analisi geografica. Nasce successivamente quella che Abrahart *et al.* (2000) presentano come *geocomputation*: un momento di transizione dai sistemi informativi geografici verso una concezione più sperimentale e automatizzata della conoscenza geografica. A seguire, e in particolar modo con l'avanzamento delle tecnologie digitali, la geografia si è ritrovata in un vero e proprio *digital turn* (Ash *et al.*, 2018), che introduce innovazione negli approcci e nelle metodologie sia del pensiero che dell'analisi spaziale. In tal senso,

parte della disciplina inizia a trasformarsi in un laboratorio per la costruzione di modelli cognitivi dello spazio, dove il calcolo diventa una modalità di produzione e interpretazione e non solo di supporto alla rappresentazione della realtà geografica.

Più recentemente, con l'affermarsi del *machine learning* e delle reti neurali profonde, l'attenzione si concentra sulla *geospatial artificial intelligence* (Gao *et al.*, 2023; Janowicz *et al.*, 2020; Li *et al.*, 2024; Mai *et al.*, 2022) che integra le tecniche di apprendimento automatico con l'analisi dei *big data*, producendo modelli capaci di riconoscere *pattern*, individuare anomalie e formulare previsioni territoriali con elevato livello di accuratezza. Le reti neurali assumono in questo processo un ruolo centrale: infatti, a differenza dei modelli simbolici della geografia classica, basati su relazioni esplicite e regole formalizzate, le architetture neurali operano attraverso processi distribuiti, anche se spesso opachi, nelle quali lo spazio è riformulato come rete di pesi e connessioni emergenti dai dati. Ciò conduce la disciplina a dover interrogarsi non soltanto su ciò che l'IA può ottimizzare, ma su come essa costruisce le proprie inferenze e previsioni geospaziali. Il rischio è rappresentato dalla possibilità di produrre rappresentazioni spaziali prive di consapevolezza geografica: la natura di *black box* di tali modelli neurali solleva interrogativi cruciali sulla qualità, affidabilità, replicabilità degli stessi, e in definitiva sulla loro stessa 'scientificità', messa in discussione dalla produzione di esiti opachi dal punto di vista metodologico, non spiegabili nei processi che li generano e difficilmente replicabili.

Dalle riflessioni pionieristiche di Couclelis e Smith alle sfide poste oggi dalle reti neurali, la geografia deve allora confrontarsi con un processo che intreccia sia la dimensione tecnica che quella epistemologica, tra calcolo e interpretazione e tra 'automazione' e 'autonomia'. La prima riguarda l'esecuzione di un *task* specifico sulla base di un'istruzione e di regole precise definite dagli esseri umani; difatti, due delle caratteristiche di un sistema automatizzato sono la ripetibilità e la prevedibilità. La seconda, invece, riguarda la capacità di prendere decisioni in maniera autonoma con una specifica dote di apprendimento e adattabilità senza guida e/o supervisione umana. L'autonomia dei processi cognitivi e analitici incide infatti sulle categorie fondamentali del sapere geografico – scala, distanza, relazione, contiguità, rappresentazione – con il rischio di erosione delle fondamenta stesse della disciplina. Le tecniche di IA tendono infatti a delegare ai modelli le operazioni che per decenni sono state dominio della riflessione disciplinare: interpretare *pattern* spaziali, modellare relazioni, rappresentare fenomeni complessi ecc.; al contrario, le reti neurali operano in spazi multidimensionali dove, ad esempio, prossimità e distanza rispondono a logiche del tutto nuove con il rischio di produrre modelli di IA spaziali, ma non geografici.

Seguendo questo excursus, riteniamo di essere agli inizi di una nuova fase all'interno della geografia, che va oltre la svolta digitale; una fase che possiamo

identificare come *AI turn*, in cui l'intelligenza artificiale non rappresenta semplicemente un insieme di strumenti di analisi, ma una vera e propria nuova cornice epistemologica capace di influire in modo pervasivo sul pensiero geografico e riorientare il modo in cui lo spazio viene concettualizzato, modellato e governato.

