(dis)ordini

praticare la complessità

Geografica

(dis)ordini

praticare la complessità

Direzione

Simone Collavini, Sonia Maffei

Commissione scientifica

Vinzia Fiorino (Presidente), Simonetta Bassi, Cristina Cassina,
Matteo Giuli, Massimiliano Grava, Fabio La Vista, Antonio Masala,
Francesco Pelosi, Alma Poloni, Alberto Leopoldo Siani

Commissione editoriale

Sonia Maffei, Andrea Addobbati, Cristina Cassina,
Simone Maria Collavini, Matteo Giuli, Alberto Leopoldo Siani

Map Talks

Dalla cartografia storica all'intelligenza artificiale geospaziale

a cura di
Michela Lazzeroni, Antonello Romano, Paola Zamperlin

Edizioni ETS

www.edizioniets.com

Gli Autori dichiarano che non è stato fatto uso di Large Language Model (LLM) per il lavoro editoriale generativo e per la creazione autonoma di contenuti e che a loro stessi va attribuita la responsabilità umana per la versione finale del testo. Qualora siano state prodotte elaborazioni con strumenti di IA generativa, ne è fatta esplicita menzione nel testo e si dichiara che sono rispettate le restrizioni etiche, di copyright e dei termini di utilizzo.

Volume pubblicato con il contributo del Dipartimento di Civiltà e Forme del Sapere dell'Università di Pisa, che ha avuto il riconoscimento di Eccellenza del MUR per la qualità dei progetti di ricerca.

© Copyright 2025
EDIZIONI ETS
Palazzo Roncioni - Lungarno Mediceo, 16, I-56127 Pisa
info@edizioniets.com
www.edizioniets.com

Distribuzione
Messaggerie Libri SPA
Sede legale: via G. Verdi 8 - 20090 Assago (MI)

Promozione
PDE PROMOZIONE SRL
via Zago 2/2 - 40128 Bologna

ISBN cartaceo 978-884677444-6

Ogni volume è sottoposto a referaggio "doppio cieco"

Il presente PDF con ISBN 978-884677530-6 è in licenza **CC BY-NC**

Rappresentare e praticare la complessità attraverso le carte geografiche

Michela Lazzeroni

In un mondo sempre più complesso e in continuo cambiamento ha ancora senso un dialogo sulle produzioni cartografiche di ieri e di oggi? Ha senso continuare a riflettere sulle nuove frontiere e significati di una cartografia che è sempre più tecnologizzata e alla portata di un pubblico più vasto e non specialistico? E ancora, ha senso pensare che la cartografia, considerata sia in passato che oggi un potente strumento di narrazione, possa fornire strumenti appropriati per teorizzare e allo stesso tempo agire sul disordine contemporaneo?

Questo volume intende affrontare alcune di queste domande e contribuire al dibattito sul ruolo rivestito dalla cartografia nelle forme di rappresentazione e interpretazione del mondo passato e di quello contemporaneo, approfondendo le riflessioni scientifiche e metodologiche discusse nel convegno del 7 maggio 2024, promosso dall'Università di Pisa nell'ambito del progetto del Dipartimento di eccellenza di Civiltà e Forme del Sapere "Un senso nel disordine. Praticare la complessità". Tali riflessioni nascono anche dall'attività – ancora in atto grazie al Sistema Bibliotecario di Ateneo – di recupero e di catalogazione del ricco patrimonio cartografico, stratificatosi nel corso del tempo all'interno dell'ex Istituto di Geografia dell'Università di Pisa, fondato tra il 1899 e il 1900 da Giuseppe Sottini. Tale materiale si è consolidato nel 1929 con la predisposizione di nuovi spazi e si è arricchito progressivamente di volumi, carte topografiche e murali, strumenti, fotografie, cartoline e di una ricchissima collezione di atlanti (più di 400 esemplari, alcuni dei quali rari e preziosi), grazie all'apporto dei geografi che si sono succeduti nel corso degli anni, Carlo Errera, Giotto Dainelli, Antonio Renato Toniolo, Giuseppe Caraci e Alberto Mori e successivamente custodito e alimentato nella sede di Pisa, di via San Giuseppe 22, dai rappresentanti della generazione di docenti precedente all'attuale (Berardo Cori, Carlo Da Pozzo, Gisella Cortesi,

Riccardo Mazzanti)[1]. Attualmente, dopo un periodo di impossibilità di utilizzo e di deposito per mancanza di spazi, la Cartoteca ha trovato una nuova sistemazione e valorizzazione nella sede di Via Paoli, prima sotto la direzione di Riccardo Mazzanti, successivamente di Paola Zamperlin e attualmente di Paolo Macchia.

Il coinvolgimento di alcuni geografi e geografe di Pisa nel progetto PNRR – FAIR sull'impatto dell'intelligenza artificiale nella società[2] e la partecipazione attiva di molti degli autori e delle autrici al gruppo dell'Associazione dei geografi italiani (Agei) "Geografia dell'innovazione e dell'informazione" e alle attività promosse dall'Associazione Italiana di Cartografia (AIC) e dalla Società di Studi Geografici (SSG) hanno, inoltre, stimolato un crescente interesse verso l'applicazione di tecnologie avanzate nelle metodologie e negli strumenti di rappresentazione dei dati spaziali: dagli avanzamenti nell'uso dei GIS (*Geographic Information Systems*) al *Web mapping*, dalla *Data visualization* alle potenzialità legate alla GeoAI (*Geospatial Artificial Intelligence*). La crescente diffusione di strumenti digitali e di sistemi algoritmici permettono, infatti, di sperimentare nuove tecniche di rappresentazione spaziale e di definizione di modelli predittivi, su cui si è innestato anche un ampio dibattito dal punto di vista dell'etica e della responsabilità sull'uso corretto del potenziale esplicativo e (dis)informativo da essi veicolato (Romano, 2025).

All'interno di questa cornice di riferimento, le elaborazioni concettuali, le applicazioni relative a casi di studio e le pratiche cartografiche finalizzate alla gestione del territorio, presentate in questo libro, rappresentano un utile confronto sul sapere scientifico più recente: da un lato perché richiamano le prospettive che hanno caratterizzato l'evoluzione, sia su scala nazionale che su quella globale, del pensiero cartografico degli ultimi decenni; dall'altro, perché mettono in luce le potenzialità e le criticità connesse al *map-making*, interrogandosi

[1] Per un'accurata ricostruzione della storia della scuola geografica pisana si rimanda a Da Pozzo (2012).

[2] Si tratta del progetto FAIR – *Future Artificial Intelligence Research, spoke 1* su *Human-centered AI*, coordinato dall'Università di Pisa (Dino Pedreschi e Francesco Marcelloni), dedicato a costruire le fondamenta per la costruzione di sistemi di co-evoluzione tra individui, collettività e intelligenza artificiale e per la progettazione di sistemi di IA affidabili (https://fondazione-fair.it).

sull'effettiva capacità delle carte di rappresentare e interpretare la contemporaneità. Come spesso accade, nell'immaginario comune la cartografia viene ritenuta un'attività meramente tecnica e metodologica, che rischia di semplificare e banalizzare informazioni spaziali complesse dietro una presunta oggettività, secondo la quale la carta viene percepita come un'illustrazione del mondo così come è. Questo approccio tradizionale alla cartografia, di origine positivista, è stato messo profondamente in discussione dalla geografia critica, che su questo campo è stata particolarmente influenzata dal famoso articolo "*Deconstructing the Map*" di John Brian Harley del 1989, articolo che ha fornito un impulso significativo alla discussione sul valore delle carte geografiche, coinvolgendo altri importanti studiosi a livello nazionale e internazionale, come Farinelli (1992; 2007) e Olsson (2007). Questi ultimi hanno dibattuto soprattutto sul potere delle rappresentazioni cartografiche nel plasmare lo spazio e sull'influenza del contesto politico e socioculturale nel processo di produzione (Boria, 2007).

Come sottolineato da Kühne e Edler (2025), le carte sono, in effetti, il risultato di processi di natura cognitiva (Fabrikant e Lobben, 2009; Dickmann *et al.*, 2024) e sociale (Crampton, 2001; Barnes, 2020), in quanto la loro costruzione è legata alle connotazioni culturali del soggetto che le produce e dei luoghi in cui sono elaborate, che vanno a influenzare una serie di decisioni, ossia cosa mappare, come farlo, quali le finalità da perseguire e quali le istanze e condizionamenti derivanti dai contesti territoriali che si vanno a rappresentare. Da questo punto di vista, la ricerca spaziale critica, riprendendo il concetto di carta geografica come prodotto sociale, mette a fuoco le relazioni tra cartografia, narrazione e potere ed evidenzia i limiti di una rappresentazione che risulta, per quanto dotata di qualità tecnica, caratterizzata da un certo grado di soggettività e pertanto non veritiera e condizionata dai fini per cui è costruita (economici, politici, culturali, didattici, ecc.).

Nonostante le critiche della geografia post-moderna verso i processi di astrazione e inerzia delle carte e degli usi ideologici insite in esse, stiamo vivendo una fase di rinnovato interesse verso le potenzialità del mapping, derivante anche dalla diffusione delle tecnologie e dalla facilità di reperimento dei dati. Come sottolinea Lo Presti (2019a), tale interesse ha attivato una molteplicità di processi cartografici che hanno coinvolto sia l'accademia, nell'ambito di diverse discipline, sia

una pluralità di attori (istituzioni, cittadini, il mondo dell'informazione e dell'attivismo), tanto che Levy (2016) arriva a parlare di *cartographic turn*, esortando i geografi ad esplorare nuove teorie, pratiche e strumenti e a ridare centralità alle carte geografiche, indagandole e costruendole attraverso nuovi punti di vista.

In effetti, si possono cogliere negli ultimi anni riflessioni ed esperienze di critica, ma anche di piena riabilitazione della rappresentazione cartografica, in primis in senso ontologico, approfondendo le teorie post-rappresentazionali e i caratteri performativi del mapping e il suo essere contestualizzabile nelle pratiche, culture e narrazioni dei luoghi in cui avviene (Casti, 2015; Rossetto, 2018; Lo Presti, 2019b). In secondo luogo, la riaffermazione della recente rilevanza del sapere cartografico è correlata alla spinta derivante da quello che viene definito neo-pragmatismo (Kitchin e Dodge, 2007; Edler, 2023; Kühne, 2024), che interpreta la cartografia come pratica di creazione di conoscenza utile e di risoluzione di problemi spaziali, tramite la valorizzazione delle potenzialità legate ai nuovi strumenti informativi geografici e dalle produzione di dati nella realtà di tutti i giorni (Goodchild, 2007; Kitchin e Dodge, 2011; Lapaine, 2021). Di conseguenza, come dimostrato dal dibattito scientifico degli ultimi anni su questo tema e dai contributi presentati in questo volume, la carta geografica è tutt'altro che defunta ed è utilizzata sempre di più come *medium* di studio, di rappresentazione dei dati spaziali, di riflessione sui cambiamenti avvenuti in passato e quelli in atto, di definizione dei necessari interventi di gestione del territorio.

In questo contesto di rinascita del pensiero e della pratica cartografica, ci sembra di potere cogliere alcune componenti chiave che contraddistinguono il valore della carta nell'analisi e comprensione della complessità del mondo contemporaneo, che possono essere racchiuse nei seguenti punti: la *prospettiva processuale*; la *dimensione e caratterizzazione spaziale*; la *sfera narrativa*; la *governance territoriale*.

Considerando la *prospettiva processuale*, come emerge anche dalle pagine di questo volume, il confronto tra rappresentazioni cartografiche realizzate in diversi periodi storici permette una lettura diacronica e geo-storica dei contesti territoriali (Gambi, 1973; Magnaghi, 2005), fornendo da un lato chiavi di lettura per pianificare il presente e/o ripristinare paesaggi pre-esistenti (Dai Prà e Gabellieri, 2020; Zamperlin,

2014); dall'altro affinando metodologie e strumenti di conservazione e integrazione di materiale storico, per una ricostruzione "spazializzata" dei fenomeni storici e delle relazioni con i contesti in cui sono avvenuti e su cui hanno impattato (Knowles e Hillier, 2008; Berti *et al.*, 2020). Su questo ambito si muovono le riflessioni teoriche e applicative del contributo di Elena Dai Prà, che sottolinea la centralità della cartografia storica nello studio della complessità territoriale come veicolo di trasmissione di chiavi di lettura utili per sviluppare nuove metodologie di documentazione e linee guida per la pianificazione del territorio, anche attraverso il coinvolgimento delle comunità locali e la progettazione di scenari più sostenibili e consapevoli. Sempre adottando un approccio diacronico, Camillo Berti e Massimiliano Grava ricostruiscono l'evoluzione degli *Historical* GIS, strumenti che valorizzano l'uso delle nuove tecnologie spaziali, coniugando cartografia del passato e del presente con altre fonti proprie della ricerca geostorica. Attraverso alcuni casi di applicazione in Toscana (evoluzione dell'uso del suolo, ricerca sui toponimi, ricostruzioni virtuali tridimensionali di porzioni di territorio), mettono in luce la rilevanza di questi sistemi per visualizzare e analizzare la stratificazione territoriale dei cambiamenti nel tempo, supportando la memoria storica di un territorio e delle comunità che lo abitano e la valorizzazione del patrimonio culturale e paesaggistico.

La seconda componente che esalta il ruolo della cartografia nel contesto di informazione e ricerca attuale è la capacità di presentare in maniera efficace la *dimensione e caratterizzazione spaziale* del mondo contemporaneo alle diverse scale territoriali. A fronte delle critiche riguardanti la potenziale staticità delle carte e la difficoltà a trasmettere contenuti e pratiche di tipo sociale e culturale, la produzione attuale si muove, grazie alle tecnologie sempre più avanzate, verso una rappresentazione dinamica delle trasformazioni in atto, sia comparando più fonti e dati come descritto precedentemente, sia aggiornando costantemente le basi di informazione cartografica grazie ai Big Data, rilevazioni fotografiche e satellitari, banche dati provenienti da diversi enti pubblici e fornitori privati. Le carte, inoltre, pongono immediatamente sotto lo sguardo di chi le osserva le differenze territoriali, che in un'ottica positiva riguardano le specificità dei luoghi, in termini di fattori socio-economici e culturali; allo stesso tempo permette di delineare una geografia delle disuguaglianze, divari e fratture esistenti, che sono alla

base della programmazione di possibili interventi di ricomposizione e riequilibrio. In questa direzione vanno alcuni contributi di questo volume, tra cui quello presentato da Giorgia Bressan, che adotta un approccio cartografico per descrivere la diseguale distribuzione spaziale di alcuni fattori che riguardano la questione energetica, come ad esempio la diffusione della produzione o di utilizzo delle fonti rinnovabili o i punti di integrazione tra diverse funzioni, sottolineando le potenzialità di una rappresentazione cartografica più ampia, che sia in grado di includere anche le questioni sociali e ambientali collegate alla presenza di una risorsa o infrastruttura sul territorio. Proprio sui divari territoriali si concentra lo studio di Scafa e Zavettieri, che, attraverso elaborazioni statistiche e cartografiche, va ad indagare la vulnerabilità socio-economica ed educativa in una regione, come quella del Lazio, che presenta il contrasto tra "pieni e vuoti", cioè tra aree forti e creative e periferie con basso reddito pro-capite e marginali dal punto di vista dell'accesso ai servizi e alle infrastrutture. All'interno di questa analisi multi-scalare, emerge ancora come elemento distintivo di disomogeneità la diffusione dei processi tecnologici e delle infrastrutture digitali, alimentando non solo il *digital divide*, ma anche la radicalizzazione della perifericità di alcune categorie sociali e di alcune aree. In questi lavori, come in quello presentato da Sergio Pinna e Massimiliano Grava, i GIS diventano uno strumento essenziale per integrare diverse banche dati e per la restituzione dei risultati e delle differenze territoriali; in particolare, le carte mostrano la distribuzione dei gradienti termici verticali, calcolati sulle correlazioni lineari tra temperature e rilievo, attraverso la sperimentazione di procedure di affinamento che consentono una maggiore precisione e dettaglio nella rappresentazione del fenomeno.

Il terzo elemento distintivo del valore della carta concerne la *sfera narrativa*: la carta è infatti un potente dispositivo di comunicazione e di narrazione, sia per l'immediatezza del suo linguaggio rispetto, ad esempio, a quello scritto (Mazzanti, 2012), sia per i contenuti reali e simbolici insiti in essa (Caquard e Fiset, 2014), attraverso i quali, richiamando la visione di Harley (1989), è possibile guardare il mondo non attraverso la mappa che lo descrive, ma attraverso i soggetti che l'hanno prodotta e i contesti da cui è essa nata e in cui è utilizzata (Wood, 2002; Ferretti, 2007). Su questo ambito si collocano i contributi di Macchia e di Zamperlin, che richiamano anche alcune produzioni

cartografiche contenute in Atlanti conservati nella Cartoteca dell'Università di Pisa. In particolare, il lavoro di Paolo Macchia intende attirare l'attenzione sulla ricchezza dei messaggi che possono derivare dalla cartografia tematica storica e sulla necessità di acquisire competenze cartografiche sia tradizionali che nuove per una produzione consapevole e responsabile, che eviti i rischi di banalizzazione e di scarsa accuratezza. Questa riflessione fa entrare in gioco il carattere soggettivo delle carte, che sono fortemente condizionate dalla formazione tecnica, ma anche dalla visione e dalla capacità di osservazione del mondo da parte di chi le produce, come dimostrato dalle carte sulla Germania degli anni 1929-30 contenute nell'Atlante di Braun e Ziegfeld, che vanno a legittimare "scientificamente" le rivendicazioni del nazismo e i progetti di espansione di Hitler. Richiamando la dialettica "disordine e ordine", attraverso la suggestiva citazione del poema di Esiodo dal Chàos al Kòsmos in riferimento al percorso di origine dell'universo, anche Paola Zamperlin riflette sul significato narrativo dei prodotti cartografici e sul loro ruolo di strumenti, codificati nel corso della storia dall'essere umano, per rappresentare lo spazio e ordinarlo secondo le proprie regole. Passando in rassegna diverse espressioni cartografiche (dalle carte immaginarie dei giochi a quelle geo-politiche e geo-economiche fino alle mappe di aree di competenza di un ospedale missionario in Zimbabwe), l'autrice rintraccia le diverse finalità e le modalità di ordinare il mondo in correlazione con culture e visioni diverse, che adottano differenti linguaggi e tecniche di rappresentazione.

Infine, recuperando il ruolo duplice fin dall'antichità di rappresentazione del mondo a piccola scala da un lato e di risposta ad esigenze pratiche di delimitazione e di raffigurazione di spazi più ristretti dall'altro, la cartografia si presenta come uno degli strumenti e dei linguaggi per rispondere alle sfide di interpretazione della complessità attuale e di supporto alla governance territoriale (Casti, 2007). Sia utilizzando i documenti del passato che elaborando i dati rilevati in tempo reale, le carte rappresentano in primo luogo un punto di partenza conoscitivo e critico dei contesti economici, sociali e infrastrutturali e delle potenzialità e fragilità insiti in essi importante per i risvolti nel campo della pianificazione. In secondo luogo, le carte e i sistemi cartografici più avanzati costituiscono uno strumento utile per sviluppare percorsi di co-progettazione e costruire, attraverso modelli predittivi e tecniche

di Geo-AI, scenari sul futuro dei territori analizzati (Janowicz; 2020; Lazzeroni e Romano, 2025). Sulla prima linea di ricerca si è indirizzato il lavoro di Burini e Ghisalberti, che esplora l'uso della cartografia e delle tecnologie digitali come sistemi utili alla co-progettazione transcalare con le comunità, evidenziando gli effetti di innovazione, sia sul piano socio-territoriale e della governance, sia sul piano tecnologico. Presentando tre "laboratori territoriali strategici", viene dimostrato come i mapping digitali siano stati applicati attraverso un approccio interdisciplinare e collaborativo, che ha visto l'attiva partecipazione delle comunità locali nella definizione e progettazione di percorsi di rigenerazione e di sviluppo sostenibili. Beniamino Murgante, Antonello Romano e Dario Bertocchi nel loro lavoro enfatizzano la rilevanza dell'intelligenza artificiale in geografia e nelle metodologie di analisi e rappresentazione geo-spaziale. Murgante conduce il lettore verso un percorso di ricostruzione della storia dell'analisi spaziale e della cartografia informatica, che passa da una fase di carenza ad una di massificazione dei dati geografici, grazie anche alla diffusione di piattaforme digitali, come Google Maps, Bing Maps e OpenStreetMap, che offrono a un numero sempre più elevato di utenti la possibilità di accedere e contribuire alla loro produzione. Se l'espansione delle tecnologie e dell'utilizzo dell'intelligenza artificiale porta ad un processo di democratizzazione digitale, dall'altra nasconde il rischio di applicare calcoli e algoritmi in modo meccanico, senza interrogarsi sulla loro validità nel contesto specifico, né sulle possibili distorsioni introdotte dalla scarsa accuratezza dei dati. Su questo argomento si sofferma Antonello Romano, il quale evidenzia i cambiamenti derivanti dalla transizione cartografica nell'era digitale sul piano del dinamismo, dell'interattività e delle maggiori performance computazionali, connesse allo sviluppo di sistemi informativi geografici sempre più avanzati, e attualmente dalla diffusione più recente dell'intelligenza artificiale geospaziale. Tuttavia, uno degli aspetti più critici legati all'uso dell'IA, come evidenziato dall'autore in alcuni esempi di visualizzazione geografica di Big Data, è il rischio di generare carte che diffondano misinformazione: le carte geografiche prodotte attraverso providers di "mappe AI-generated" sembrano infatti opporre velocità e automazione alle regole cartografiche di base, con il pericolo di produrre cartografie inconsapevoli dal punto di vista della qualità del dato senza un controllo dell'essere umano. Sia a livello teorico che

analizzando la mobilità in Friuli Venezia Giulia, Dario Bertocchi enuclea i vantaggi derivanti dall'uso dei Big Data per produrre diversi tipi di cartografie: cartografia descrittiva o adattiva, cioè l'uso di algoritmi di *machine learning* capaci di aggiornare dinamicamente le carte; la cartografia predittiva, basata su tendenze storiche di Big Data analizzati in modo da prevedere i flussi di mobilità futuri e ottimizzare il trasporto pubblico e privato e, infine, la cartografia prescrittiva, che permette, attraverso l'identificazione di tendenze nei dati, di suggerire strategie ottimali per la gestione del territorio.