La nozione di *AI turn* invita a riflettere anche sulla seconda linea di approfondimento di questa introduzione, che riguarda la portata e l'intensità delle ripercussioni delle tecnologie IA nei diversi ambiti della società umana (politici, economici e culturali) e i risvolti dal punto di vista geografico. L'intelligenza artificiale sta, infatti, ridisegnando i luoghi e le relazioni socio-spaziali (Walker *et al.*, 2021) e riconfigurando l'organizzazione delle città sia sul piano delle infrastrutture che su quello della *governance* e delle rappresentazioni (Lazzeroni e Romano, 2025). La lente geografica contribuisce ad esaminare questi cambiamenti, andando ad esplorare sia le potenzialità che le criticità. In primo luogo, le trasformazioni riguardano le componenti materiali degli spazi dell'abitare e della mobilità, che si trovano progressivamente a incorporare al proprio interno e ad adattarsi alla diffusione di nuovi agenti spaziali intelligenti (veicoli a guida autonoma, robot urbani o utilizzati in specifici ambienti, droni dedicati per vari usi, piattaforme digitali, una varietà di *data center*, sensori e software di raccolta ed elaborazione dati, ecc.) (Macrorie *et al.*, 2021; Lynch *et al.*, 2022). In questa direzione, emerge la necessità di progettare sistemi socio-tecnici realmente 'a misura dell'essere umano', capaci cioè di integrare l'IA senza snaturare i bisogni, le vulnerabilità e le aspettative delle persone o le identità dei luoghi. Tuttavia, questi processi si intrecciano con una transizione verso modelli di funzionamento di IA, che, come già anticipato, sono sempre più orientati all'automazione e all'autonomia, andando a ridisegnare non solo i servizi, la mobilità, le modalità di lavoro e di interazione, ma anche gli spazi vissuti e la stessa *governance* del territorio e delle città (Cugurullo *et al.*, 2023). In questo quadro complesso, uno degli aspetti più problematici riguarda l'ampliamento dei divari sociali e territoriali: infatti, mentre alcuni gruppi e territori traggono vantaggio dall'innovazione, altri rischiano di rimanere indietro, accentuando disuguaglianze già esistenti (Lutz, 2019). L'IA, dunque, non è soltanto una questione tecnologica, ma un processo che rimodella la società, sollevando interrogativi su equità socio-spaziale, inclusione e qualità della vita.

Inoltre, nuove concezioni di spazio e di senso del luogo si sviluppano a fronte della crescente complessità connessa alle emergenti forme di interazione tra componenti materiali e digitali e a geografie incrementalmente mediate da processi algoritmici. Questi processi alimentano l'idea di una società post-umana e di contesti spaziali ibridi, dove le tecnologie non si presentano come strumenti di mediazione neutrali (Vanolo, 2023), ma sottintendono prospettive di sviluppo e logiche di potere di soggetti ed élite economiche e politiche che, attraverso la progettazione di queste tecnologie, costruiscono un'immagine di modernità e di spazi futuristici

funzionale ai propri interessi. Di conseguenza, risulta sempre più centrale inserire nelle ricerche sull'impatto dell'intelligenza artificiale le analisi delle componenti narrative che tengano conto delle diverse percezioni dei benefici apportati (Yigitcanlar *et al.*, 2023), delle nuove visioni di città ed estetiche urbane (Degen e Rose, 2022) e delle previsioni distopiche relative agli scenari futuri (Cugurullo e Acheampong, 2024).

In considerazione della natura di questi cambiamenti, sia sul piano epistemologico che su quello dei risvolti socio-spaziali, Federico Cugurullo (2025) sostiene che l'intelligenza artificiale non sia soltanto un insieme di tecnologie avanzate, ma che sia diventata una vera e propria ideologia (*AIdeology*), capace di orientare immaginari, aspettative collettive e modi di pensare il futuro della società e degli ambienti in cui viviamo. Anche in questa direzione, emerge la necessità di una geografia attenta ai cambiamenti e alle potenzialità di questi nuovi strumenti, ma anche capace di fare emergere criticità e questioni più profonde ad esempio sui temi della (in)sostenibilità in termini ambientali, della diffusione accelerata delle IA nei contesti lavorativi e di apprendimento, della difficile combinazione tra efficienza algoritmica e controllo umano nella gestione degli spazi, delle implicazioni politiche e normative a diverse scale territoriali che oscillano tra visioni più e meno tecnocentriche. In questo scenario, è auspicabile un ruolo attivo della geografia nell'interpretare la complessità del periodo attuale e nel fornire chiavi di lettura e spunti di riflessione volti a costruire valori e modelli di sviluppo più equi e più orientati a promuovere una coevoluzione tra sistemi di intelligenza artificiale e umani (Pedreschi *et al.*, 2025).