Il volume si è arricchito inoltre del dialogo tra il mondo della ricerca sulle carte geografiche e le realtà che le conservano, le producono e le utilizzano per determinate finalità, come: la produzione statistica del futuro di qualità a fronte di una mole di informazione sempre più elevata (Maria Rosaria Prisco); la governance territoriale, attraverso la predisposizione di sistemi integrati di dati storici e attuali georeferenziati a supporto degli enti regionali e locali (Ilaria Tabarrani, Regione Toscana); la digitalizzazione del patrimonio cartografico storico, che permette una più ampia e agile consultazione a studiosi, tecnici e amministratori del territorio (Silvia Sinibaldi, Archivio di Stato di Firenze); lo sviluppo di sistemi AI e algoritmi nei sistemi di navigazione, che siano capaci di bilanciare i bisogni individuali con le dimensioni sociali e collettive (Luca Pappalardo, CNR Pisa).

In conclusione, le carte sono affascinanti, come ha sottolineato il Rettore dell'Università di Pisa, Riccardo Zucchi, in apertura del convegno del 7 maggio, per il loro significato metabolico e per la loro capacità di illustrare in modo plastico il rapporto tra realtà e rappresentazione, tra spazi fisici e le nostre percezioni. Sono strumenti che, richiamando le parole dell'ex Direttore del Dipartimento di Civiltà e Forme del Sapere, Simone Collavini, contribuiscono a conoscere, esplorare, interpretare, praticare la complessità della nostra società e ad agire nel suo disordine. Sono anche dispositivi potenziati dalle nuove tecnologie e dall'intelligenza artificiale, che ci aiutano a capire meglio, secondo Dino Pedreschi (PI del progetto PNRR – FAIR), come ci muoviamo in questo mondo, come ci relazioniamo con esso, come possiamo intervenire in un'ottica di sostenibilità e di sviluppo collettivo. Ed evocando l'idea di geografia come immaginazione di Giuseppe Dematteis (2021), sono rappresentazioni del passato e del presente che

ci proiettano verso il futuro, stimolando la capacità di immaginare scenari possibili e progettare percorsi e pratiche per raggiungerli.

Riferimenti bibliografici

Barnes, T.J. (2020), *Rorty, conversation and the power of maps*, in Robert, L.W. and Wills, J. (eds.), pp. 102-116.

Berti, C., Gabellieri, N., Gallia, A. and Grava, M. (2020), *Historical GIS. Strumenti digitali per la geografia storica in Italia*, EUT Edizioni Università di Trieste, Trieste.

Boria, E. (2007), *Cartografia e potere. Segni e rappresentazioni negli atlanti italiani del Novecento*, UTET, Novara.

Caquard, S. and Fiset, J.P. (2014), *How can we map stories? A cybercartographic application for narrative cartography*, in «Journal of Maps» 10, 1, pp. 18-25.

Casti, A. (2007, a cura di), *Cartografia e progettazione territoriale. Dalle carte coloniali alle carte di piano*, UTET, Novara.

Casti, E. (2015), *Reflexive Cartography. A New Perspective on Mapping*, Elsevier, Amsterdam-Oxford-Waltham (MA).

Crampton, J. (2001), *Maps as social constructions: power, communication and visualization*, in «Progress in Human Geography», 25, 2, pp. 235-252.

Da Pozzo, C. (2012), *Introduzione*, in Macchia, P. (2012, a cura di), pp. 7-29.

Dai Prà, E. e Gabellieri, N. (2020), *Hic leones non sunt. Una fonte cartografica storica per l'ecologia, la demografia e la geopolitica del Trentino ottocentesco: la "Carta coro-orografica" di Francesco Masera*, in «Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia», 169, pp. 15-30.

Dematteis, G. (2021), *La geografia come immaginazione. Tra piacere della scoperta e ricerca di futuri possibili*, Donzelli, Roma.

Dickmann, F., Keil, J., Korte, A., Edler, D., O'Meara, D., Bordewieck, M. and Axmacher, N. (2024), *Improved navigation performance through memory triggering maps: a neurocartographic approach*, in «Journal of Cartography and Geographic Information», 74, pp. 251-266.

Edler, D. (2023), *Where is the current research on theoretical cartography?*, in «Journal of Cartography and Geographic Information», 73, 4, pp. 261-263.

Fabrikant, S.I. and Lobben, A. (2009), *Cognitive issues in geographic information visualisation*, in «Cartographica», 44, 3, pp. 139-143.

Farinelli, F. (1992), *I segni del mondo: immagine cartografica e discorso geografico in età moderna*, La Nuova Italia, Firenze.

Farinelli, F. (2009), *La crisi della ragione cartografica*, Piccola Biblioteca Einaudi, Torino.

Ferretti, F. (2007), *La "doppia voce" di Brian Harley. Immagine e potere nella storia della cartografia*, in «Storicamente», 3, 9, pp. 1-31.

Gambi, L. (1973), *Una geografia per la storia*, Einaudi, Torino.

Goodchild, M.F. (2007), *Citizens as sensors: the world of volunteered geography*, in «GeoJournal», 69, pp. 211-221.

Harley, J.B. (1989), *Deconstructing the Map*, in «Cartographica», 26, 2, pp. 1-20.

Janowicz, K., Gao, S., McKenzie, G., Hu, Y. and Bhaduri, B. (2020), *GeoAI: spatially explicit artificial intelligence techniques for geographic knowledge discovery and beyond*, in «International Journal of Geographical Information Science», 34, 4, pp. 625-636.

Kitchin, R. and Dodge, M. (2007), *Rethinking maps*, in «Progress in Human Geography», 31, 3, pp. 331-344.

Kitchin, R. and Dodge, M. (2011), *Code/Space: software and everyday life*, The MIT Press, Cambridge (MA).

Knowles, A.K. and Hillier, A. (2008), *Placing history: how maps, spatial data, and GIS are changing historical scholarship*, Esri Press, Redlands.

Kühne, O. (2024), *Redescribing horizontal geographies: a neopragmatist approach to spatial contingency, complexity, and relationships*, Springer, Berlin.

Kühne, O. and Edler, D. (2025), *Reconstructing the Map: a Neopragmatist Perspective on Cartography in the Context of Artificial Intelligence (AI)*, in «Journal of Cartography and Geographic Information», 75, pp. 79-92.

Lapaine, M., Midtbø, T., Gartner, G., Bandrova, T., Wang, T. and Shen, J. (2021), *Definition of the Map*, in «Advances in Cartography and GIScience of the ICA», 3, pp. 1-6.

Lazzeroni, M. e Romano, A. (2025), *Intelligenza artificiale e nuovo urbanesimo. Forme e visioni della città del futuro*, FrancoAngeli, Milano.

Lévy, J. (2016, ed.), *A Cartographic Turn*, Routledge, New York/Londra.

Lo Presti, L. (2019a), *Mapclash: sulle fratture e ricomposizioni degli "spazi cartografici" della geografia cultural*e, in «Geotema», supplemento, pp. 95-104.

Lo Presti, L. (2019b), *Cartografie (in)esauste, Rappresentazioni, visualità, estetiche nella teoria critica delle cartografie contemporanee*, FrancoAngeli, Milano.

Macchia, P. (2012, a cura di), *La Toscana in evoluzione. Scritti per Berardo Cori*, Edizioni ETS, Pisa.

Magnaghi, A. (2005, a cura di), *La rappresentazione identitaria del territorio: atlanti, codici, figure, paradigmi per il progetto locale*, Alinea, Firenze.

Mazzanti, R. (2012), *Le carte geografiche. Teoria e storia*, Felici Editore, Pisa.

Olsson, G. (2007), *Abysmal. A Critique of Cartographic Reason*, University of Chicago Press, Chicago.

Robert, L.W. and Wills, J. (2020, eds.), *The power of pragmatism: knowledge production and social inquiry*, Manchester University Press, Manchester.

Romano, A. (2025), *Synthetic geospatial data and fake geography: a case study on the implications of AI-derived data in a data-intensive society*, in «Digital Geography and Society», 8, pp. 1-9.

Rossetto, T. (2018), *The skin of the map: viewing cartography through tactile empathy*, in «Environment and Planning D: Society and Space», 37, 1, pp. 88-103.

Wood, D. (2002), *The map as a kind of talk: Brian Harley and the confabulation of the inner and the outer voice*, in «Visual Communication», 1, 146, pp. 139-161.

Zamperlin, P. (2014), *Indagine sulle dinamiche evolutive dei paesaggi italiani. Analisi geo-storica e indicatori di valutazione e monitoraggio per lo studio del rischio paesaggistico*, Phasar Edizioni, Firenze.

Parte prima

La cartografia nel tempo: obiettivi e modelli

La "Mediazione" Storico-Cartografica per il Governo della Complessità Territoriale

Elena Dai Prà

1. Geografia Storica: una scienza prospettica e applicativa

La cartografia storica, da anni riconosciuta dalla comunità scientifica internazionale per il proprio valore conoscitivo e applicativo, rappresenta uno strumento centrale per l'analisi e la gestione delle dinamiche territoriali, in quanto veicolo di mediazione tra passato e futuro che offre chiavi di lettura utili alla pianificazione di interventi sostenibili. L'analisi geostorica permette, infatti, di comprendere i processi che hanno caratterizzato l'evoluzione del paesaggio, offrendo al contempo soluzioni per un agire etico, in linea con i principi della geografia applicata (Iojă *et al.*, 2018; Berčič, 2019; Tortora *et al.*, 2015). La complessità dei territori contemporanei, frutto di secolari processi di territorializzazione, deterritorializzazione e riterritorializzazione, evidenzia la necessità di integrare la prospettiva geografico-storica nei processi decisionali e pianificatori, così da restituire una lettura diacronica e stratificata delle dinamiche territoriali. La geografia storica risulta, quindi, un ambito di ricerca in continua evoluzione che metodologicamente integra fonti documentarie (testuali, iconografiche, cartografiche), indagini sul campo (osservazioni vegetazionali, rilievi archeologici, dati archeobotanici, fonti orali) e tecniche digitali avanzate (georeferenziazione e vettorializzazione delle carte storiche), le quali sono in grado di cogliere, ricostruire e restituire non solo gli aspetti fisici, ma anche i valori culturali, sociali ed economici che si sedimentano nel paesaggio, configurandosi come risorse conoscitive verticali a supporto di una gestione responsabile del patrimonio territoriale (Dai Prà, 2013; Schenk, 2013; Rose-Redwood, 2015). L'analisi strutturale dinamica, basata su fonti geostoriche integrate, consente così di comprendere il quando, il come e il perché delle trasformazioni territoriali e di utilizzare tali conoscenze per affrontare le sfide attuali attraverso strumenti privilegiati di indagine analitica e filologica. Questo metodo

permette inoltre di superare un approccio positivista e statico alle fonti, sviluppando una lettura critica che tenga conto del contesto storico e geopolitico in cui le carte sono state prodotte.

Negli ultimi anni, la geografia storica ha sviluppato alcuni principali ambiti di ricerca applicata:

- Identificazione e tutela dei paesaggi storici;
- Risoluzione dei conflitti confinari tramite l'analisi delle carte liminari storiche;
- Pianificazione turistica e museale;
- Decostruzione critica della cartografia, per analizzarne il valore culturale e politico;
- Studio della storia della cartografia e dei suoi protagonisti, per comprendere le conoscenze tecniche e scientifiche dei cartografi (specialmente tra il XVI e il XIX secolo).

La stretta connessione tra gli obiettivi teorici e quelli applicativi della geografia storica era già evidente negli studi di Paola Sereno, che, negli anni Ottanta, sottolineava il ruolo-chiave della disciplina nella gestione dei beni culturali e nella pianificazione territoriale. Sereno enfatizzava, infatti, come lo studio delle geografie del passato potesse essere strumentale per progettare quelle del futuro, in un percorso che integrasse conoscenza e azione (Sereno, 1981). Questa visione pionieristica anticipava molte delle attuali applicazioni della geografia storica, mostrando come l'analisi dei processi antichi di territorializzazione possa fornire strumenti utili per affrontare le sfide territoriali contemporanee, dalla salvaguardia dei paesaggi storici a rischio all'organizzazione degli spazi urbani e rurali. Questo sottolinea, quindi, il valore euristico delle fonti geo-storiche, con particolare riferimento a quelle cartografiche, capaci di rivelare e decodificare elementi del paesaggio stratificati nel tempo e spesso non immediatamente visibili nelle trame dei territori attuali.

A confortare e supportare questa *mission* della disciplina geo-storica interviene poi anche l'approccio territorialista dei pianificatori, il quale ha acquisito rilievo negli ultimi decenni concentrandosi sulla rappresentazione e percezione del territorio, non solo nel presente, ma anche nel passato (Magnaghi, 2000; Poli, 2001). Questo orientamento considera

il paesaggio come un palinsesto complesso, in cui le componenti culturali, sociali ed economiche costituiscono una base fondamentale per le azioni collettive e partecipative. In questo quadro, le fonti cartografiche storiche, specie a grande scala, si distinguono per il loro ruolo nella ricostruzione dei quadri ambientali e geo-antropici, supportando l'identificazione di strutture territoriali obliterate, come paleoalvei fluviali, tracciati viari scomparsi, assetti agrari e toponimi non più presenti (Rombai, 2010; Harley, 1989). Questi strumenti, tradizionalmente apprezzati per il loro valore culturale e antiquario, hanno visto una rivalutazione che li colloca al centro dei processi progettuali e decisionali. La loro capacità di individuare invarianti strutturali nei paesaggi contemporanei li rende utili nella conservazione attiva e nella pianificazione partecipata, permettendo di conservare, considerare e proiettare nel futuro valori identitari, cognitivi e memoriali (Allegri *et al.*, 2017; Pianegonda *et al.*, 2022). In questa prospettiva, la cartografia storica non è più solo un semplice strumento di recupero delle memorie del passato, ma diventa un dispositivo strategico per interpretare, analizzare e gestire le trasformazioni territoriali del presente. Infine, l'approccio ermeneutico e decostruttivo permette di estrapolare dati qualitativi e quantitativi, favorendo un dialogo interdisciplinare e contribuendo alla costruzione di una governance territoriale condivisa e sostenibile (Dai Prà e Alaimo, 2013).

Il ruolo applicativo della geografia storica si rivela particolarmente significativo nella tutela e gestione dei paesaggi rurali italiani, soggetti a fragilità strutturali e pressioni antropiche importanti. In questo contesto, emerge una crescente domanda di geografia storica applicata, finalizzata a sviluppare nuove metodologie di documentazione e a proporre prospettive innovative di gestione del territorio (Guarducci e Rombai, 2017; Agnoletti, 2010; Gabellieri *et al.*, 2020). Nel terzo paragrafo saranno illustrati esempi concreti di utilizzo della cartografia storica nel contesto di ricerca del Centro Geo-Cartografico di Studio e Documentazione (GeCo), con particolare attenzione a quattro ambiti della programmazione urbanistico-territoriale, e cioè alla rifunzionalizzazione delle aree dismesse o problematiche, alla gestione delle risorse ambientali unitamente alla prevenzione del rischio idrogeologico, al governo delle complesse dinamiche geo-politiche e geo-amministrative laddove si riscontrino tensioni tra le comunità, e alla valorizzazione del patrimonio bio-culturale. Questi casi di studio offriranno una panoramica

dei metodi e delle applicazioni pratiche che la geografia e la cartografia storica possono offrire per affrontare le sfide presenti. È tuttavia necessario presentare prima il patrimonio cartografico storico del GeCo e la sua variegata provenienza archivistica, così da comprenderne l'entità di contenuto e il prezioso valore patrimoniale.

2. Il *corpus* cartografico-storico del Centro Geo-Cartografico di Studio e Documentazione

Il Centro Geo-Cartografico di Studio e Documentazione del Dipartimento di Lettere e Filosofia dell'Università di Trento si è affermato negli ultimi anni come un dinamico punto di riferimento nazionale per gli studi geografico-storici applicati, concentrandosi principalmente (ma non solo) sul territorio trentino e sulle aree limitrofe dell'arco alpino centro-orientale[1]. Il GeCo opera in stretta sinergia con amministrazioni pubbliche, istituzioni provinciali, enti territoriali, mondo delle libere professioni e scuole, favorendo la collaborazione tra la ricerca accademica e le realtà locali. Il suo obiettivo principale è supportare le attività di pianificazione e gestione del territorio e contribuire alla valorizzazione e allo sviluppo delle risorse territoriali, con particolare attenzione anche alle ricadute in ambito turistico. Uno degli aspetti più significativi del Centro è la sua ricca collezione digitale di documenti cartografici storici manoscritti, censiti presso istituti di conservazione territoriali e non, interamente digitalizzati e custoditi presso la sede di Palazzo Alberti Poja a Rovereto. Questa raccolta è il frutto di un lungo lavoro di acquisizione, che coinvolge fonti archivistiche dislocate tra Italia ed Europa (figura 1) e che è attualmente ancora *in fieri*.

Prima ancora della nascita ufficiale del GeCo, l'Università di Trento aveva già avviato un imponente lavoro di digitalizzazione della cartografia storica manoscritta, con un'attenzione particolare al Trentino-Alto

[1] Le richieste di *expertise* si sono recentemente estese anche ad altri contesti della Penisola; a titolo esemplificativo si cita qui il progetto di ricerca multidisciplinare in corso finalizzato a sostenere scientificamente la costruzione partecipata del Contratto di lago "Lago Omodeo" in provincia di Oristano che interessa una vasta area gravitante attorno al più esteso lago artificiale del Paese e ricompresa nelle attuali Unioni dei Comuni del Guilcer e del Barigadu.

Figura 1 – Sedi archivistiche di provenienza del materiale cartografico digitalizzato presente al GeCo – scala europea (Base: CartoDb Positron). Cartografia a cura di Chiara Lo Destro.

Adige e alle regioni confinanti. Questo processo ha portato alla raccolta di materiali provenienti da numerosi archivi situati prevalentemente nell'Italia settentrionale, ma anche presso istituzioni straniere, in particolare in Austria, Germania e Francia. Tra le principali fonti documentarie figurano gli Archivi di Stato di Milano, Trento e Venezia, l'Archivio Storico Provinciale di Trento, il Südtiroler Landesarchiv di Bolzano e gli archivi della Magnifica Comunità di Fiemme e della Magnifica Comunità di Cadore (figura 2). Anche gli archivi storici comunali, le biblioteche di conservazione e i musei hanno fornito un importante contributo alla collezione; ne sono un esempio la Biblioteca Civica Bertoliana di Vicenza, la Biblioteca Nazionale Marciana di Venezia, il Museo della Guerra di Rovereto, il Castello del Buonconsiglio di Trento e il Palazzo d'Arco di Mantova. Ulteriori materiali provengono dagli archivi storici dell'Istituto Geografico Militare di Firenze, dello Stato Maggiore dell'Esercito a Roma, dell'Accademia dell'Esercito di Modena, dell'Aeronautica Militare a Roma e da istituzioni internazionali come

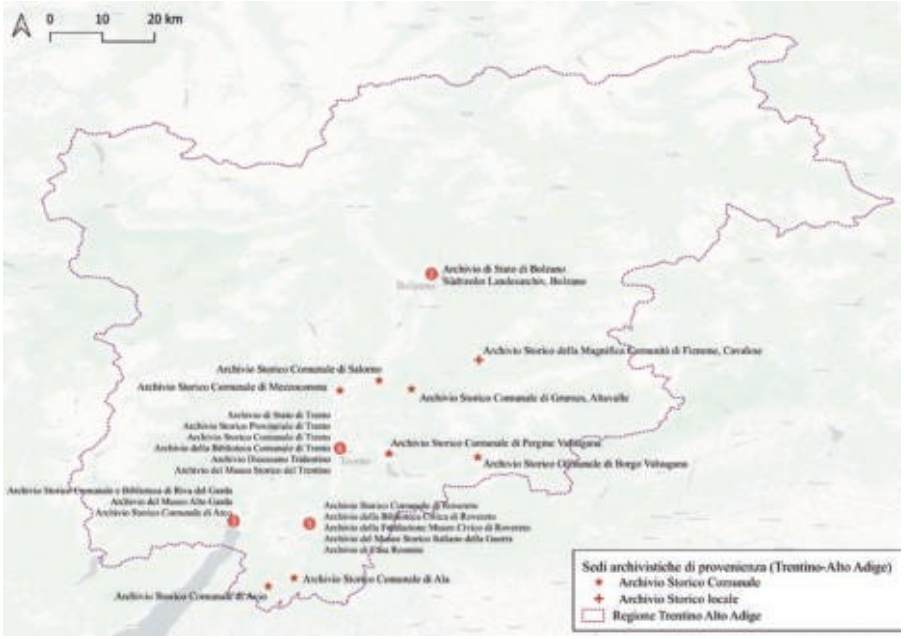


Figura 2 – Sedi archivistiche di provenienza del materiale cartografico digitalizzato presente al GeCo – scala Trentino-Alto Adige (Base: CartoDb Positron). Cartografia a cura di Chiara Lo Destro.

l'Österreichische Staatsarchiv di Vienna, il Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum di Innsbruck e gli Archives Militaires di Vincennes a Parigi.

L'ampiezza della collezione conservata rende il patrimonio cartografico del GeCo una risorsa preziosa per lo studio dell'evoluzione dei territori. Il *corpus*, infatti, include documenti di natura estremamente eterogenea, che spaziano dalle mappe catastali ai plastici di guerra, dai rilievi topografici commissionati per esigenze specifiche di interventi di riassetto territoriale alla cartografia militare di livello tattico e strategico. Vi si trovano inoltre schizzi planimetrici, mappe di confine e forestali, carte stradali, iconografie a volo d'uccello, profili idraulici, spaccati assonometrici e vedute prospettiche. La raccolta comprende alcune decine di migliaia di unità documentali manoscritte, veri e propri pezzi unici la cui catalogazione, conservazione e valorizzazione sono considerate priorità fondamentali che i geografi storici trattano in stretta sinergia con gli archivisti. Il lavoro in atto è non solo preservarne l'integrità ma anche agevolare la ricerca scientifica e gli studi condotti presso la

sede di Rovereto. L'ampliamento costante della collezione è reso possibile grazie a numerose collaborazioni e accordi stipulati con enti locali e istituzioni di vario genere su temi cartografici specifici e/o sul censimento di carte storiche presso archivi ancora insondati. La progressiva espansione di questa raccolta non solo consentirà di approfondire la conoscenza del territorio attraverso una prospettiva geo-storica, ma offrirà anche nuove opportunità di ricerca interdisciplinare, intrecciando (come già esperito in diversi progetti ormai conclusi) le competenze della geografia storica con quelle di altre discipline come la storia economica, l'urbanistica, l'ingegneria idraulica, l'archeologia, l'ecologia delle acque, l'architettura del paesaggio e altre scienze del territorio.

3. Progettualità applicative della cartografia storica: alcuni casi di studio

La cartografia storica è stata ed è tuttora al centro di numerosi progetti di ricerca applicata condotti presso la sede del GeCo e finalizzati alla sua valorizzazione e applicazione in ambiti decisionali. L'integrazione di strumenti digitali ha permesso di trasformare tale materiale in risorsa utile per lo studio delle dinamiche ambientali e la ricostruzione storica del paesaggio, nonché la pianificazione urbanistica e la gestione delle risorse territoriali.

Partendo dall'assunto che l'approccio diacronico è fondamentale per decrittare e governare la complessità dei territori contemporanei e le relative problematiche (ambientali, culturali, politiche, sociali, ecc.), si immagina un costrutto teorico diametralmente opposto rispetto alle consuete prassi di pianificazione funzionalista. Non più un ruolo ancillare (se non addirittura assente) per le ricostruzioni geo-storiche e relative fonti, ma centrale, che sia dotato di un forte ancoraggio paradigmatico (sostenibilità), che utilizzi metodologie quali la collaborazione interdisciplinare e la visualizzazione tramite restituzione cartografica, che applichi rigorosamente il principio della critica della fonte cartografica e da cui le prassi partecipative dal basso e programmatorie dall'alto possano dipendere e trarre propedeutica conoscitiva per le conseguenti azioni territorializzanti (figura 3).

Figura 3 – La centralità dell'approccio diacronico nello studio della complessità territoriale.

Un primo esempio significativo di ricerca geo-storica applicata è rappresentato dal progetto ETSCH-2000[2], legato alla gestione del rischio ambientale in termini di sua predizione e prevenzione. Finanziato dalla Provincia di Bolzano a seguito della partecipazione a bando competitivo, l'iniziativa di taglio multidisciplinare si è proposta di analizzare storicamente le dinamiche del rischio idrogeologico ed elaborare, partendo proprio dalle fonti cartografico-storiche, previsioni predittive rispetto a possibili future evoluzioni dell'ecosistema fluviale Adige nel tratto compreso tra Merano e Borghetto. Il lavoro si è avvalso della collaborazione tra esperti in geografia e cartografia storica, ingegneria idraulica, geomorfologia fluviale, archeologia, modellazione matematica e idrologia appartenenti a due atenei (Trento e Bolzano) e a tre dipartimenti per sviluppare modelli morfodinamici del corso d'acqua basati su dati storici e sulla ricostruzione delle variazioni morfologiche del fiume negli ultimi due millenni con particolare attenzione alla fase pre-canalizzazione ottocentesca (figura 5). Questi modelli, ottenuti dall'analisi di cartografie storiche (figura 4) comprese tra il

[2] Progetto ETSCH-2000. L'evoluzione del fiume Adige negli ultimi 2000 anni: www.etsch2000.it.

XVI e il XIX secolo[3] e dalle attività di carotaggio archeo-botanico lungo l'asta fluviale, si sono avvalsi di simulazioni al computer e consentono di comprendere l'evoluzione del corso fluviale nel tempo e prevederne le criticità future (Dai Prà *et al.*, 2018; Dai Prà, 2016). Guardando all'estensione spaziale (più di 150 km di asta fluviale analizzata) e temporale (excursus di 2000 anni) il progetto può vantare una ricostruzione unica nel suo genere a scala europea, e pertanto fornisce un modello innovativo di riferimento esportabile, ossia passibile di essere esteso ad altri sistemi fluviali, anche extraeuropei, al fine di supportare lo sviluppo di strategie di gestione dei corsi d'acqua sostenibili.

Grazie all'individuazione e allo studio quali-quantitativo dei dati geoarcheologici e della cartografia storica e alla realizzazione di un geodatabase mediante la georeferenziazione delle fonti individuate, il progetto ha consentito agli studiosi di quantificare le variazioni spazio-temporali della morfologia del fiume negli ultimi 250 anni, di identificarne le principali traiettorie morfologiche, di analizzare possibili relazioni tra variazioni morfologiche e pressioni esterne come quelle indotte dai cambiamenti climatici (es. Piccola Età Glaciale) e antropici (mutamenti nell'uso dei suoli), di stabilire l'impatto dei grandi bacini idroelettrici costruiti nel XX secolo sull'apporto dei sedimenti e, quindi, sulla stabilità del fondo del canale, di testare modelli morfodinamici numerici di evoluzione dei fiumi meandriformi per lo studio della dinamica delle barre fluviali e la previsione di tipologie fluviali predominanti, di elaborare un modello interpretativo di riferimento per fiumi alpini fortemente modificati da interventi antropici, di prevedere possibili scenari evolutivi per il fiume Etsch valutando se esiste una correlazione tra i transetti più morfologicamente attivi in passato e quelli identificati oggi come a rischio inondazione e ipotizzando gli effetti che potrebbero avere possibili interventi di "rinaturalizzazione" del fiume, ad esempio rimuovendo in specifici tratti gli argini per allargare la sezione dell'alveo.

Infine, l'integrazione di tali dati con un ipotetico database cronologico-topografico delle catastrofi permetterebbe di affinare le previsioni sugli eventi alluvionali, supportando interventi di riqualificazione ambientale che superino i tradizionali modelli ingegneristici del XIX secolo.

[3] Nel corso del progetto l'Unità di cartografia storica ha censito 246 unità cartografiche inedite con datazione compresa tra il 1553 e il 1918.

Figura 4 – Übersichts-Situation des Etsch-Flusses von S. Michele bis Sacco (Carta del rischio del fiume Adige da San Michele a Sacco), Tiroler Landesarchiv, Karten und Pläne, 2769-30, 1892.

Un ulteriore esempio di applicazione della cartografia storica alla tutela e valorizzazione del patrimonio bio-culturale storico locale è rappresentato dal progetto *Geografia storica urbana e rurale di Rovereto e della Vallagarina per la riattivazione della gelsicoltura storica ed il rilancio della filiera produttiva (seta)*, dedicato alla riscoperta dell'antica pratica agricola della gelsicoltura in Vallagarina. Lanciato nel 2018 grazie al sostegno attivo dell'amministrazione comunale di Rovereto e delle realtà imprenditoriali locali, questo lavoro ha avuto l'obiettivo di riportare alla luce una tradizione agricola che ha segnato la storia del territorio per secoli. La ricerca si è concentrata sull'analisi di numerosi documenti storici, tra cui cartografia storica, registri contabili e altre fonti scritte, per ricostruire la diffusione areale della bachicoltura, una pratica documentata sin dal Quattrocento in questa parte del Trentino. Altro elemento fondamentale del progetto è stato l'utilizzo di fonti catastali storiche, accuratamente georeferenziate, che hanno permesso di ottenere una mappatura precisa dell'uso del suolo nel passato. Questa integrazione di dati storici con i Sistemi Informativi Geografici ha consentito di ricostruire un quadro dettagliato del paesaggio agrario

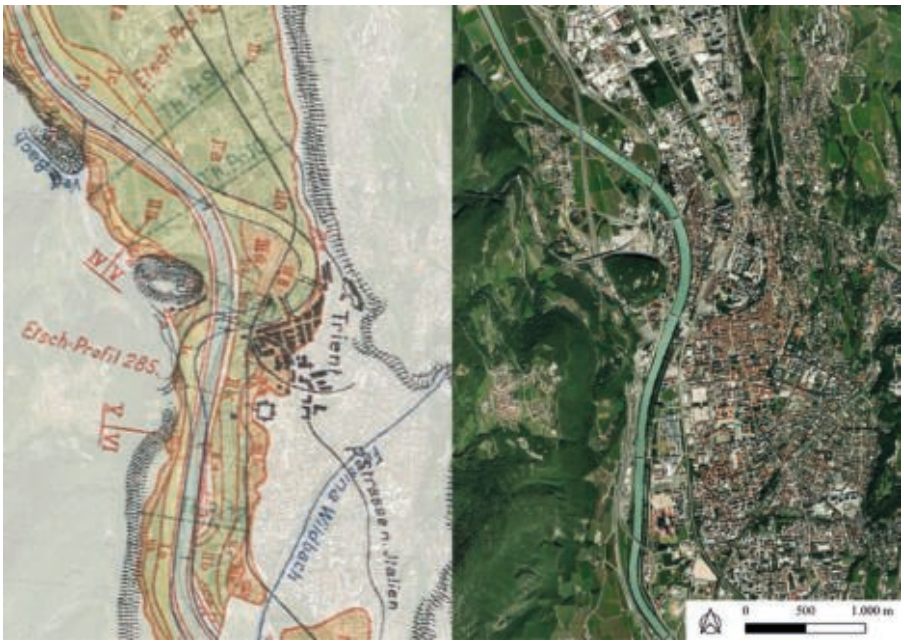


Figura 5 – Georeferenziazione del tratto fluviale dell'Adige presso Trento (Übersichts-Situation des Etsch-Flusses von S. Michele bis Sacco) sull'odierna conformazione regimentata da immagine satellitare (Fonte: ESRI World Imagery). Cartografia a cura di Chiara Lo Destro.

perduto, mettendo in evidenza l'esatta localizzazione delle aree un tempo destinate alla coltivazione del gelso e alla produzione del baco da seta. Oltre alla dimensione storica, il progetto ha avuto un impatto diretto sulla valorizzazione del territorio e sulla sua economia, poiché ha contribuito alla riattivazione di una filiera produttiva tradizionale, ormai scomparsa da decenni. La riscoperta della gelsicoltura, infatti, non solo ha riavvicinato la comunità alla sua storia agricola, ma ha anche offerto nuove opportunità per il settore primario locale, con ripercussioni positive sia a livello culturale che economico.

Sempre nell'ambito delle sinergie con l'amministrazione comunale di Rovereto e con l'Istituto Nazionale di Urbanistica-Sezione Trentino-Alto Adige ha preso corpo di recente un filone di indagini finalizzate alla ricostruzione del tessuto urbanistico originario, in vista anche di imminenti progetti di riqualificazione e implementazione del comparto infrastrutturale viario della Vallagarina. Gli elementi essenziali per comprendere la nascita e la crescita della città di Rovereto nel più

ampio contesto della Vallagarina sono tutti contenuti in una pittoresca veduta a volo d'uccello finemente acquerellata (figura 6), conservata presso l'Osterreichisches Staatsarchiv di Vienna[4], che presenta una serie di indicatori puntuali e areali di fondamentale importanza per comprendere la genesi dell'assetto topografico del centro urbano e il suo rapporto storico con il contado. Pur essendo datata 1620, l'aspetto interessante che si coglie è che nei secoli successivi (fino all'arrivo della ferrovia a metà dell'800) le principali direttrici di sviluppo urbano non si discosteranno da quelle tracciate in questa carta. Qui sono gli edifici ed i manufatti principali ad emergere dal disegno architettonico assonometrico fuori scala. Posto in alto e al centro della rappresentazione in grande evidenza a strapiombo sul torrente Leno vi è il castello, sede del controllo militare e politico, a dominare il borgo sottostante, che si sviluppa nel declivio sottostante, le vie che scendono dalle valli retrostanti e soprattutto il torrente Leno che è il confine da attraversare per entrare in città. Non è evidente la presenza della strada storica, ovvero la via Claudia Augusta che collegava Verona con il Trentino e poi il Tirolo, ma si nota la presenza del ponte sul Leno, che in altri documenti dell'epoca viene descritto come unico passaggio utile. La forma originaria del borgo di origine medievale (con in evidenza la chiesa di S. Marco e in scala ridotta la torre civica, altre chiese e le mura) appare facilmente ricostruibile da questa fonte geo-storica, ovvero un luogo di commercio posto su di un crocevia, racchiuso entro la cinta muraria, e apertosi poi oltre la stessa a collegarsi con la campagna e con l'altro elemento strutturante e territorializzante, cioè i corsi d'acqua naturali ed artificiali. Le varie scritte "molini" a fianco degli edifici posti nella parte esterna alla cerchia delle mura, indicano la presenza dell'acqua proveniente o dalle "rogge" derivate dal Leno e a quest'epoca non ancora del tutto costruite, o dal rio Valbuson (o "rio alto") che solca la valle di Terragnolo. Il fulcro della rappresentazione è quindi caratterizzato dal rapporto campagna-edificato, segnalato dai fronti compatti degli edifici che si snodano lungo le principali vie cittadine in direzione dell'altro confine che però non è rappresentato, il fiume Adige. Molte le indicazioni di "orti", ovvero un altro segnale della buona presenza

[4] Giuseppe Maffeotti-Floriani, *Cita d'Rovere*, 1620 circa, Osterreichisches Staatsarchiv – Haus, Hof-und Staatsarchiv, Vienna, W. 231, Bd. 9.

Figura 6 – Giuseppe Maffeotti-Floriani, *Cita d'Rovere*, 1620 circa, Osterreichisches Staatsarchiv – Haus, Hof-und Staatsarchiv, Vienna, W. 231, Bd. 9.

di acqua, usata come energia per i mulini, ma anche per l'irrigazione. Il concentrarsi dell'edificato attorno alle vie ed alle prime rogge mostra già come la futura città di svilupperà a forma di ventaglio partendo proprio dal presidio militare attorno al ponte sul Leno.

Un'altra ricerca rilevante da punto di vista delle ricadute concrete è stata *Cartografia storica e confini del territorio trentino per la soluzione delle controversie liminari inter-amministrative*, finanziata dalla Regione Trentino-Alto Adige. Il progetto, nato su sollecitazione dell'Ufficio Catasto della Provincia Autonoma di Trento, è stato avviato per affrontare le oltre cinquecento dispute confinarie tra la provincia e le regioni e province limitrofe, causate dalle incongruenze (sull'andamento del tracciato liminare) tra le diverse cartografie amministrative moderne. Le discrepanze, infatti, hanno generato nel tempo sovrapposizioni di competenze giurisdizionali o creato aree prive di un'appartenenza amministrativa definita. Lo studio ha quindi inteso ricostruire l'evoluzione storica del tracciato confinario attraverso l'analisi di cartografia storica datata

tra il XVIII e il XX secolo, integrata in ambiente GIS per valutarne la precisione geometrica (Dai Prà e Alaimo, 2013). Il dossier risultante si è rivelato uno strumento conoscitivo utile per la risoluzione delle controversie e ha stimolato anche un dibattito sul riassetto amministrativo interno della provincia, suggerendo una ridefinizione areale delle Comunità di Valle basata su criteri storici piuttosto che economici.

Nel panorama delle numerose collaborazioni intraprese di recente dal Centro Geo-Cartografico di Studio e Documentazione con enti locali e istituzioni pubbliche e private, un'iniziativa particolarmente rilevante è quella avviata con l'Accademia Roveretana degli Agiati. Quest'ultima, da tempo impegnata in un ambizioso progetto pluriennale di studio dell'evoluzione urbanistica di Rovereto, ha trovato nel GeCo un partner ideale per approfondire la conoscenza storica e cartografica del territorio. Il progetto, che si inalvea nell'ambito di sinergiche collaborazioni tra ricerca scientifica e istituti culturali storici, si fonda sull'esplorazione dei fondi archivistici cittadini, provinciali, regionali ed extraregionali per individuare documenti di ogni genere e periodo che possano essere utili nella ricostruzione degli assetti storici del territorio urbano e periurbano di Rovereto. Uno degli aspetti più innovativi di questo lavoro è il metodo adottato per la ricerca delle fonti cartografiche storiche. Si è infatti scelto di intraprendere un'indagine sistematica e approfondita, attraversando archivio dopo archivio, serie per serie, per cercare le sopravvivenze di documentazione cartografica esclusivamente manoscritta. Questa ricerca non si limita a un censimento tematico, ma adotta un approccio a tappeto, che prevede una scrupolosa indagine di tutti i fondi archivistici potenzialmente contenenti materiali cartografici pertinenti. Il lavoro rappresenta un'importante opportunità per riscoprire e valorizzare un particolare patrimonio culturale del territorio, contribuendo a preservare e diffondere la storia della città, e rendendo accessibili e utilizzabili a scopi pianificatori le fonti geo-storiche censite. Nel corso delle indagini presso la Biblioteca Civica Girolamo Tartarotti di Rovereto è emersa una quantità notevole di carte idrauliche tardo-settecentesche particolarmente interessanti ai fini della ricostruzione diacronica delle numerose sperimentazioni di interventi idraulici sia riparatori sugli argini del torrente Leno e del fiume Adige a seguito di eventi calamitosi, sia preventivi a protezione dei

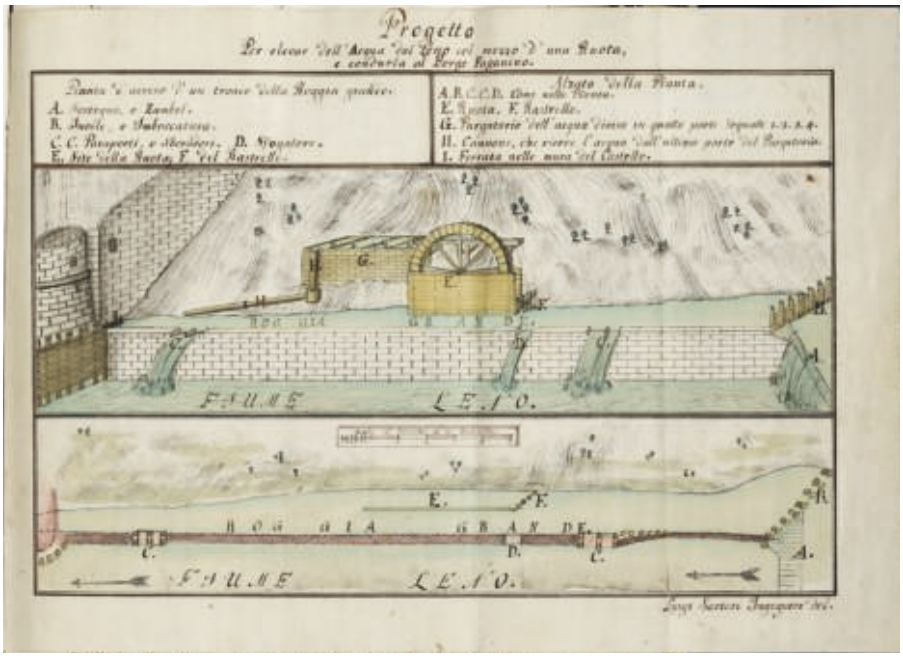


Figura 7 – *Progetto per elevar dell'Acqua dal Leno col mezzo d'una Ruota, e condurla al Borgo Paganino*, Biblioteca Civica Girolamo Tartarotti di Rovereto, Sezione 1 Infrastrutture del Territorio, 1_ASCR_655.

terreni agrari e degli impianti proto-industriali dislocati lungo le rogge urbane, sia progettuali *ex novo* ai fini del perseguimento di adeguati approvvigionamenti idrici nella cittadina lagarina (figura 7).