2. I CONTRIBUTI DEL NUMERO MONOGRAFICO. – Il presente numero monografico intende rispondere a queste sfide e contribuire al dibattito scientifico e politico attuale, dando spazio a diverse prospettive teoriche e approcci metodologici ed empirici, con l'obiettivo, da un lato, di approfondire le sinergie tra intelligenza artificiale, geografia e le dinamiche di affermazione di una società algoritmica e di nuove concettualizzazioni dello spazio; dall'altro, di riflettere sulle grandi trasformazioni generate dall'IA tra infrastrutture intelligenti, nuove relazioni, asimmetrie territoriali e visioni post-antropocentriche.

In particolare, Alberto Vanolo sviluppa una riflessione critica sulle intelligenze artificiali e sulla loro collocazione nello spazio-tempo politico a cavallo fra la ricomposizione dei dibattiti teorici e l'utilizzo di esempi relativi ai veicoli a guida autonoma. Il contributo di Federico Cugurullo e Otello Palmi è orientato a concettualizzare, attraverso gli strumenti della geografia e della filosofia, un diverso tipo di etica dell'intelligenza artificiale che, allontanandosi da semplici questioni di regolamentazione, si concentra su come l'essenza stessa della città, e quindi la sua ontologia, stiano cambiando nel passaggio dalla *smart city* a sistemi urbani

autonomi. Paola Zamperlin esplora criticamente il paradigma dei gemelli digitali, analizzandone lo sviluppo tecnologico, le applicazioni emergenti e le implicazioni epistemologiche e spaziali, ed evidenzia le criticità legate alla fiducia nei modelli e all'accentuarsi delle disuguaglianze regionali nell'accesso e nell'implementazione di tali strumenti. Michela Lazzeroni e Antonello Romano esplorano le implicazioni socio-spaziali derivanti dall'infrastrutturazione dell'intelligenza artificiale in contesti urbani già interessati da processi di transizione post-industriale e dalle successive logiche di *smartness* e piattafomizzazione, sviluppando il concetto di 'trappola di Turing spaziale'. Il contributo di Daniela La Foresta propone un'analisi critica e comparata delle strategie per l'IA adottate dai Paesi europei, con l'obiettivo di esaminare in che modo esse contribuiscano alla costruzione della governance comunitaria dell'intelligenza artificiale. Domenico de Vincenzo indaga la relazione tra intelligenza artificiale e domanda di energia a livello globale interrogandosi sulle ricadute locali tra potenzialità e criticità dal punto di vista del consumo energetico e dell'impatto ambientale. Infine, Monica Morazzoni e Matteo Di Napoli propongono un'analisi sull'utilizzo dell'intelligenza artificiale per verificare l'impatto del turismo sull'ambiente alpino tra montagna, turismo e governo del territorio.

Bibliografia

- Abrahart R.J., Openshaw S., See L.M., eds. (2000). *Geocomputation*. London: CRC Press. DOI: 10.4324/9780203305805.
- Ash J., Kitchin R., Leszczynski A. (2018). Digital turn, digital geographies? *Progress in Human Geography*, 42(1): 25-43. DOI: 10.1177/0309132516664800.
- Couclelis H. (1986). Artificial intelligence in geography: Conjectures on the shape of things to come. *The Professional Geographer*, 38(1): 1-11. DOI: 10.1111/j.0033-0124.1986.00001.x
- Cugurullo F., Caprotti F., Cook M., Karvonen A., McGuirk P., Marvin S., eds. (2023). *Artificial Intelligence and the City: Urbanistic Perspectives on AI*. London: Routledge. DOI: 10.4324/9781003365877.
- Cugurullo F., Acheampong R.A. (2024). Fear of AI: an inquiry into the adoption of autonomous cars in spite of fear, and a theoretical framework for the study of artificial intelligence technology acceptance. *AI and Society*, 39: 1569-1584. DOI: 10.1007/s00146-022-01598-6.
- Cugurullo F. (2025). AIdeology: Unpacking the ideology of artificial intelligence and its spaces. *Antipode*: 1-22. DOI: 10.1111/anti.70065.
- Degen M.M., Rose G. (2022). *The New Urban Aesthetic. Digital Experiences of Urban Change*. New York: Bloomsbury Publishing.
- Dobson J.E. (1983). Automated geography. *The Professional Geographer*, 35(2): 135-143. DOI: 10.1111/j.0033-0124.1983.00135.x.