Concludendo, la sinergia tra metodo geografico-storico, innovazione tecnologica, proiezioni applicative e dialogo con gli attori territoriali apre sempre nuove opportunità di confronto offrendo soluzioni concrete e sostenibili per la gestione delle risorse e la pianificazione degli assetti territoriali futuri. Tale approccio, sempre più osmotico rispetto alla collaborazione interdisciplinare, sta tracciando innovativi percorsi per la rivalutazione dei patrimoni documentali geo-storici e per il loro travaso presso i contesti decisionali fondendo passato e futuro in una dialettica costante e proficua per la creazione di un avvenire più consapevole e sostenibile per le comunità locali.

Riferimenti bibliografici

Agnoletti, M. (1998), *Segherie e foreste nel Trentino*, Museo degli Usi e Costumi della Gente Trentina, San Michele all'Adige.

Agnoletti, M. (2010, a cura di), *Paesaggi Rurali Storici. Per un catalogo nazionale*, Laterza, Bari.

Allegri, D. *et al.* (2018), *Alla ricerca della pax idraulica. L'utilità della cartografia per la prevenzione del rischio idrogeologico. Il progetto ETSCH 2000*, in «Atti della XXII Conferenza Nazionale ASITA», pp. 23-30.

Berčič, T. (2019), *Virtual restoration and preservation of anthropogenic nineteenth-century landscapes based on historical land-use data*, in Obad Šćitaroci, M. *et al.* (2019, eds.), «Cultural Urban Heritage. The Urban Book Series», 52, pp. 77-89.

Besana, A. *et al.* (2019), *I territori del Trentino: tra ricostruzione storica e scenari di sviluppo*, in Salvatori, F. (2019, a cura di), *L'apporto della geografia tra rivoluzioni e riforme*, pp. 549-557.

Bürgi, M. *et al.* (2013), *Assessing traditional knowledge on forest uses to understand forest ecosystem dynamics*, in «Forest Ecology and Management», 289, pp. 115-122.

Carrer, F. *et al.* (2013), *Montagna e pastorizia. Stato dell'arte e prospettive di ricerca*, in Angelucci, E.D. *et al.* (2013, a cura di), «APSAT 2. Paesaggi d'altura del Trentino, Mantova», pp. 123-139.

Cevasco, R. (2007), *Memoria verde. Nuovi spazi per la geografia*, Diabasis, Reggio Emilia.

Cevasco, R. *et al.* (2019), *Oltre l'abbandono. Geografia storica e archeologia delle risorse ambientali applicate allo studio dei paesaggi rurali marginali (Liguria, Italia)*, in Macchi Janica, G. e Palumbo, A. (2019, a cura di), «Territori spezzati», pp. 87-96.

Dai Prà, E. (2013, a cura di), *APSAT 9. Cartografia storica e paesaggi in Trentino. Approcci geostorici*, SAP, Mantova.

Dai Prà, E. (2014), *Cartografia storica e gestione dei confini: un progetto di ricerca in Trentino*, in «Atti della XVIII Conferenza Nazionale ASITA», pp. 455-457.

Dai Prà, E. (2016), *Territoriality and toponyms. Borders and bordering in the historical map of Trentino*, in Cantile, A. and Kerfoot, H. (2016, eds.), «Place names as intangible cultural heritage», pp. 61-70.

Dai Prà, E. (2018), *Per una geografia storica applicata: prolegomeni a un Centro per lo studio, la valorizzazione e la fruizione attiva della cartografia storica*, in «Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia», 162, pp. 108-122.

Dai Prà, E. e Alaimo, A. (2013), *Dispute confinarie: la cartografia storica al servizio del territorio*, in Dai Prà, E. (2013, a cura di), «APSAT 9. Cartografia storica e paesaggi in Trentino. Approcci geostorici», pp. 271-282.

Dai Prà, E. e Allegri, D. (2017), *La cartografia storica come dispositivo progettuale per la riqualificazione e il ripristino ambientale della morfologia delle aree perifluviali*, in «Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia», 160, pp. 90-103.

Dai Prà, E. e Allegri, D. (2018), *Il confine contestato. Fermenti nazionalisti, scontri e commissioni militari nel Tirolo meridionale alla vigilia della Grande Guerra*, in Chirico, M.L. e Conti, S. (2018, a cura di), «La Grande Guerra. Luoghi, eventi, testimonianze, voci», pp. 131-145.

Dai Prà, E. e Gabellieri, N. (2020a), *Imago proelii. La cartografia storica della Prima Guerra Mondiale dal Museo Storico della Terza Armata: spigolature per una analisi tipologica e semiologica*, in «Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia», 14, 3(1), pp. 59-79.

Dai Prà, E. e Gabellieri, N. (2020b), *Per una storia dell'osservazione aerea. Lo sviluppo della fotointerpretazione durante la Grande Guerra e il contributo del geologo-geografo Giovanni Battista Trener*, in Conti, S. (2020, a cura di), «Storia militare della Geografia», pp. 435-452.

Ferrari, C. e Pezzi, G. (2013), *L'ecologia del paesaggio*, Il Mulino, Bologna.

Gabellieri, N. (2019a), *Il paesaggio scomparso della gelsicoltura in Vallagarina: un approccio geografico-storico a fonti integrate*, in «Geostorie», XXVII, 1, pp. 57-78.

Gabellieri, N. (2019b), *La Vallagarina nelle fonti cartografiche catastali ottocentesche: analisi e elaborazioni GIS in 2D-3D*, in «Atti della XXIII Conferenza Nazionale ASITA», pp. 517-524.

Gabellieri, N. (2021), *Il patrimonio bio-culturale alpino: un approccio geografico-storico al pascolo alberato di larici in Trentino (XVIII-XXI sec.)*, in «Rivista Geografica Italiana», 128, pp. 82-104.

Gabellieri, N. *et al.* (2020), *The "5t.era" project. Bridging research with application for the management of the Cinque Terre rural landscape*, in «Quaderni storici», 2, pp. 311-341.

Guarducci, A. e Rombai, L. (2017), *Paesaggio e territorio, il possibile contributo della geografia. Concetti e metodi*, in «Scienze del territorio», 5, pp. 19-25.

Harley, J.B. (1989), *Deconstructing the map*, in «Cartographica», 26(2), pp. 1-20.

Iojă, I. *et al.* (2018), *Integrating urban blue and green areas based on historical evidence*, in «Urban Forestry & Urban Greening», XXXIV, pp. 217-225.

Magnaghi, A. (2000), *Il progetto locale*, Bollati Boringhieri, Torino.

Mastronunzio, M. (2013), *Geo-metria/grafia. L'analisi metrica della cartografia storica per lo studio dei confini*, in Dai Prà, E. (2013, a cura di), «APSAT 9. Cartografia storica e paesaggi in Trentino. Approcci geostorici», pp. 235-246.

Moreno, D. e Raggio, O. (1999), *Dalla storia del paesaggio agrario alla storia rurale. L'irrinunciabile eredità di Emilio Sereni*, in «Quaderni storici», XXXIV, 100, pp. 89-104.

Moreno, D. *et al.* (2019), *The archeology of woodland ecology: reconstructing past woodmanship practices of wooded pasture systems in Italy*, in Allende Álvarez, F. *et al.* (2019, eds.), «Silvicultures - Management and Conservation», pp. 1-35.

Pianegonda, A. *et al.* (2022), *Trento Foodscape: esplorando il paesaggio urbano-rurale e le sue trasformazioni attraverso le fonti geografico-storiche*, in Spadaro, C. *et al.* (2022, a cura di), «Geografia e cibo: ricerche, riflessioni e discipline a confronto», pp. 47-54.

Poli, D. (2001), *La rappresentazione della morfologia dei luoghi*, in Magnaghi, A. (2001, a cura di), «Rappresentare i luoghi: metodi e tecniche», pp. 215-285.

Rombai, L. (2010), *Le problematiche relative all'uso della cartografia storica*, in «Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia», 138, pp. 69-89.

Rose-Redwood, R. (2015), *Introduction: the limits to deconstructing the map*, in «Cartographica», 50(1), pp. 1-8.

Sereno, P. (1981), *Introduzione all'edizione italiana*, in Baker, A.R.H. (1981, a cura di), «Geografia storica: tendenze e prospettive», pp. 9-37.

Schenk, W. (2013), *Historical geography in Germany in the tension between basic research and practical orientation*, in «Géographie historique des paysages en Allemagne», 2, pp. 1-9.

Tattoni, C., Ciolli, M., Ferretti, F. e Cantiani, M.G. (2010), *Monitoring spatial and temporal pattern of Paneveggio forest (northern Italy) from 1859 to 2006*, in «iForest», 3, pp. 72-80.

Tortora, A., Statuto, D. e Picuno, P. (2015), *Rural landscape planning through spatial modelling and image processing of historical maps*, in «Land Use Policy», 42, pp. 71-82.

Turco, A. (2003), *Verso una teoria geografica della complessità*, Unicopoli, Milano.

Wilmott, G. (2003), *Geography in America at the dawn of the 21st century*, Oxford University Press, Oxford.

Dati geografici e *Geospatial Artificial Intelligence* nell'era della massificazione dell'intelligenza artificiale

Beniamino Murgante

1. Introduzione

L'evoluzione dei sistemi informativi geografici è caratterizzata da una continua trasformazione, segnata da progressi significativi dalla semplice rappresentazione cartografica a complessi modelli computazionali e all'intelligenza artificiale geografica.

In principio, l'informazione geografica era statica e rappresentata su supporti fisici (mappe cartacee). Le carte geografiche servivano per la navigazione, la gestione del territorio e la pianificazione urbana, basandosi su rilievi topografici e metodi di rappresentazione simbolica.

La cartografia diventa in seguito una disciplina scientifica, concentrandosi su una precisa documentazione geografica. Le mappe erano create principalmente da cartografi professionisti e agenzie governative, la rappresentazione era statica, limitata dalle tecnologie di disegno e stampa disponibili. L'informazione era gerarchica e controllata da istituzioni di esperti.

Con l'avvento dei computer, l'informazione geografica è stata digitalizzata, dando origine ai GIS. Nascono così i sistemi di coordinate digitali e costosi database spaziali che richiedevano hardware e software specializzati prevalentemente utilizzati da organizzazioni governative e grandi istituti di ricerca. Questi sistemi permettono di gestire, analizzare e visualizzare dati spaziali in modo più dinamico e interattivo, supportando applicazioni come la gestione delle risorse naturali e la pianificazione urbana.

L'avvento di Internet ha reso possibile la diffusione delle informazioni geografiche attraverso il Web, consentendo la condivisione dei dati in tempo reale e la collaborazione tra sedi diverse, nasce così il concetto di WebGIS. Con queste applicazioni si iniziano a vedere forme

di partecipazione pubblica ed interazione tra le amministrazioni ed i cittadini. Il GIS non è però solo strumento a servizio di tecniche consolidate, ma è anche strumento innovativo e portatore di nuove forme, più democratiche, di partecipazione. Si passa da un flusso informativo che va dall'amministratore al pubblico e non torna indietro, ad uno che prevede invece un flusso bidirezionale, il Web 2.0. Utilizzare Internet significa, usando le parole di Ken Jones (2000) "Everyone and not some shall have the possibility to participate". Con il passare del tempo le mappe sono diventate accessibili online mediante geoportali consultabili in tempo reale, integrando servizi come Google Maps, Bing e OpenStreetMap. Con la diffusione di dispositivi GPS e smartphone, gli utenti hanno iniziato a contribuire attivamente alla creazione di dati geografici. La VGI (*Volunteered Geographic Information*) è un approccio partecipativo alla produzione di dati spaziali, con esempi come OpenStreetMap e applicazioni di *citizen science*. Questo ha portato ad un forte impatto sulle fonti di dati tradizionali fornendo analisi più dinamiche grazie ai contributi del *crowdsourcing*. Si assiste così al passaggio da una produzione di informazioni geografiche estremamente costosa, sostenibile solo dalle grandi agenzie statali, che utilizzavano ingombranti mainframe e richiedevano ingenti risorse per la formazione del personale e lo sviluppo di software personalizzati, a una vera e propria "wikificazione" dell'informazione geografica (Sui, 2008). Inoltre, la realtà virtuale (VR), la realtà aumentata (AR) e altre piattaforme vengono utilizzate per visualizzare le informazioni geografiche in modo più efficace. L'integrazione con le tecnologie di telerilevamento fornisce, inoltre, immagini ad alta risoluzione per migliorare le capacità di analisi.

Questa evoluzione porta alla necessità di estrarre conoscenza dall'informazione geografica, integrando tecniche di supporto alla decisione, creando simulazioni mediante modelli o analizzando i dati mediante sistemi basati sull'intelligenza artificiale.

2. Gli albori dell'informatica nell'uso dei dati geografici

Con l'avvento dei primi computer, si iniziò a sperimentare l'elaborazione elettronica dei dati geografici. Questi primi sistemi erano limitati nella capacità di calcolo e nella grafica, ma permettevano già l'automa-

tizzazione di alcuni processi, come il calcolo delle coordinate geografiche e la manipolazione di dati topografici. Gli uffici statistici utilizzavano i computer per elaborare dati demografici e territoriali, contribuendo alla creazione di mappe tematiche basate su modelli quantitativi. In genere, l'Harvard Laboratory for Computer Graphics viene considerata come la prima esperienza nell'utilizzo dell'informazione geografica. Negli anni '60, questa istituzione iniziò a sviluppare strumenti informatici per la rappresentazione grafica e l'analisi geografica, contribuendo alla nascita di tecnologie GIS moderne. Esistono esperienze precedenti, che non utilizzavano elaboratori elettronici e che di fatto hanno anticipato tutti i principi su cui si basano queste applicazioni.

Il medico londinese John Snow è considerato uno dei padri fondatori dell'epidemiologia moderna, grazie al suo pionieristico approccio scientifico alla comprensione e al controllo delle epidemie basato su l'uso di strumenti statistici e una attenta mappatura dei casi. Nel XIX secolo, il colera era una malattia devastante in Europa, e la sua causa era sconosciuta. Snow intuì che il colera poteva essere trasmesso attraverso l'acqua contaminata. Per dimostrare la sua ipotesi, egli condusse studi dettagliati durante un'epidemia di colera a Londra a metà dell'Ottocento. L'aspetto innovativo è che per la prima volta si sono combinate osservazioni cliniche con analisi spaziali per identificare le cause delle malattie. Di fatto l'esperienza di John Snow può essere identificata come la prima esperienza di *spatial clustering*.

Ian McHarg è una figura fondamentale nella storia della pianificazione ambientale e della cartografia moderna, grazie al suo innovativo approccio di *overlay mapping* introdotto nel suo libro "Design with Nature" (1969). Utilizzando la metafora della torta a strati (*layer cake*), l'*overlay mapping* si basa su strati sovrapposti (*layer*) di informazioni geografiche per analizzare e comprendere un territorio. L'obiettivo principale è l'integrazione di informazioni riguardanti l'ambiente e gli aspetti socioeconomici nei processi di pianificazione territoriale. Sebbene l'*overlay mapping* originale fosse manuale e fisico, realizzato scattando delle diapositive in scale di grigio alle tavole che componevano il quadro analitico e mediante la loro sovrapposizione si definiva il livello di idoneità alla trasformazione di un determinato territorio, il principio alla base di questa tecnica ha fortemente influenzato lo sviluppo degli strumenti informatici per la gestione dei dati spaziali.

L'approccio proposto da McHarg rappresenta una vera e propria pietra angolare dei Sistemi Informativi Geografici (GIS) e può essere considerato la prima applicazione del concetto di Map Algebra.

Le esperienze descritte finora segnano l'inizio dell'impiego delle tecnologie nell'informazione geografica. Non si limitano alla mera rappresentazione dei dati, ma rappresentano i primi passi verso lo sviluppo di strumenti analitici a supporto delle decisioni e dei processi di estrazione della conoscenza.

3. Lo sviluppo dell'informazione geografica e la carenza di dati

Fino agli anni '80, l'uso dell'informatica nella gestione dei dati geografici era limitata, a dati statistici sulla popolazione, passando per i centri di elaborazione dati delle amministrazioni comunali, costituiti da grossi mainframe con supporti magnetici a nastro e con sistema operativo Unix. Alle difficoltà di disporre di attrezzature informatiche in grado di elaborare dati in quel formato si sommavano la scarsa immediatezza dei sistemi operativi in voga in quegli anni. Nel periodo successivo si è passati dai mainframe alle workstation, ai personal computer, dalle sempre più elevate potenzialità. A tutto ciò, si sono aggiunti dei sistemi operativi dalle interfacce grafiche sempre più intuitive, in modo da consentire anche ad utenti non fortemente specializzati di utilizzare i computer quotidianamente. Nel settore dell'informazione geografica si è avuta una simile tendenza. In principio i software erano molto costosi e non consentivano operazioni molto elaborate.

Il grosso problema è stato sempre rappresentato dalla mancanza di dati. Si investivano ingenti risorse in attrezzature e software e non si avevano i dati per poterle utilizzare a pieno. Questa annosa questione ha rappresentato un forte freno all'uso delle tecnologie applicate all'uso dei dati geografici.

L'avvento dei software open source ha portato ad un crollo dei costi e ad un incremento esponenziale della quantità di operazioni che questi software sono in grado di svolgere, facendo, di fatto, diventare nulla questa voce di spesa.

Mentre fino alla fine degli anni '80 la produzione dei dati geografici era riservata a importanti organizzazioni, prevalentemente statunitensi,

come USGS, FEMA, US Census Bureau, a seguito di questo crollo di costi, tante organizzazioni o singoli dipartimenti di enti locali hanno iniziato a sviluppare al proprio interno i dati geografici.

Tuttavia, la mancanza di standard ha causato una produzione disomogenea e disordinata di dati, ostacolando la condivisione e creando barriere burocratiche. Nell'era dell'accesso, Jeremy Rifkin evidenzia il passaggio verso un'economia reticolare, dove l'informazione prevale sul capitale fisico. L'informazione diviene un bene pubblico, con l'amministrazione Clinton che, nel 1994, istituisce *National Spatial Data Infrastructure* (NSDI). Questo sistema, emulando le reti di trasporto, facilita l'accesso ai dati spaziali, seguendo regole e standard. Gli enti federali statunitensi sono tenuti a documentare e rendere accessibili i nuovi dati geografici tramite il *National Geospatial Data Clearinghouse*. Il World Wide Web diventa il principale mezzo di accesso al catalogo di informazioni spaziali, permettendo di consultare i metadati e, eventualmente, scaricare le mappe. In parallelo, Al Gore sviluppa il progetto delle *Computer Highway*, in perfetta complementarità con il NSDI, facilitando l'accesso ai dati geografici tramite Geoportali.

Nel periodo analizzato, oltre alla proliferazione di dati ridondanti, si è osservato un aumento di applicazioni con limitate capacità analitiche e di gestione dati. Sebbene presentassero interfacce grafiche accattivanti, questi strumenti spesso si limitavano a collegare record di database a entità geografiche, con possibili perdite di qualità durante le conversioni di formato. L'interoperabilità è emersa come soluzione a queste sfide tecnologiche, permettendo lo scambio libero di dati geografici tra software diversi. Per risolvere i problemi di interoperabilità tecnica è stato creato un consorzio internazionale, l'*Open Geospatial Consortium*, completamente dedicato a queste problematiche. Gli standard internazionali dell'*Open Geospatial Consortium* (OGC) consentono di accedere mediante rete a dati georeferenziati, a partire da uno o più server cartografici, integrando dati locali e remoti. I dati geografici possono essere caricati da un semplice browser di internet, o da un software GIS che supporta i seguenti standard (OGC):

- *Web Mapping Service* (WMS), che rende possibile la visualizzazione di dati raster georeferenziati, situati su server remoti, insieme ai dati prodotti in locale;

- *Web Feature Service* (WFS), che è un servizio del tutto analogo al WMS e consente l'utilizzo di dati in formato vettoriale (GML), caricando sia la struttura geografica, sia gli attributi ad essa associati;
- *Web Coverage Service* (WCS) che è una variante del WFS e opera con coverage.

La disponibilità e la condivisione di informazioni georeferenziate è uno dei temi di INSPIRE. La Direttiva INSPIRE, in vigore dal 2007, promuove la creazione di un'infrastruttura per l'informazione territoriale in Europa, armonizzando e garantendo la qualità delle informazioni geografiche. Questo approccio riflette la necessità di dati di qualità e di una partecipazione informata del pubblico nelle politiche europee legate al territorio. La Direttiva INSPIRE mira a migliorare l'accesso e la gestione dei dati geografici, attraverso sei principi fondamentali, secondo cui:

1. i dati devono essere raccolti una sola volta e gestiti laddove ciò può essere fatto in maniera più efficiente;
2. i dati provenienti da diverse fonti devono poter essere combinati e condivisi tra diversi utenti e diverse applicazioni;
3. la condivisione delle informazioni raccolte a diversi livelli deve essere possibile;
4. l'informazione geografica necessaria per il buon governo deve esistere ed essere accessibile;
5. l'individuazione delle informazioni geografiche disponibili, la valutazione della loro utilità e delle condizioni per ottenerle devono avvenire in modo facile;
6. i dati geografici devono essere caratterizzati da chiarezza e comprensibilità.

Attualmente, i dati rappresentano un enorme potenziale economico inesplorato che potrebbe generare nuove imprese e opportunità commerciali se resi disponibili a tutti. Spesso, i sistemi informativi territoriali si basano su approcci artigianali che offrono dati limitati e poco accessibili. L'adozione degli standard dell'*Open Geospatial Consortium*

e l'applicazione della Direttiva INSPIRE possono migliorare notevolmente questa situazione.

L'obiettivo è passare da un modello basato sul download massivo di dati a un approccio più dinamico e flessibile, simile a quelllo di Spotify per la musica. Grazie a questa trasformazione, sarà possibile accedere ai dati geografici online in tempo reale, integrando dati locali e remoti per un'analisi più efficiente e immediata. L'implementazione di infrastrutture di dati spaziali (SDI), mediante la Direttiva INSPIRE, e l'adozione degli standard OGC, rientra nelle misure di e-Government, che mirano a rendere i servizi pubblici più efficienti attraverso l'uso delle tecnologie. Tuttavia, questo approccio tradizionale trascura il coinvolgimento attivo delle comunità interessate, limitandosi a fornire informazioni in un'unica direzione verso i cittadini anziché incoraggiare un flusso bidirezionale.

Nell'era delle normative nazionali ed europee sempre più complesse, si è registrato un crescente divario tra cittadini e pubblica amministrazione. Nonostante i progressi nei sistemi informativi, le informazioni prodotte dall'amministrazione pubblica non sono ancora ampiamente diffuse, e ciò limita il coinvolgimento dei cittadini nelle attività amministrative. Questo rende la comunità percepita come avversaria, anziché come parte integrante della gestione pubblica.

L'approccio corretto è quello dell'Open-Government, che promuove la partecipazione attiva dei cittadini attraverso la condivisione aperta dei dati e delle idee. L'esperienza dell'amministrazione Obama negli Stati Uniti ha dimostrato l'efficacia di questo approccio, che si basa su tre principi fondamentali: trasparenza, partecipazione e collaborazione. L'elemento centrale dell'Open-Government è l'Open-Data, che favorisce la condivisione e l'utilizzo dei dati pubblici. Affinché i dati siano veramente "open", devono essere accessibili a tutti, in formato aperto e interoperabile, e accompagnati da metadati esplicativi. Questo approccio favorisce la collaborazione tra enti pubblici e cittadini, consentendo un coinvolgimento più ampio nella gestione della cosa pubblica e migliorando la qualità delle decisioni amministrative.

L'Open Data spesso si limita all'upload di file in formato PDF su siti web, ma questa pratica è inefficiente e limitante. Tim Berners-Lee ha proposto una classificazione basata su stelle per valutare la qualità

dei dati aperti. Il livello base offre solo una licenza aperta, ma non specifica il formato, di solito PDF, rendendo i dati solo leggibili o stampabili. Il livello successivo mantiene la struttura dei dati, consentendo manipolazioni, ma utilizzando formati proprietari, causando problemi di interoperabilità. I dati a tre stelle utilizzano formati non proprietari, migliorando l'interoperabilità. Il livello superiore oltre a mantenere le proprietà di dati interoperabili consente una facile reperibilità in rete mediante l'utilizzo degli standard del web semantico W3C (RDF, OWL, SKOS, SPARQL, ecc.). Open Data a cinque stelle sono Linked Open Data. Questa classificazione, purtroppo, non considera gli aspetti spaziali. L'uso diffuso dei PDF limita l'accessibilità e la manipolazione dei dati. Dovrebbe esserci un organo di controllo per sanzionare chi utilizza questo formato inappropriato. L'obiettivo dovrebbe essere rendere i dati aperti facilmente accessibili, manipolabili e interoperabili, utilizzando formati non proprietari e standard del web semantico. Questo consentirebbe un uso più ampio e efficiente dei dati pubblici.

4. La "wikificazione" dell'informazione geografica

Kitsuregawa *et al.* (2007) definiscono l'epoca in cui viviamo, caratterizzata da una grande quantità di informazioni prodotte da attività umane e sistemi automatizzati, "*Information-Explosion Era*" nella quale rientrano anche tutte le *Volunteered Information* che rappresentano una formidabile base informativa a supporto di molteplici tipologie di attività pubbliche e private. Il concetto di *Volunteered Geographic Information* (VGI) si basa su un approccio che considera i "cittadini come sensori" ed è stato introdotto da Michael Goodchild nel 2007. Questa idea evidenzia come i cittadini comuni possano contribuire alla creazione di dati geografici, agendo come sensori e fornendo informazioni georeferenziate attraverso varie piattaforme, si tratta di un caso particolare del più ampio fenomeno web di UGC, *User Generated Content*. Mediante VGI i dati geografici sono creati da volontari piuttosto che da fonti autorevoli tradizionali come agenzie governative o aziende private. Con l'espressione "cittadini come sensori" Goodchild sottolinea che gli individui possono agire come partecipanti attivi nella raccolta e condivi-

sione di informazioni territoriali. Questo concetto sfrutta la tecnologia combinata di dispositivi GPS e telefoni cellulari per consentire ai cittadini di contribuire alla raccolta ed alla produzione di dati geografici.

Un esempio di importanti applicazioni VGI è rappresentato dal *disaster management*. Con il sopravvento delle tecnologie, la diffusione degli smartphone e delle connessioni mobili o fisse, la gestione degli aiuti umanitari nelle fasi di post-emergenza è cambiata radicalmente. Di conseguenza, sono nate numerose piattaforme Open Source per rispondere alla crescente domanda di geoinformazioni. Il *Crisis Mapping* (CM) consiste in un processo spontaneo di raccolta e geolocalizzazione dei dati da diverse fonti, compresi i dati chiusi/aperti o le banche dati create con un approccio basato sul crowdsourcing. Pertanto, il termine *Crisis Mapping* viene spesso utilizzato per identificare le attività di mappatura durante le crisi umanitarie. L'attività di CM è finalizzata alla raccolta, alla visualizzazione, all'aggiornamento e all'analisi dei dati in tempo reale nelle emergenze dovute a disastri naturali come terremoti, inondazioni, tsunami, uragani, o a disastri antropici come frane, attacchi terroristici o gravi incidenti industriali. Quando si verifica un evento disastroso, le persone che agiscono in loco o in remoto (*Crisis Mappers* via web) si mobilitano per aggiornare le mappe, segnalare le emergenze e diffondere le notizie. Questa partecipazione contribuisce anche ad aumentare la consapevolezza dell'evento. I *Crisis Mappers* sono generalmente volontari con o senza competenze specifiche. Infatti, un gruppo di mappatori è generalmente composto da semplici residenti della zona colpita dalla catastrofe che vogliono contribuire alle attività di soccorso, da esperti di informatica, da programmatori web che vogliono mettere a disposizione le loro competenze. A questo scopo, sono stati creati diversi gruppi online. Tra questi, uno dei più importanti è *Humanitarian OpenStreetMap Team* (HOT), che ha supportato l'attività dei mappatori OpenStreetMap (OSM) in occasione del terremoto di Haiti nel 2010. Con questo disastroso terremoto, inizia la diffusione di OSM in una situazione di emergenza naturale e la comunità OSM ha dovuto affrontare un lungo e impegnativo percorso per guadagnare credibilità e ottenere il riconoscimento come associazione. Questo è il primo caso eclatante in cui è la popolazione con SMS, Tweet e App a dirigere i soccorsi. I soccorritori, con

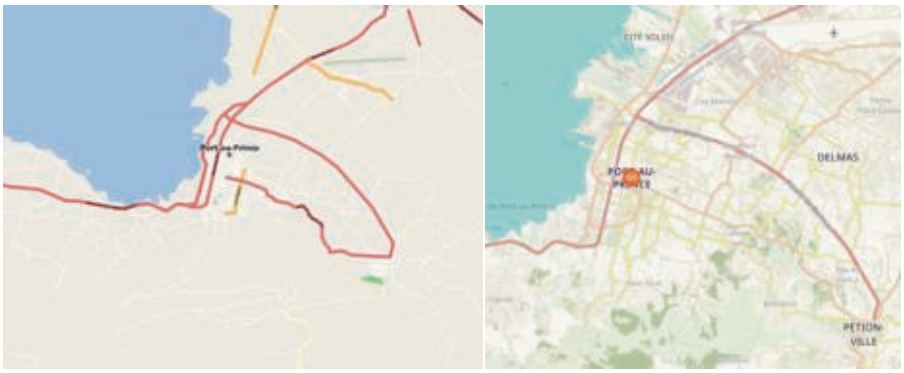


Figura 1 – Mappa di base OSM di Port-au-Prince prima e dopo il terremoto di Haiti.

il supporto di piattaforme come OSM e Ushahidi, ricevono aggiornamenti senza alcuna intermediazione da parte di terzi.

La figura 2 evidenzia la clusterizzazione dei tweet geo-localizzati rispetto ai principali *hashtag* durante l'uragano Sandy realizzata dall'università di Washington. In particolare, è possibile notare nell'area centrale del webgis una concentrazione di tweet (dati puntuali in rosa) che hanno come *hashtag #gas*. In questo caso i cittadini agiscono da sensori volontari fornendo delle informazioni vitali nella gestione dell'emergenza.

Queste esperienze rappresentano un primo approccio alla *Citizen Science*, ovvero la metodologia di ricerca che prevede la partecipazione di individui non professionisti, spesso in collaborazione con scienziati professionisti. Questo approccio collaborativo mira ad accrescere le conoscenze scientifiche e a promuovere l'impegno del pubblico nei confronti della scienza. La *Citizen Science* rappresenta un approccio innovativo alla ricerca, in cui cittadini appassionati, pur non essendo ricercatori professionisti, contribuiscono attivamente alla raccolta e all'analisi di dati scientifici. Questo fenomeno è particolarmente rilevante in ambiti che richiedono una grande quantità di dati di base, difficili da raccogliere per un numero limitato di ricercatori, ma gestibili con maggiore efficienza da una rete ampia di volontari. Generalmente, questi cittadini scienziati si organizzano all'interno di comunità virtuali, spesso collegate a piattaforme web dedicate, dove condividono informazioni, collaborano alla raccolta dati e interagiscono con esperti del

Figura 2 – Clusterizzazione dei tweet geo-localizzati rispetto ai principali hashtag durante l'uragano Sandy (http://faculty.washington.edu/kstarbi/TtT_Hurricane_Map_byEvent.html).

settore. Tali progetti richiedono grandi quantità di dati di base, difficili da raccogliere per un numero ristretto di ricercatori, ma più facilmente acquisibili grazie all'impegno di un'ampia rete di cittadini motivati.

Nel 1992 Carl Franklin in un famoso articolo affermava che l'80% delle informazioni contenute in dati pubblici avessero una componente spaziale. Oggi la situazione è completamente cambiata: ogni telefono cellulare dispone di un GPS e Google ed OpenStreetMap hanno trasformato l'informazione geografica da una piccola nicchia di utenti, molto specialista, ad un fenomeno di massa ed oggi probabilmente il 100% dei dati ha una relazione spaziale. Quindi non considerare gli aspetti spaziali come una componente intrinseca dei dati costituisce un grosso errore.

Dal 2005, Google Earth e ha contribuito alla diffusione delle tecnologie di geolocalizzazione. Con la sua comparsa, si è parlato di "democratizzazione del GIS", poiché ha permesso a chiunque di accedere a semplici funzionalità GIS, come il *fly-by* e il *mash-up*. Il *fly-by* consente di sorvolare virtualmente i territori che normalmente si attraversano da terra, offrendo una visione d'insieme altrimenti non disponibile. Questa possibilità ha affascinato un vasto pubblico, anche tra coloro che non avevano particolare interesse per l'informatica o la geografia. Il *mash-up*, invece, permette di sovrapporre strati informativi provenienti da fonti diverse su una base geografica, rendendo

visibili fenomeni naturali o sociali e narrando le vicende passate o gli eventi presenti di un determinato luogo. Più in generale, il concetto di *Digital Earth* rappresenta un nuovo approccio alla cartografia e alla rappresentazione del territorio, basato sul paradigma dell'immagine anziché sul disegno cartografico tradizionale. Questo ha portato a un'innovazione irreversibile, favorendo lo sviluppo di applicazioni GIS *web-oriented*, superando la tradizionale centralità del software desktop e ampliando le possibilità di condivisione delle informazioni geografiche. Oggi, la socializzazione dell'informazione geografica avviene sempre più attraverso il web e modalità di rappresentazione intuitive. Nuove piattaforme e strumenti digitali permettono lo scambio di dati in modo accessibile anche ai non esperti di cartografia. A differenza delle mappe tradizionali, che richiedono la conoscenza di simboli e convenzioni specifiche (come le curve di livello), questi strumenti mostrano il territorio in modo più immediato e familiare: da una prospettiva immersiva (*Street View*) o da una vista dall'alto (*fly-by*).

5. Dalle *Virtual Cities* alle *Computable Cities*

Con la diffusione di Internet nascono le *Virtual Cities* (Smith, 1998), incentrate sulla costruzione e rappresentazione di scenari urbani. L'uso del *Virtual Reality Modeling Language* (VRML) consentiva la creazione di ambienti virtuali e la fruibilità in rete di modelli tridimensionali di città. L'esperienza delle *Virtual Cities* non si è solo limitata alla simulazione di progetti riguardanti la città, ma grazie alla crescita avuta da Internet in quegli anni, ha stimolato la creazione di molti laboratori partecipativi virtuali. Si è consentito così a una parte di popolazione di prendere parte alla creazione di politiche urbane o, semplicemente mediante voto elettronico, di partecipare alla scelta del progetto da realizzare per la riqualificazione di un quartiere (Levy, 1995; Batty e Doyle, 1998; Hudson-Smith *et al.*, 1998; Batty *et al.*, 1998). In un primo momento i computer venivano adoperati per approfondire e supportare la pianificazione e la programmazione della città. Negli anni successivi l'interesse si è spostato su come i computer e le tecnologie dell'informazione cambiano la città. Nasce così il concetto di *Computable City* (Batty, 1995) incentrato sulla fusione

e l'analisi contestuale di entrambi gli aspetti. Batty enfatizza l'uso di modelli informatici avanzati per analizzare e prevedere le dinamiche urbane. Questi modelli aiutano i pianificatori a comprendere le complesse interazioni all'interno delle città. La *Computable City* considera le città come sistemi intricati influenzati dai progressi tecnologic ed evidenzia come le tecnologie digitali trasformino gli ambienti urbani in spazi dinamici e interconnessi. Il lavoro di Batty costituisce una pietra miliare nell'applicazione delle tecnologie informatiche e della comunicazione per analizzare il loro impatto sulla pianificazione urbana e rappresenta un contributo significativo alla comprensione dell'intersezione tra tecnologia e sviluppo urbano, poiché sottolinea sia i potenziali vantaggi dell'integrazione dei modelli computazionali nella pianificazione urbana, sia le sfide che questi progressi comportano.

Con il trascorrere degli anni si diffondono altre tipologie computazionali, *ubiquitous computing*, *pervasive computing*, *physical computing*, *tangible media*, tutte con forti ricadute sulla città, ciascuna come sfaccettatura di un paradigma coerente di interazione che Greenfield (2006) definisce con un neologismo *everyware*. Nel volume "Everyware: The Dawning Age of Ubiquitous Computing" (2006), Greenfield conia il concetto di *everyware* combinando i termini *every*, *where* e *hardware*. Questo concetto descrive un futuro in cui l'informatica è ubiqua, integrata negli oggetti e negli ambienti di tutti i giorni, rendendo i computer tradizionali meno visibili. *Everyware* rappresenta una visione in cui la potenza di elaborazione è distribuita nell'ambiente, rendendo di fatto invisibili i computer e considerando vari paradigmi come l'informatica pervasiva e i media tangibili.

Dalle ultime considerazioni scaturisce che il concetto di *computable city* ha assunto una sempre maggiore importanza con il crescere dei dispositivi elettronici nel nostro ambiente fisico (Hudson Smith *et al.*, 2007). Il passaggio verso un ambiente non più solo virtuale, ma con una profonda interazione umana e sociale attraverso i computer, caratterizza l'*urban computing* (Greenfield e Shepard 2007). Queste teorie prendono in considerazione la dimensione sociale di ambienti urbani ponendo in secondo piano i computer stessi. Questo concetto prevede l'integrazione dell'interazione umana e delle dinamiche sociali attraverso i computer in ambiente urbano. Sottolinea come la tecnologia possa plasmare le esperienze urbane incorporando le capacità

computazionali nella vita quotidiana. Le teorie di Greenfield e Shepard (2007) sull'*urban computing* insieme alle ricerche sull'*ubiquitous computing* sviluppate presso lo Xerox Research Centre di Palo Alto (Weiser, 1993) favoriscono le prime esperienze di *ubiquitous city* (Jang e Suh 2010) prevalentemente concentrate in Asia. L'obiettivo delle *ubiquitous city* (*U-city*) è quello di creare un ambiente integrato nel quale il cittadino può ottenere qualsiasi tipologia di servizio, in tutti i luoghi, in qualsiasi momento e con ogni dispositivo ICT (Lee *et al.*, 2008). Si tratta di applicazioni basate su infrastrutture della città che mirano a supportare le esigenze locali migliorando la vita quotidiana della comunità locale. Una *U-City* è un ambiente urbano ad alta tecnologia in cui i servizi ICT sono integrati in vari aspetti della vita cittadina, come la casa, l'economia, il traffico e la gestione delle strutture. L'obiettivo è fornire servizi efficienti sempre e ovunque, utilizzando tecnologie ubiquitarie come sensori e reti. L'infrastruttura comprende reti di telecomunicazione a banda larga, reti di sensori, centri operativi urbani integrati e altre tecnologie intelligenti.

La possibilità di utilizzare dati acquisiti in tempo reale, consentendo un monitoraggio continuo dei principali fenomeni urbani, può migliorare in maniera sostanziale l'efficacia della pianificazione territoriale e della gestione urbana. Si ha un passaggio da un tradizionale approccio basato sulla sequenza città reale, computer, rappresentazione virtuale ad una sequenza computer, città reale, *ubiquitous city*. La sequenza tradizionale vedeva molte persone lavorare su uno o pochi computer, mentre la sequenza riguardante le *U-city* vede una sola persona gestire molti computer e dispositivi elettronici (Lee, 2005). Le *U-Cities* offrono una serie di servizi che comprendono l'amministrazione pubblica, la gestione dei trasporti, i sistemi di assistenza sanitaria, i sistemi di monitoraggio ambientale.