- Gao S., Hu Y., Li W. (2023). Introduction to geospatial artificial intelligence (GeoAI). In: Gao S., Hu Y., Li W., eds., *Handbook of Geospatial Artificial Intelligence* (pp. 3-16). London: CRC Press.
- Janowicz K., Gao S., McKenzie G., Hu Y., Bhaduri B. (2020). GeoAI: Spatially explicit artificial intelligence techniques for geographic knowledge discovery and beyond. *International Journal of Geographical Information Science*, 34(4): 625-636. DOI: 10.1080/13658816.2019.1684500.
- Lazzeroni M., Romano A. (2025). *Intelligenza artificiale e nuovo urbanesimo. Forme e visioni della città del futuro*. Milano: FrancoAngeli.
- Li W., Arundel S., Gao S., Goodchild M., Hu Y., Wang S., Zipf A. (2024). GeoAI for Science and the Science of GeoAI. *Journal of Spatial Information Science*, (29): 1-17. DOI: 10.5311/JOSIS.2024.29.349.
- Lynch C.R., Bissell D., House-Peters L.A., Del Casino V.J. (2022). Robotics, affective displacement, and the automation of care. *Annals of the American Association of Geographers*, 112(3): 684-691. DOI: 10.1080/24694452.2021.1985953.
- Lutz C. (2019). Digital inequalities in the age of artificial intelligence and big data. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 1: 141-148. DOI: 10.1002/hbe2.140.
- Macrorie R., Marvin S., While A. (2021). Robotics and automation in the city: A research agenda. *Urban Geography*, 42(2): 197-217. DOI: 10.1080/02723638.2019.1698868.
- Mai G., Hu Y., Gao S., Cai L., Martins B., Scholz J., Gao J., Janowicz K. (2022). Symbolic and subsymbolic GeoAI: Geospatial knowledge graphs and spatially explicit machine learning. *Transactions in GIS*, 26: 3118-3124. DOI: 10.1111/tgis.13012.
- Marble D.F., Peuquet D.J. (1983). The computer and geography: Some methodological comments. *The Professional Geographer*, 35(3): 343-344. DOI: 10.1111/j.0033-0124.1983.00343.x.
- Openshaw S., Openshaw C. (1997). *Artificial Intelligence in Geography*. New York: Wiley.
- Pedreschi D. et al. (2025). Human-AI coevolution. *Artificial Intelligence*, 339. DOI: 10.1016/j.artint.2024.104244
- Smith T.R. (1984). Artificial intelligence and its applicability to geographical problem solving. *The Professional Geographer*, 36(2): 147-158. DOI: 10.1111/j.0033-0124.1984.00147.x.
- Yigitcanlar T., Agdas D., Degirmenci K. (2023). Artificial intelligence in local governments: Perceptions of city managers on prospects, constraints and choices. *AI & Society*, 38: 1135-1150. DOI: 10.1007/s00146-022-01450-x.
- Vanolo A. (2023). La geografia umana secondo un'intelligenza artificiale: un piccolo esperimento. *Rivista Geografica Italiana*, 130(2): 83-100. DOI: 10.3280/rgioa-2023oa15936.
- Walker M., Winders J., Boamah E.F. (2021). Locating artificial intelligence: A research agenda. *Space and Polity*, 25(2): 202-219. DOI: 10.1080/13562576.2021.1985868.