Il *City sensing* è una forma di rilevamento attraverso sensori a basso costo, abbastanza piccoli da essere indossabili. I principali vantaggi di questa tecnologia sono la capillarità e l'elevata frequenza delle misurazioni, il tutto a un costo unitario ridotto. Inoltre, permette una comunicazione intuitiva e quasi in tempo reale, favorendo l'interazione diretta con i cittadini. Il *City sensing* si basa quindi su sensori elettronici ed umani o sulla combinazione di entrambi (Bergner *et al.*, 2013), su azioni volontarie o inconsapevoli (Manfredini *et al.*, 2012).

Il *City Sensing* è un concetto strettamente legato all'*Urban Computing* e all'*Urban Sensing*, che prevede l'utilizzo di varie tecnologie per raccogliere e analizzare dati sugli ambienti urbani. Questo processo aiuta a comprendere le dinamiche delle città, a migliorarne le infrastrutture e a migliorare la qualità della vita dei residenti.

6. Dalla *geocomputation* alla massificazione dell'intelligenza artificiale

Openshaw (1998; 2000), alla fine degli anni '90, ha coniato il termine *geocomputation*, considerando due aspetti principali, e cioè l'intensità del processo e l'aumento della conoscenza e dell'intelligenza. Ehlen *et al*. (2002) analizzano quattro aspetti della *geocomputation*: le possibilità di calcolo ad alte prestazioni, l'insieme di metodi di analisi spaziale, gli aspetti essenziali della geocomputazione e la relazione con i GIS. Il primo aspetto è legato alla ricerca sul *parallel* e *grid computing*; questo dominio è rappresentato da una piccola comunità tra i ricercatori. Mentre il primo argomento è completamente distinto dagli altri, gli altri tre sono fortemente correlati tra loro.

All'inizio dell'utilizzo dei computer nel campo della geografia, era opinione diffusa che i computer sarebbero diventati schiavi dei geografi quantitativi, ma con l'avvento dei GIS, i ruoli sono cambiati. I geografi sono diventati schiavi del computer (Gahegan, 1999), spinti dalla disponibilità di dati, software e potenza di elaborazione e dalla necessità di implementare soluzioni adatte allo scopo. Tuttavia, i geografi come utilizzatori dei GIS non si limitano (e non dovrebbero limitarsi) al "meccanismo di quali pulsanti premere, ma a come lavorare in modo sensato con la geografia in mente" (Unwin, 2005). Per questo motivo, gran parte delle applicazioni geocomputazionali non adottano software GIS commerciali. Per trovare soluzioni che si adattino meglio ai loro modelli e metodi, i geografi preferiscono sviluppare i propri software o estensioni dei GIS (Longley, 1998). In questo senso, gli strumenti e le soluzioni geocomputazionali sono buoni candidati a rappresentare una parte della "cassetta degli attrezzi del geografo" (Haggett, 2001) per affrontare problemi geografici complessi. L'espressione geocomputazionale è legata allo sviluppo e all'applicazione di nuove teorie,

metodi e strumenti per fornire soluzioni migliori a problemi geografici complessi (Fotheringham *et al.*, 1997; Couclelis, 1998).

Nel campo della pianificazione territoriale, la complessità dei processi decisionali è uno dei temi principali da oltre quarant'anni. Infatti, la pianificazione territoriale è caratterizzata da una molteplicità e complessità di attori, obiettivi, feedback diversi e dal ruolo attivo del "tempo", considerato come costruttore e distruttore di interventi, opportunità e risorse nel processo di pianificazione (Lombardo e Petri, 2008). La complessità delle interazioni tra i diversi attori coinvolti nei processi decisionali, relativi alle azioni di trasformazione territoriale, rende spesso questi processi non prevedibili, né concordi nelle finalità (Faludi, 1987).

In questa nuova visione della pianificazione e della modellazione urbana, emerge un nuovo concetto di processo decisionale, basato sulla ricerca del cosiddetto "compromesso ottimale" (Roy, 1979; 1985; Vinke, 1981; 1992), anziché sulla ricerca della soluzione "migliore". La ricerca di tale compromesso si colloca in un contesto evolutivo che comprende sia lo studio dei sistemi di preferenze dei diversi attori coinvolti nelle dinamiche urbane e territoriali, sia l'analisi degli effetti delle alternative sostenibili. In questo contesto vengono sviluppati strumenti di supporto alle decisioni che, insieme allo sviluppo di banche dati, generano i sistemi noti come *Spatial Decision Support System*, in cui una banca dati è combinata con procedure di interrogazione e con metodi di confronto e ordinamento delle alternative (Bana Costa, 1990; Vincke, 1992). In effetti, gli *Spatial Decision Support System* (SDSS) possono essere considerati come sistemi interattivi, basati su computer, concepiti per supportare i decisori nel raggiungimento di una maggiore efficacia nella risoluzione di un problema decisionale semi-strutturato che coinvolge aspetti territoriali (Malczewski, 1999; 2006; Arentze e Borger, 1996; Lapucci *et al.*, 2005). Nel campo degli SDSS è centrale il concetto di interazione tra l'utente (che può avere diversi gradi di esperienza e/o competenza nel problema decisionale oggetto di studio) e un sistema informatico contenente strumenti in grado di analizzare dati territoriali e di modellare problemi decisionali spaziali. Densham (1991) suggerisce che gli SDSS dovrebbero avere caratteristiche specifiche, alcune delle quali sono riportate di seguito:

- una progettazione dedicata alla risoluzione di problemi non strutturati;
- un'interfaccia potente e facile da usare;
- uno strumento specifico per la risoluzione interattiva e ricorsiva dei problemi;
- la capacità di combinare la flessibilità dei modelli analitici con i dati disponibili;
- la possibilità di esplorare lo spazio delle soluzioni costruendo alternative.

Secondo Malczewsky (1999; 2006), il quadro generale di un SDSS comprende tre componenti principali e il decisore è considerato parte del sistema stesso:

1. il *database management system* (DBMS), si tratta di una base di dati geografici in grado di coordinare tutte le funzioni relative alla gestione delle informazioni (ad esempio, archiviazione dei dati, registrazione, estrazione da varie fonti, ecc.);
2. un sistema di gestione basato su modelli (MBMS) contenente la libreria dei diversi modelli necessari per i processi decisionali e le routine per mantenerli e gestirli;
3. un sistema di generazione e gestione del dialogo (DGMS), contenente tutte le procedure per l'input/output di informazioni da e verso il sistema.

L'ideazione di un SDSS efficiente consente di integrare due set di strumenti separati (modelli e dati) in un sistema unificato in cui il contributo delle scienze dell'informazione geografica risiede nella conoscenza dell'elaborazione dei dati spaziali e degli attributi in un ambiente GIS, mentre il contributo dell'analisi spaziale risiede nella conoscenza della modellazione territoriale.

Nella pianificazione urbana e territoriale, gli approcci deterministici sono stati affiancati dalle analisi decisionali anche grazie alle grandi opportunità offerte da potenti strumenti informatici in grado di gestire banche dati molto ampie, di eseguire analisi molto complesse

e di supportare i nuovi strumenti di simulazione. Strumenti derivati dall'intelligenza artificiale accoppiati a sistemi GIS consentono elaborazioni dettagliate su varie tipologie di dati (ad es. densità di popolazione, infrastrutture di trasporto, insediamenti produttivi, indagini ambientali, ecc.) e permettono di estrarre e costruire conoscenza direttamente dai dati sperimentali e di rappresentare la conoscenza estratta sotto forma di regole che coinvolgono la dimensione spaziale (Lombardo e Petri, 2008). Sono disponibili grandi quantità di dati per analizzare e simulare l'evoluzione dei sistemi urbani e territoriali, ma il valore di questi dati dipende principalmente dalla capacità di sfruttarne la conoscenza. A questo scopo, strumenti e metodi innovativi ed efficienti si trovano nel campo del *data mining* (DM) e della *knowledge discovery from databases* (KDD), di cui il primo è il fulcro (Bonchi *et al.* 2004). In effetti, il KDD è un campo multidisciplinare che fonde concetti e tecniche provenienti da diverse aree di ricerca, come la statistica, l'intelligenza artificiale, sistemi esperti, *machine learning*, *pattern recognition*, *information retrieval*, *high performing computing* e *data visualization* (Bonchi e Pecori, 2004). Il *data mining*, nucleo del KDD, è un processo essenziale in cui vengono implementati metodi intelligenti per estrarre modelli di dati; comprende una classe di applicazioni di database che cerca modelli nascosti in un gruppo di dati che possono essere utilizzati per prevedere comportamenti futuri.

Il *machine learning* (ML) è un campo dell'intelligenza artificiale (AI) che riguarda lo sviluppo di tecniche che consentono ai computer di "imparare" senza essere esplicitamente programmati. Si tratta di addestrare algoritmi su insiemi di dati per sviluppare modelli in grado di eseguire compiti come il riconoscimento di immagini, l'elaborazione del linguaggio naturale e l'analisi predittiva. L'apprendimento automatico si sovrappone fortemente alla statistica, poiché entrambi i campi studiano l'analisi dei dati, ma a differenza della statistica si occupa della complessità algoritmica delle implementazioni computazionali (Kanewski e Maignan, 2006).

Le reti neurali artificiali, gli alberi decisionali, gli algoritmi genetici e le reti bayesiane sono alcuni dei più potenti e noti argomenti di *machine learning*. Nella pianificazione urbana, il *machine learning* può essere un potente strumento per aumentare le capacità e le potenzialità

dei sistemi di supporto alle decisioni territoriali. Partendo dall'ipotesi che la conoscenza esperta umana si basa sull'applicazione di criteri decisionali a un determinato dominio, i sistemi di ML possono essere costruiti con la peculiarità di imparare a identificare questi criteri, con un accesso sufficiente alle fonti di informazione specifiche del dominio (Oh *et al*., 2006; Peng e Gero, 2006).

Un sistema esperto utilizza l'intelligenza artificiale per simulare il giudizio e il comportamento di un esperto umano in un determinato campo. Questi sistemi sono progettati per risolvere problemi complessi imitando le capacità decisionali degli esperti, in genere in ambiti specializzati. Quasi tutti i sistemi si basano su tre componenti fondamentali: la base di conoscenza che raccoglie tutte le informazioni relative al dominio, inclusi fatti e regole fornite da esperti umani, e la sua qualità incide direttamente sulle prestazioni del sistema; il motore di inferenza che funge da "cervello" del sistema esperto, applicando le regole per interpretare i dati della base di conoscenza e derivare soluzioni o conclusioni; l'interfaccia utente che permette agli utenti di interagire con il sistema, formulare interrogazioni e ricevere risposte in un formato chiaro e comprensibile. L'efficacia complessiva del sistema dipende dall'integrazione armoniosa di questi elementi.

Nella pianificazione urbana e territoriale, l'obiettivo finale dei sistemi di modellazione e simulazione spaziale è quello di aprire nuove finestre di conoscenza lavorando sulle relazioni che agiscono nel tempo e nello spazio tra i fenomeni spaziali. Questi modelli possono aiutare i decisori a comprendere meglio le conseguenze delle loro scelte e ad aiutarli nel processo decisionale stesso. La prima generazione di modelli e sistemi era spesso basata su semplici relazioni input-output, deboli in termini di principi comportamentali e scala spaziale. La maggior parte di essi si basava sul presupposto di un'informazione perfetta e completa, per cui l'incertezza veniva raramente affrontata, ma in un contesto territoriale caratterizzato da una crescente incertezza, le previsioni sono inevitabilmente soggette a diverse limitazioni. I metodi geocomputazionali per la pianificazione urbana possono quindi includere approcci innovativi al ragionamento basati sulla tolleranza umana all'incertezza, all'incompletezza, all'imprecisione e alla *fuzziness* nei processi decisionali (Diappi, 2004).

Con lo sviluppo della teoria del caos e dei potenti strumenti offerti dai GIS e dal *soft computing*, i modelli complessi tradizionali sono stati sostituiti da nuovi modelli come gli automi cellulari e i sistemi multi-agente (Batty, 2001; Benenson e Portugali, 1997). Mentre i primi si basano spesso sulla convinzione che regole e principi semplici siano sufficienti a generare modelli complessi emergenti, i secondi si concentrano principalmente sull'analisi delle scelte strategiche degli attori coinvolti in un ambiente urbano. Anche se alcuni sistemi multi-agente si basano ancora su principi semplici e basati su dati primari, altri cercano di indagare a fondo le basi comportamentali dei modelli (van Leeuwen e Timmersmans, 2006; Petri *et al.*, 2008). Un elemento importante su cui si deve concentrare l'analisi della modellazione urbana è l'identificazione delle regole: ci riferiamo a strumenti di simulazione spaziale che, basandosi sulla definizione degli elementi del sistema territoriale (agenti, sub-aree, ecc.) e dell'ambiente che li avvolge, permettono di simulare le relazioni tra gli elementi e tra gli elementi e il loro ambiente (Lombardo e Petri, 2008).

Andando nel dettaglio, gli automi cellulari sono modelli matematici utilizzati per simulare sistemi complessi utilizzando unità di calcolo semplici e discrete chiamate "celle". Ogni cella opera in base a regole predefinite e interagisce con le celle vicine in una struttura a griglia. Gli automi cellulari sono costituiti da una griglia di celle che si evolvono in passi temporali discreti in base agli stati delle celle vicine. Ogni cella può trovarsi in uno di un numero finito di stati. Lo stato cambia secondo regole predefinite che dipendono dallo stato corrente e da quelli dei suoi vicini. Tutte le celle si aggiornano simultaneamente secondo lo stesso insieme di regole, consentendo un'elaborazione parallela. Un modello di simulazione multi-agente è un modello computazionale utilizzato per studiare sistemi complessi simulando le interazioni di più entità autonome, note come agenti. Questi modelli sono particolarmente utili per comprendere i comportamenti emergenti che derivano dalle interazioni dei singoli componenti in sistemi come le reti sociali, il flusso del traffico o gli ecosistemi biologici. I sistemi si basano su quattro componenti fondamentali che operano in sinergia. Gli agenti rappresentano le unità base di un sistema multiagente e possono assumere diverse forme, dagli individui alle organizzazioni, fino ai veicoli nelle simulazioni di traffico. L'ambiente costituisce lo spazio in cui

questi agenti interagiscono, includendo sia vincoli fisici sia aspetti normativi e sociali che regolano il loro comportamento. Ogni agente segue un insieme di regole e comportamenti che determinano le sue azioni in base alle condizioni ambientali e alle interazioni con gli altri agenti. Infine, la comunicazione e l'interazione tra agenti avviene attraverso protocolli predefiniti, che consentono loro di coordinare le azioni e condividere informazioni in modo efficace.

In modo simile a quanto accaduto nei primi anni dell'informazione geografica, anche l'adozione iniziale di questi modelli richiedeva competenze altamente specializzate. Le persone coinvolte dovevano possedere una solida preparazione sia nell'ambito informatico che nell'analisi dei dati, poiché l'utilizzo degli strumenti disponibili non era intuitivo. I software impiegati erano solitamente sviluppati all'interno di centri di ricerca e risultavano complessi da utilizzare, spesso richiedendo la scrittura di codice per poter eseguire le applicazioni desiderate. Inoltre, l'elevata capacità computazionale necessaria imponeva l'uso di hardware potenti e dotati di grande memoria, rendendo questi strumenti accessibili solo a pochi esperti e a istituzioni con risorse adeguate. Oggi, il panorama è profondamente cambiato. Grazie ai progressi nell'intelligenza artificiale, nel *cloud computing* e nella diffusione di strumenti open-source, chiunque, anche senza competenze avanzate, può accedere a potenti algoritmi per l'analisi dei dati. Molti di questi strumenti, spesso simili a quelli utilizzati in passato, sono disponibili online sotto forma di librerie o piattaforme interattive, semplificando notevolmente il loro impiego. Inoltre, non è più necessario disporre di computer con grandi capacità di calcolo, poiché anche un semplice portatile di fascia bassa è in grado di eseguire analisi che un tempo richiedevano risorse hardware avanzate. Questo cambiamento ha reso le tecnologie di analisi dei dati molto più democratiche e accessibili, favorendo la diffusione delle competenze e l'adozione di modelli avanzati in una vasta gamma di settori.

Così come la "wikificazione" dell'informazione geografica ha reso accessibile a chiunque la creazione, la modifica e la condivisione di dati geospaziali, abbattendo le barriere che un tempo limitavano questa attività a esperti e istituzioni governative, oggi assistiamo a un fenomeno analogo con l'intelligenza artificiale. In analogia con quanto accaduto circa venti anni fa nell'informazione geografica, l'AI sta vivendo un processo di "massificazione", in cui strumenti e modelli avanzati, un

tempo riservati a ricercatori e specialisti con elevate competenze tecniche, sono ora alla portata di un pubblico sempre più ampio. Questa democratizzazione dell'AI è resa possibile dalla diffusione di piattaforme intuitive che consentono anche a persone prive di una formazione specifica in *machine learning* o programmazione di sfruttare il potenziale dell'intelligenza artificiale per attività quotidiane e professionali. Così come chiunque può oggi contribuire a una mappa digitale tramite OpenStreetMap o Google Maps, qualunque persona può generare testi, immagini, musica e persino codice con pochi clic, grazie a strumenti come ChatGPT, Gemini, Perplexity, Claude, DeepSeek, Mistral o altre soluzioni basate su AI generativa. Questa trasformazione ha un impatto profondo su numerosi settori, dall'educazione alla sanità, dall'industria alla creatività digitale, e sta ridefinendo il rapporto tra esseri umani e tecnologia. Tuttavia, così come accadde con la geoinformazione collaborativa, questa massificazione solleva anche nuove sfide, tra cui la gestione della qualità dei dati, l'etica nell'uso dell'AI e il rischio di disinformazione. L'evoluzione dell'AI sta quindi seguendo un percorso simile a quello dell'informazione geografica, passando da una fase elitaria e specialistica a un'adozione diffusa e partecipativa su scala globale. La "massificazione" dell'intelligenza artificiale si riferisce, quindi, alla rapida e diffusa adozione di tecnologie di AI in vari settori, trasformando significativamente industrie, istruzione e interazioni sociali. Questa era è caratterizzata dalla proliferazione di strumenti e applicazioni di AI, guidata dai progressi nell'apprendimento automatico, nell'analisi dei dati e nella potenza di calcolo. L'intelligenza artificiale generativa è un sottoinsieme dell'intelligenza artificiale che si concentra sulla creazione di nuovi contenuti, come testo, immagini, video o audio, sulla base di richieste di input. Utilizza modelli di apprendimento automatico sofisticati per identificare modelli in grandi insiemi di dati e generare risultati originali. I modelli di intelligenza artificiale generativa sono in genere addestrati con metodi di apprendimento non supervisionati o semi-supervisionati su serie massicce di dati. Gli utenti forniscono input per guidare il processo di generazione. Il modello produce quindi un output basato su modelli appresi dai dati di addestramento. L'avvento delle tecnologie di intelligenza artificiale generativa ha permesso alle macchine di creare e modificare contenuti in modo autonomo. Mentre questo ha aperto nuove possibilità di creatività ed

efficienza, ha anche sollevato preoccupazioni riguardo alle implicazioni etiche e alle conseguenze indesiderate.

Altro sviluppo interessante è la creazione di codice di programmazione tramite *chatbot* che è diventata sempre più popolare grazie ai progressi dell'intelligenza artificiale e dell'apprendimento automatico. Questi strumenti dotati di intelligenza artificiale assistono gli sviluppatori generando frammenti di codice, fornendo suggerimenti in tempo reale e spiegando concetti di codifica complessi. I *chatbot* per la programmazione si basano su modelli di *machine learning* addestrati su vasti dataset di codice open-source e documentazione tecnica. Quando un utente pone una domanda o richiede un pezzo di codice, il *chatbot* analizza il contenuto per identificare il linguaggio di programmazione e il contesto in cui deve operare. Successivamente, genera un codice ottimizzato, sfruttando *pattern* consolidati e *best practices* per garantire efficienza e correttezza. Inoltre, fornisce spiegazioni dettagliate, suggerendo possibili correzioni o alternative per migliorare il risultato. Infine, interagisce in modo dinamico con l'utente, consentendo modifiche al codice sulla base di nuovi input e affinando progressivamente la soluzione.

Stiamo vivendo un'epoca di straordinaria accelerazione nel settore dell'intelligenza artificiale, in cui ogni settimana emergono nuove innovazioni, strumenti e modelli sempre più avanzati. Come osservava Negroponte già nel 1995, non è necessariamente la singola innovazione a risultare sorprendente dal punto di vista tecnologico, anche se qualche volta lo è, ma piuttosto la rapidità con cui queste tecnologie vengono sviluppate, migliorate e integrate nella nostra quotidianità. L'AI, un tempo dominio esclusivo di laboratori di ricerca e aziende altamente specializzate, oggi evolve a una velocità tale da rendere immediatamente obsoleti strumenti e metodologie che solo pochi mesi prima sembravano all'avanguardia. Questo ritmo frenetico è alimentato dalla convergenza di diversi fattori, quali l'aumento esponenziale della potenza di calcolo, la disponibilità di enormi quantità di dati, lo sviluppo di algoritmi sempre più sofisticati e la crescente accessibilità di strumenti AI anche per utenti non esperti. Di conseguenza, stiamo assistendo a un cambiamento senza precedenti nel modo in cui l'intelligenza artificiale viene percepita e adottata. Un tempo considerata una tecnologia di nicchia, oggi è sempre più integrata in applicazioni di uso comune, dal riconoscimento vocale alla generazione automatica di contenuti,

fino all'ottimizzazione di processi aziendali e alla personalizzazione delle esperienze digitali. Questo processo di "massificazione" dell'AI sta ridisegnando il panorama tecnologico e industriale, creando nuove opportunità, ma anche sfide legate all'etica, alla regolamentazione e all'impatto sul mondo del lavoro. In questo contesto, la vera rivoluzione non risiede solo nelle capacità tecniche delle nuove AI, ma nella loro diffusione su larga scala e nella velocità con cui stanno trasformando il nostro modo di lavorare, comunicare e interagire con il mondo digitale.

7. Considerazioni finali

Questo contributo ha inizialmente evidenziato la cronica carenza di dati geografici che ha caratterizzato a lungo il settore. In passato, ingenti risorse venivano investite nell'acquisto di hardware, software e nella formazione degli utenti, ma spesso ci si trovava di fronte a sistemi potenti ma privi di contenuti, vere e proprie "scatole vuote" a causa della mancanza di dati. Oggi, la situazione si è completamente ribaltata. La disponibilità di dati e informazioni geografiche è aumentata in modo esponenziale, parallelamente alla crescente capacità degli utenti di operare con strumenti informatici. Le infrastrutture di dati territoriali e il fenomeno del *Volunteered Geographical Information* (VGI), insieme a piattaforme globali come Google Maps, Bing Maps e OpenStreetMap, si espandono costantemente, offrendo a un numero sempre maggiore di utenti la possibilità di accedere e contribuire alla produzione di dati geografici. Tuttavia, questa crescita massiccia di dati e strumenti non è stata accompagnata da un equivalente sviluppo delle competenze analitiche necessarie per supportare le decisioni territoriali. Se da un lato i dati abbondano, dall'altro l'analisi geografica, le tecniche analitiche spaziali e i metodi di modellazione rimangono essenziali per trasformare questa mole di informazioni in conoscenza utile per il processo decisionale a tutti i livelli, dalla pianificazione urbana alla gestione delle risorse naturali. Questo scenario offre un'opportunità senza precedenti: vecchie questioni geografiche possono ora essere affrontate con strumenti e metodologie più avanzate, mentre emergono nuove sfide che spingono i ricercatori a sviluppare soluzioni innovative. L'ampia disponibilità di dati ha inoltre favorito la diffusione su larga

scala di tecniche di modellazione geocomputazionale e intelligenza artificiale, che oggi rivestono un ruolo chiave nell'analisi spaziale e nella gestione delle informazioni territoriali. Stiamo assistendo a una vera e propria esplosione di applicazioni e strumenti basati sull'AI, grazie alla sua crescente accessibilità e alla sua capacità di elaborare e interpretare grandi quantità di dati in tempi sempre più rapidi. Questa "massificazione" dell'intelligenza artificiale sta ridefinendo il modo in cui vengono affrontate le sfide della geografia e della pianificazione territoriale, aprendo nuove prospettive e trasformando profondamente il settore.

Di fronte alla crescente proliferazione di algoritmi disponibili online, è più che mai essenziale ribadire la considerazione espressa da David Unwin nel 2005: gli utenti non dovrebbero limitarsi a imparare quali pulsanti premere per eseguire un'analisi, ma dovrebbero sviluppare una comprensione più profonda del funzionamento degli strumenti che utilizzano. L'uso consapevole degli algoritmi non può prescindere da una solida conoscenza dei modelli sottostanti, dei principi teorici che li guidano e delle implicazioni che le loro elaborazioni possono avere sulla realtà che rappresentano.

Oggi, grazie alla "massificazione" delle tecnologie e alla diffusione di strumenti di intelligenza artificiale, chiunque può accedere a piattaforme avanzate per l'analisi e la modellazione dei dati geografici, senza necessariamente possedere competenze specialistiche. Tuttavia, questa accessibilità ha anche un lato critico: l'illusione della semplicità può portare a un uso superficiale e a interpretazioni errate dei risultati. Senza una conoscenza adeguata, il rischio è quello di applicare algoritmi in modo meccanico, senza interrogarsi sulla loro validità nel contesto specifico, né sulle possibili distorsioni introdotte dal modello scelto. Per evitare questi pericoli, è necessario un cambiamento di mentalità che ponga al centro non solo l'uso degli strumenti, ma la comprensione critica dei dati, dei metodi e dei risultati. Questo significa che chi lavora con l'intelligenza artificiale e con i sistemi di analisi geografica deve sviluppare competenze trasversali, che spaziano dalla conoscenza matematica e statistica alla consapevolezza dei limiti e delle potenzialità degli algoritmi. Non si tratta più solo di "sapere quale bottone premere", ma di interpretare i risultati in modo consapevole e contestualizzato, valutando la qualità delle fonti, comprendendo gli errori e le incertezze insiti nei modelli e utilizzando i dati in modo responsabile per

supportare decisioni informate. In un'epoca in cui le decisioni basate sui dati hanno un impatto sempre più significativo in svariati settori – dalla pianificazione urbana alla gestione delle emergenze, dalla tutela ambientale alla governance pubblica – questa consapevolezza diventa ancora più cruciale. Il rischio di affidarsi ciecamente agli strumenti digitali senza una comprensione critica può portare a decisioni distorte o errate. Per questo motivo, l'alfabetizzazione digitale e computazionale deve diventare una priorità per chiunque operi nel campo dell'analisi territoriale e dei sistemi di supporto alle decisioni, al fine di garantire un uso etico e scientificamente solido delle tecnologie disponibili.

In molti casi, è facile imbattersi in curriculum che vantano ampie esperienze nell'utilizzo di tecniche avanzate come il *machine learning* e altri algoritmi di intelligenza artificiale. Tuttavia, spesso, quando queste dichiarazioni vengono approfondite in un colloquio, emerge una realtà completamente diversa. Non è raro, infatti, scoprire che chi afferma di avere esperienza in questi campi possiede, in realtà, una conoscenza superficiale o addirittura assente delle basi fondamentali dell'analisi dei dati.

Questa discrepanza evidenzia una problematica crescente, legata non tanto alla falsa dichiarazione di competenze, ma piuttosto alla mancanza di una solida comprensione teorica e pratica che deve essere alla base di qualsiasi approccio avanzato all'analisi dei dati. Il *machine learning* e l'intelligenza artificiale, seppur strumenti potenti, non possono essere utilizzati correttamente senza una buona padronanza dei concetti chiave dell'analisi dei dati, come la preparazione dei dati, la selezione delle variabili, la valutazione delle performance del modello e la gestione delle incertezze.

Spesso chi si avvicina a queste tecnologie in modo puramente pratico, limitandosi a utilizzare software e librerie preconfigurate senza una conoscenza approfondita dei fondamenti matematici e statistici, rischia di non comprendere appieno le implicazioni delle scelte fatte durante l'analisi o la modellizzazione. La mancanza di consapevolezza riguardo alla qualità dei dati, ai bias nei modelli, alla gestione delle anomalie e alla validazione dei risultati può compromettere seriamente l'affidabilità delle conclusioni tratte e, di conseguenza, le decisioni basate su di esse. In un contesto in cui l'analisi dei dati è sempre più centrale in numerosi settori la capacità di applicare correttamente il *machine learning* e l'AI

deve essere costruita su una solida base di competenze analitiche e critiche. Questo implica una conoscenza adeguata dei metodi di pre-elaborazione dei dati, della comprensione dei modelli statistici, della selezione e ottimizzazione degli algoritmi, e dell'interpretazione accurata dei risultati. Purtroppo, questo tipo di preparazione non può essere acquisita in modo superficiale o semplicemente leggendo un manuale o partecipando a un breve corso. È necessaria un'educazione continua che unisca teoria e pratica, per formare professionisti in grado di comprendere la complessità e le sfide che si nascondono dietro i modelli predittivi e le tecniche avanzate di intelligenza artificiale. La vera competenza in AI non risiede nel saper usare uno strumento, ma nel comprendere quando e come utilizzare quell'algoritmo in modo efficace e responsabile, con un occhio critico verso i dati e il loro impatto sulle decisioni future.

Riferimenti bibliografici

Arentze, T. and Borger, A. (1996), *Design of a view-based DSS for location planning*, in «Int. J. of Geogr. Inf. Sci», X, pp. 219-236.

Bana Costa, C. (1990), *Readings in multiple criteria decision aid*, Springer, Berlin.

Batty, M. (1995), *The computable city*, Fourth International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, Melbourne, Australia, July 11th-14th, 1995.

Batty, M. and Doyle, S. (1998), *Virtual regeneration*, CASA Working Papers n. 6, Centre for Advanced Spatial Analysis (UCL), London.

Batty, M., Dodge, M., Jiang, B. and Hudson-Smith, A. (1998), *GIS and Urban Design*, CASA Working Papers n. 3, Centre for Advanced Spatial Analysis (UCL), London.

Batty, M. (2001), *Cellular dynamics: modelling urban growth as a spatial epidemic*, in Fisher, M.M. e Leung, Y. (eds.) *Geocomputational Modelling: techniques and applications*, Springer, Berlin.

Benson, I. and Portugali, J. (1997), *Agent-based simulation of City Dynamics in a GIS environment*, in Hurtle, S.C. e Frank, A.U. (eds.), *Spatial Information Theory: a theoretical basis for GIS*, Springer, Berlin.

Bergner, B.S., Exner, J.P., Memmel, M., Raslan, R., Dina Taha, D., Talal, M. and Zeile, P. (2013), *Human sensory assessment methods in urban planning – a case study in Alexandria*, in «Proceedings REAL CORP 2013, 20-23 May, Rome (Italy)», pp. 407-417.

Bonchi, F., Lombardo, S., Pecori, S. and Santucci, A. (2004), *Learning about land use change in Rome and in Pisa urban areas*, in Diappi, L. (2004, ed.), pp. 103-120.

Bonchi, F. and Pecori, S. (2004), *Knowledge discovery and data mining to investigate urban and territorial evolution: tools and methodologies*, in Diappi, L. (2004, ed.), pp. 85-102.

Couclelis, H. (1998), *Geocomputation in context*, in Longley, P.A., Brooks, S.M., McDonnell, R. and Macmillan, B. (1998, eds.), *Geocomputation: a primer*, John Wiley & Sons, Chichester.

Diappi, L. (2004, ed.), *Evolving cities: geocomputation in territorial planning*, Routledge, London.

Ehlen, J., Caldwell, D.R. and Harding, S. (2002), *GeoComputation: what is it?*, in «Comput. Environ. and Urban. Syst.», 26, pp. 257-265.

Faludi, A. (1987), *A decision centered view of planning*, Pion, London.

Fotheringham, S., Clarke, G. and Abrahart, B. (1997), *Geocomputation and GIS*, in «Transactions in GIS» 2, pp. 199-200.

Franklin, C. (1992), *An introduction to geographic information systems: linking maps to databases*, in «Database», 15, pp. 13-21.

Gahegan, M. (2001), *What is geocomputation?*, in «Transaction in GIS», 3, pp. 203-206.

Goodchild, M.F. (2007), *Citizens as sensors: the world of volunteered geography*, in «GeoJournal», 69, 4, pp. 211-221, doi: 10.1007/s10708-007-9111-y.

Greenfield, A. (2006), *Everyware: the dawning age of ubiquitous computing*, New Riders, Berkeley (CA).

Greenfield, A. and Shepard, M. (2007), *Urban Computing and Its Discontents*, The Architectural League, New York.

Haggett, P. (1999), *Geography a global synthesis*, Prentice-Hall, New York.

Hudson-Smith, A., Dodge, M. and Doyle, S. (1998), *Visual communication*, in «Urban Planning & Urban Design. GIS and Urban Design», CASA Working Papers n. 2, Centre for Advanced Spatial Analysis (UCL), London.

Hudson-Smith, A., Milton, R., Dearden, J. and Batty, M. (2007), *Virtual cities: digital mirrors into a recursive world*, CASA Working Papers n. 125, Centre for Advanced Spatial Analysis (UCL), London.

Jang, M. and Suh, S. (2010), *U-City: new trends of urban planning in Korea based on pervasive and ubiquitous geotechnology and geoinformation*, in Taniar, D., Gervasi, O., Murgante, B., Pardede, E. e Apduhan, B. (2010, ed.), *Lecture Notes in Computer Science*, 6016, Springer: Heidelberg, Germany, pp. 262-270.

Jones, K. (2000), *Technology for democracy? Using the internet to increase participation in the physical planning process in Norway*, in «Proceedings of 22nd Urban Data Management Symposium», Delft, Netherlands 11-15 September.

Kanevski, M. and Maignan, M. (2006), *Analysis and modeling of spatial environmental data*, EPFL press, Lausanne.

Lapucci, A., Lombardo, S., Petri, M. and Santucci, A. (2005), *A KDD based multicriteria decision making model for fire risk evaluation*, in «Proceedings of 8th AGILE 2005 Conference on GIScience», Estoril, Portugal.

Lee, B.G., Kim, Y.J., Kim, T.H. and Yean, H.Y. (2005), *Building information strategy planning for telematics services*, in «KMIS International Conference», 24-26 November 2005, Jeju Island, Korea.

Lee, S.H., Han, J.H., Leem, Y.T. and Yigitcanlar, T. (2008), *Towards ubiquitous city: concept, planning, and experiences in the Republic of Korea*, in Yigitcanlar, T., Velibeyoglu, K. and Baum, S. (2008, ed.), *Knowledge-based urban development: planning and applications in the information era*, Hershey, PA, pp. 148-170, doi: 10.4018/978-1-59904-720-1.ch009.

Levy, R.M. (1995), *Visualisation of urban alternatives*, in «Environment and Planning B: Planning and Design», 22, pp. 343-358.

Lombardo, S. and Petri, M. (2008), *The simulation of spatial change: what relation between knowledge and modelling? A proposal and its application*, in Albeverio, S., Andrey, D., Giordano, P. and Vancheri, A. (2008, ed.), *The Dynamics of Complex Urban Systems. An Interdisciplinary Approach*, Physica-Verlag, Heidelberg.

Longley, P.A. (1998), *Foundations*, in Longley, P.A., Brooks, S.M., McDonnell, R., Macmillan, B. (1998, ed.), pp. 3-15.

Kitsuregawa, M. (2007), *Cyber infrastructure for the information-explosion era*, in «Journal of Japanese Society for Artificial Intelligence», 22, 2, pp. 209-214.

Maguire, D.J., Goodchild, M.F. and Rhind, D.W. (1999, ed.), *Geographical information systems: principles and application*s, Longman Scientific and Technical, Harlow.

Malczewski, J. (1999), *GIS and multicriteria decision analysis*, John Wiley & Sons, New York.

Malczewski, J. (2006), *GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature*, in «International Journal of Geographical Information Science», 20, 7, pp. 703-726, https://doi.org/10.1080/13658810600661508.

Manfredini, F., Pucci, P. and Tagliolato, P. (2013), *Mobile phone network data: new sources for urban studies?*, in Borruso, G., Bertazzon, S., Favretto, A., Murgante, B. and Torre, C. (2013, ed.), *Geographic information analysis for sustainable development and economic planning: new technologies*, Hershey, PA, pp. 115-128, doi: 10.4018/978-1-4666-1924-1.ch008.

Murgante, B., Borruso, G. and Lapucci, A. (2009), *Geocomputation and urban planning*, in Murgante, B., Borruso, G. and Lapucci, A. (2009, eds.), *Geocomputation and urban planning*, Springer-Verlag, Berlin, pp. 1-17, doi: 10.1007/978-3-540-89930-3.

McHarg, I. (1969), *Design with nature*, John Wiley & Sons, New Jersey.

Negroponte, N. (1995), *Being digital*, Alfred A. Knopf, New York.

Oh, J., Hwang, J.E., Stephen, F.S. and Koile, K. (2006), *Learning from main streets*, in van Leeuwen, J.P. and Timmermans, H.J.P. (2006, eds.), *Innovation in design and decision support systems in Architecture and Urban Planning*, Springer, Dordrecht.

Openshaw, S. (1998), *Building automated geographical analysis and explanation machines*, in Longley, P.A., Brooks, S.M., McDonnell, R. and Macmillan, B. (1998, eds.), pp. 95-115.

Peng, W. and Gero, J.S. (2006), *Concept formation in design optimization tools*, in van Leeuwen, J.P. and Timmermans, H.J.P. (2006, eds.), *Innovation in design and decision support systems in Architecture and Urban Planning*, Springer, Dordrecht.

Rifkin, J. (2000), *L'era dell'accesso*, Mondadori, Milano.

Roy, B. (1979), *De-quelle decision s'agit-il, qui aider et comment?*, Document du LAMSADE N. 4, Université Paris-Dauphine, Paris.

Roy, B. (1985), *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*, Économica, Paris.

Smith, A. (1998), *Virtual cities – towards the metaverse, Virtual Cities Resource Centre*, http://www.casa.ucl.ac.uk/planning/virtualcities.html.

Sui, D.S. (2008), *The wikification of GIS and its consequences: or Angelina Jolie's new tattoo and the future of GIS*, in «Computers, Environment and Urban Systems», 32 (1), https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2007.12.001.

Unwin, D.J. (2005), *Fiddling on a different planet?*, in «Geoforum» 36, pp. 681-684, doi: 10.1016/j.geoforum.2005.04.003.

Roy, B. and Vincke, P. (1981), *Multicriteria Analysis: Survey and New Directions*, in «European Journal of Operational Resarch», Invited Review, 8, 3, pp. 207-218.

Vincke, P. (1992), *Multicriteria Decision Aid*, John Wiley & Sons, Chichester.

Weiser, M. (1993), *Hot Topics: Ubiquitous Computing*, in «IEEE Computer», 26, 10, pp. 71-72.

La cartografia tematica fra passato e presente: alcuni esempi dal patrimonio della Cartoteca dell'Università di Pisa

Paolo Macchia

1. Introduzione

All'interno del convegno *Map Talks*, tenutosi a Pisa il 7 maggio 2024, si è data molta attenzione alla cartografia storica, giustamente considerata come il punto di partenza di tutte le evoluzioni che hanno portato ai grandi progressi contemporanei nel modo di rappresentare il territorio e i fenomeni che su esso si svolgono: tale attenzione è stata motivata anche dalla grande tradizione della Scuola Geografica Pisana nell'ambito della cartografia che, fra i docenti dell'Ateneo cittadino, ha annoverato importanti studiosi di questa branca della conoscenza geografica. La lunga attività pisana negli studi cartografici ha portato, inoltre, alla creazione di un cospicuo patrimonio di materiale di varia natura, oggi facente parte del "Laboratorio GIS e cartografia" del Dipartimento di Civiltà e Forme del Sapere, di cui il sottoscritto è responsabile scientifico.

Il presente contributo, quindi, è stato pensato con il duplice scopo da un lato di far conoscere e valorizzare il patrimonio cartografico posseduto dall'Università di Pisa e dall'altro di stimolare la riflessione sull'importanza e la ricchezza della cartografia tematica storica, la quale, lungi da essere una mera testimonianza del passato, denota grande attualità, ponendosi come modello e – se vogliamo – guida per gli sviluppi presenti e futuri della moderna scienza cartografica.

La grande ricchezza del materiale custodito nella cartoteca, accumulato dalle generazioni di geografi che si sono succeduti nell'Ateneo pisano, testimonia l'importanza che lo strumento cartografico ha rivestito e riveste sia nella ricerca che nell'insegnamento della geografia, ricordando che esso ha radici antiche e ben anteriori alla nascita delle

moderne tecnologie digitali che – talora – lo fanno apparire molto semplice, e in certi casi, banale.

L'osservazione – ma sarebbe meglio dire la scoperta – delle realizzazioni cartografiche del passato più o meno lontano evidenziano innanzitutto la grande erudizione dei cartografi sia sul versante delle conoscenze geografiche che in merito alle tecniche di costruzione delle rappresentazioni, ricordando ai cartografi digitali contemporanei la complessità dello strumento cartografico e la necessità inderogabile di un profondo retroterra conoscitivo senza il quale si rischia di realizzare un prodotto magari di forte effetto grafico ma superficiale se non addirittura scorretto.

Nel nostro contributo, così, osserveremo alcuni esempi reperiti nel patrimonio della cartoteca per sottolineare appunto la complessità e anche la bellezza di questo portentoso strumento conoscitivo.

La collezione cartografica pisana nasce con la creazione dell'Istituto di Geografia nell'anno accademico 1899-1900 (Da Pozzo, 2012) e attualmente comprende innanzitutto la raccolta, pressoché completa e continuamente aggiornata, delle carte topografiche a varia scala pubblicate dall'Istituto Geografico Militare nel corso delle varie campagne di rilevamento dall'Unità d'Italia a oggi. Oltre a una serie di carte risalenti al periodo preunitario e a moltissime carte tematiche (turistiche, stradali, geologiche, lunari, ecc.), straniere (inglesi, francesi, tedesche e di molti paesi dell'Europa orientale) nonché a un cospicuo patrimonio fotografico a tutt'oggi in fase di ricognizione, particolarmente preziosa è la presenza di circa 300 atlanti geografici, prevalentemente otto-novecenteschi, alcuni dei quali sono gli unici esemplari custoditi in tutta Italia e che in questi mesi sono oggetto di catalogazione da parte del servizio bibliotecario dell'Ateneo.

2. La cartografia classica: alcune considerazioni

Con queste premesse, il nostro contributo mostrerà alcuni esempi di cartografia tematica che abbiamo scovato in cartoteca e in particolare negli atlanti in essa custoditi. Dall'analisi di queste carte del passato proporremo alcune osservazioni generali sullo strumento cartografico, utili a comprenderne le enormi potenzialità espressive, ma anche le molte criticità che il suo utilizzo porta con sé.

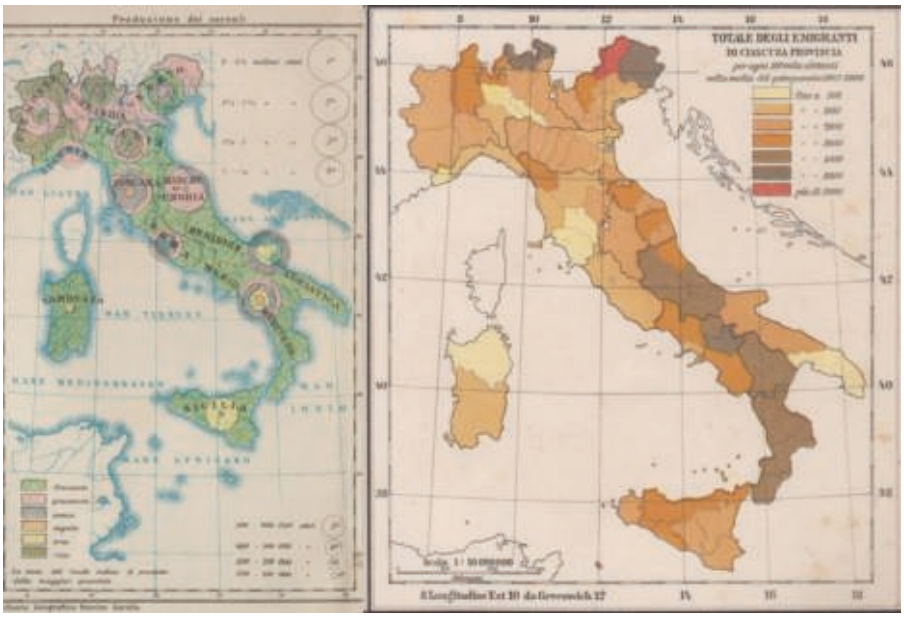


Figura 1 – A sinistra, *Produzione dei cereali*; a destra, *Totale degli emigranti di ciascuna provincia.* Fonte: Garollo (1890) e Assereto (1908).

La prima osservazione che nasce spontanea osservando le carte tematiche del passato è che esse, dato che rappresentano fenomeni presenti sulla superficie terrestre, mostrano un'immagine istantanea del mondo, fissandone le caratteristiche di un dato tempo. Possiamo quindi affermare che la carta tematica nasce dal mondo, cogliendo quelle che sono le caratteristiche del momento e sottolineandone gli aspetti significativi e avvertiti come importanti in quella precisa epoca.

In figura 1, ad esempio, vediamo due cartogrammi a mosaico riferiti ad aspetti molto studiati al tempo della loro costruzione, che risale ai decenni a cavallo fra '800 e '900: a sinistra, la produzione di cereali che, con dovizia di particolari, specifica la quantità delle varie specie raccolte; si tratta di un cartogramma complesso ma al contempo chiaro, che fornisce indicazioni sia qualitative (quale cereale era coltivato in prevalenza nelle varie aree del paese) che quantitative, con il totale in ettolitri della produzione di ogni singolo cereale, queste ultime rappresentate attraverso diagrammi areali. L'attenzione particolare data a questo tema ci ricorda, quindi, l'enorme importanza che l'agricoltura

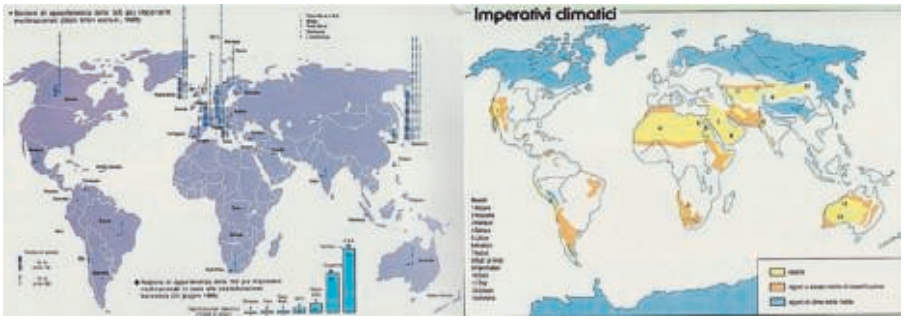


Figura 2 – A sinistra, *Nazioni di appartenenza delle 500 più importanti multinazionali (Stati Uniti esclusi, 1985)*; a destra, *Imperativi climatici*. Fonte: Serryn (1988).

(e la cerealicoltura in particolare) rivestiva nell'economia italiana del tempo, ancora lontana dai primi significativi sviluppi industriali.

Un altro aspetto che ritorna frequentemente nella cartografia di questo periodo è l'emigrazione verso l'estero: in figura 1 a destra, vediamo un cartogramma a mosaico che riporta il tasso di emigrazione verso l'estero da ciascuna provincia calcolato ogni 100.000 abitanti; esso si riferisce al quinquennio 1902-1906, che sappiamo essere uno dei periodi in cui i flussi di italiani verso l'estero furono più massicci: effettivamente, dall'osservazione della carta emergono con chiarezza i fortissimi movimenti di emigrazione in essere dalle aree più povere d'Italia, il Mezzogiorno in particolare, ma anche alcune zone marginali della montagna del nord (Veneto, Friuli, Valtellina) e del centro (la montagna apuana).

Questi sono solo due dei numerosi esempi che potremmo portare dei temi trattati più frequentemente dalla cartografia tematica di quel periodo, argomenti che sono pressoché scomparsi dagli atlanti contemporanei o comunque relegati in posizioni secondarie davanti ai nuovi motivi emergenti. Risulta, quindi, evidente che gli interessi della cartografia tematica appaiono e scompaiono a seconda delle congiunture storiche e della connessa attenzione verso gli aspetti economici, politici e sociali più salienti del momento: così, nella cartografia contemporanea non c'è più interesse per molti temi attenzionati in passato mentre emergono altri aspetti degni di essere osservati. In figura 2, vediamo come un atlante della fine del secolo scorso riporti carte dedicate alle nuove emergenze geografiche che in quegli anni iniziavano a diventare prioritarie, non so-

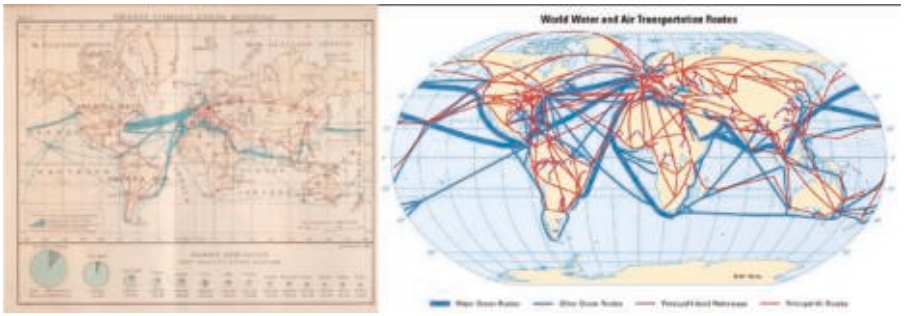


Figura 3 – A sinistra, *Grandi comunicazioni mondiali*; a destra, *World Water and Air Transportation Routes*. Fonte: Atlante Geografico Vallardi (1932) e Encyclopædia Britannica (2016).

lo a livello scientifico, ma anche fra gli interessi e le preoccupazioni della società italiana e occidentale: il crescente peso delle multinazionali nel panorama economico di un mondo in fase di veloce globalizzazione e la questione dell'inquinamento e delle emergenze climatiche.

Ma la cartografia tematica permette anche una visione diacronica sull'evoluzione dei singoli fenomeni: seguendo le rappresentazioni di un tema nelle carte di epoche diverse, possiamo coglierne agevolmente le evoluzioni non solo qualitative, ma anche qualitative: in figura 3, così, vediamo due carte simili che rappresentano, con la stessa tecnica del cartogramma a nastro, l'articolazione delle principali rotte mondiali aeree e marittime, l'una tratta da un atlante italiano del 1932, l'altra pubblicata nella sezione dell'Enciclopedia Britannica dedicata ai bambini e riferita al 2011. È possibile, attraverso il confronto fra le due carte, avere un'idea dei cambiamenti intercorsi nei circa 80 anni che separano le due immagini: anche se nella carta più recente il fenomeno è apprezzabile solamente nei suoi aspetti qualitativi (a differenza della carta più antica, nella quale i vari "nastri" permettono anche un calcolo dell'entità dei traffici, grazie soprattutto alla presenza di una legenda chiara ed esauriente), emergono immediatamente a colpo d'occhio almeno due aspetti significativi, da una parte il grande sviluppo che ha avuto il traffico aereo, all'epoca della prima carta ancora in fase pionieristica, dall'altra il fatto che sostanzialmente non sembra sia cambiato moltissimo nella rete e nella gerarchia della geografia delle comunicazioni mondiali dato che, nonostante il rafforzamento di certi percorsi

(principalmente quelli incentrati sull'Asia Orientale), i principali attori rimangono gli stessi così come le aree all'epoca escluse non sembrano essersi inserite nettamente nella rete dei grandi scambi.

Già l'osservazione di questi pochi esempi ci porta a semplici considerazioni su alcuni aspetti e – se vogliamo – sulla natura stessa della cartografia tematica: per quanto è indubbio che la rappresentazione grafica della realtà (generale, ma anche tematica) appare una costante che attraversa tutte le epoche della storia umana, quasi come un carattere istintuale riconducibile alla curiosità tipica dell'Uomo e alla sua necessità di scoprire, comprendere e organizzare l'ambiente in cui esso vive[1], proprio per il suo riferirsi a fenomeni reali e a precisi momenti storici la carta è fortemente influenzata dal contesto culturale in cui viene ideata e realizzata. Nella percezione di un fenomeno da rappresentare. Nel modo di evidenziarne l'importanza. Nel coinvolgimento del cartografo stesso.

Quest'ultimo aspetto riconduce al ben noto carattere soggettivo della rappresentazione cartografica che, come ogni creazione intellettuale umana, finisce per essere un'espressione personale del suo autore, dipendente dalle sue sensibilità, dai suoi interessi, dalle sue capacità di cogliere i fenomeni e di saperli rappresentare in modo chiaro e corretto (Mazzanti, 2012: 11-21). E, come vedremo, dalla sua visione del mondo. Questo ci riporta al carattere intrinseco di non oggettività di ogni rappresentazione cartografica, tematica e non, sempre e comunque figlia del punto di vista dell'osservatore; a tale proposito è interessante quanto scrive Monmonier (1991: 1), che riflette sul carattere di mendacità intrinseca alla carta geografica, sostenendo che «not only is it easy to lie with maps, it's essential [...] there's no escape from the cartographic paradox: to present a useful and truthful picture, an accurate map must tell white lies».

Se le parole di Monmonier suonano come una provocazione, è comunque indubbio il carattere di non oggettività delle rappresentazioni cartografiche, soprattutto per il loro essere figlie del generale contesto culturale in cui nascono, carattere che le influenza e, per certi versi, le crea in ossequio non solo alle priorità avvertite ma anche agli interessi

[1] «Maps constitute a common language used by men of different races and tongues to express the relationships of their society to a geographic environment» (Freidel 1954: 44-47).

del potere e delle ideologie dominanti. Qui si aprirebbe il vastissimo tema dei complessi rapporti fra cartografia (e geografia) e potere, ambito sul quale molti studiosi hanno scritto ma che in questa sede non possiamo chiaramente approfondire[2]: del resto, questo carattere è da sempre intrinseco alla cartografia, come ci insegnano le molte rappresentazioni assolutamente ideologiche del periodo medievale, allorquando la realtà veniva impunemente piegata a quelli che erano i dettami religiosi del tempo.

3. Le carte, figlie della Cultura

Tralasciando per un momento il tema dei rapporti fra cartografia e potere, vogliamo ricordare il carattere principale da cui discendono tutti gli altri, ovvero la natura essenzialmente culturale della rappresentazione cartografica. Nell'introduzione al suo celebre lavoro del 1972, Thrower afferma che la cartografia è «a sensitive indicator of the changing thought of man and an excellent mirror of culture and civilization» (Thrower, 1972: 1): basta osservare alcune carte prodotte dal paradigma determinista per rendersi conto di ciò, come quelle riportate in figura 4, nelle quali i livelli di sviluppo mondiali (qui, non a caso, chiamati "civilizzazione") sono messi in stretto rapporto con i caratteri climatici delle varie regioni; ma potremmo citare anche le numerose mappe che sottolineano alcune caratteristiche fisiche dei popoli come l'indice cefalico o il più immediato colore della pelle.

Appare quindi corretto l'uso che Thrower fa della parola *mirror* (specchio) riferito alla cartografia: non solo essa segue e rappresenta il mondo, mostrandone mutamenti di assetto e di priorità, ma addirittura lo interpreta e ne propone una visione ragionata, che è figlia del clima culturale storico in cui essa opera. Le carte deterministiche appena menzionate, cioè, vogliono consolidare una lettura dei fatti umani fortemente connessi alle questioni naturali e da esse dipendenti ma, allo

[2] Su tale tema vogliamo citare solo qualche riferimento: a parte il celeberrimo testo di Raffestin (1980), menzioniamo i saggi contenuti in *Geografia senza confini* (1992) mentre, per la parte relativa alla cartografia, ci limitiamo a ricordare due scritti di Boria (2007 e 2012) e il lavoro di Farinelli del 1992.

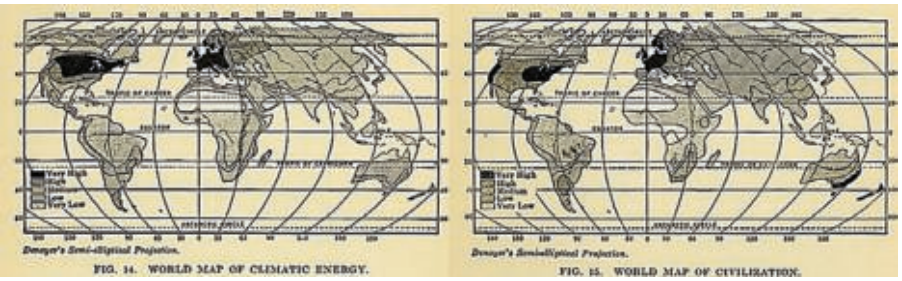


Figura 4 – A sinistra, *World map of climatic energy*; a destra, *World map of civilization*. Fonte: Huntington (1915).

stesso modo, molte rappresentazioni del successivo periodo possibilista pongono l'accento sull'importanza dei processi storici di civilizzazione, quasi sempre interpretati in un'ottica eurocentrica che oggi definiremmo neocolonialista.

La carta, quindi, diventa un manifesto del proprio tempo. Scrive Mazzanti a tal proposito: «se si considera che un qualsiasi elaborato cartografico ha un senso, un'utenza e un'utilità reale soprattutto all'interno del contesto spazio-temporale che l'ha concepito e di cui è espressione, appare evidente come la carta geografica finisce per rappresentare una testimonianza materiale avente valore di civiltà, cioè un autentico bene culturale» (Mazzanti, 2012: 7).

Ma facciamo un passo in avanti. Osservando la cartografia tematica del passato più o meno recente, emerge chiaramente che essa non solo rappresenta il mondo, non solo lo legge e lo interpreta ma addirittura prova a crearlo, seguendo lo sforzo con cui la *Weltanschauung* dominante cerca di plasmare il mondo a sua immagine: si ritorna, quindi, al complesso tema dei rapporti che geografia e cartografia intrattengono col potere e, anche con la sola osservazione di alcuni esempi, è facile rendersi conto di come, molto spesso nella storia, le carte geografiche siano diventate il braccio operativo del potere, una vera e propria arma, largamente usata per dare una visione del mondo non reale ma perseguita. Una complicità che però non è solamente prerogativa della geografia e della cartografia, dato che sempre ampi settori della scienza si sono piegati alle logiche del potere anche in evidente contrasto con la realtà e la corretta interpretazione di essa.

Il particolare successo della cartografia nel supporto al potere risiede, probabilmente, nella sua reputazione di "scienza esatta", che

rappresenta il mondo oggettivamente come creando fotografie o immagini reali, dato che, come sarebbe immediato pensare, essa mostra ciò che è: ma in realtà, proprio per il suo essere una creazione umana e sensibile al clima culturale, questo non può avvenire mai sì che, probabilmente, non sono esagerate le accuse di mendacità di Monmonier che abbiamo visto poco sopra.

La cartografia, quindi, che si propone di creare il mondo, quasi sempre in ossequio a un potere o a un'ideologia, in una sorta di ὕβρις cartografica: sicuramente, il periodo delle grandi ideologie totalitarie novecentesche è quello che meglio si presta a trovare esempi di questo fenomeno e, a questo proposito, facciamo riferimento a un bellissimo atlante tedesco del 1930 custodito in cartoteca.

Si tratta di volume che, anche nella sua veste grafica, evoca l'ascesa del Nazismo in Germania non foss'altro che per le caratteristiche grafiche e cromatiche delle carte in esso contenute, tutte rigidamente in bianco e nero e molto sobrie, arcigne, quasi militaresche: praticamente tutte le rappresentazioni cartografiche contenute nell'atlante pongono l'accento sulla difficile situazione all'epoca vissuta in una Germania percepita dai Tedeschi come umiliata, mutilata e minacciata dopo il Trattato di Versailles del 1919 e rivendicano il diritto della nazione tedesca a iniziare una nuova espansione per riprendersi i territori ad essa sottratti e restaurare la propria dignità calpestata.

Nei tre cartogrammi affiancati riportati in figura 5[3], vediamo come l'atlante si sofferma sull'accerchiamento che la Germania ha progressivamente subìto fin dalla sua indipendenza, con il costante aumento dei paesi a essa ostili (*feindl Staaten*), che hanno in pratica costretto i Tedeschi a iniziare la Prima guerra mondiale.

Ancora più interessante, però, è la carta mostrata in figura 6, che legittima l'espansionismo tedesco grazie all'enorme impatto che la cultura tedesca riveste in Europa: secondo questa visione, ovviamente discutibile sia nelle definizioni stesse che nella rappresentazione, buona parte dell'Europa a est della linea segnata da Reno e arco alpino è in qualche modo plasmata dalla cultura tedesca la quale, nelle sue varie manifestazioni (della lingua, della cultura materiale e via dicendo), ha finito per "creare" l'Europa stessa. E poco conta se nell'area che la carta indica co-

[3] Il titolo della carta è "L'accerchiamento politico contro la Germania".

Figura 5 – *Die Einkreisungpolitik gegen Deutschland*. Fonte: Braun e Ziegfeld (1930).

Figura 6 – *Die deutsche Kultur und ihre Auswirkung*. Fonte: Braun e Ziegfeld (1930).

me a forte influenza culturale tedesca esistono altre consolidate culture nazionali, come quelle slave e, soprattutto, quella russa. Quello che conta è cercare di dimostrare "sul campo" e oggettivamente la propria tesi[4].

[4] Per una migliore comprensione della carta riportiamo le didascalie delle sette tipologie in cui si articola il mosaico cartografico (il cui titolo è "La cultura tedesca e il suo impatto"),

Risulta chiaro il ruolo che la cartografia rivestiva nella possente macchina propagandista della Germania nazionalista, un ruolo di legittimazione scientifica alle rivendicazioni che presto porteranno all'ascesa di Hitler e al disastro del secondo conflitto mondiale: in questo senso, è lecito affermare che anche la cartografia (e di rimando la geografia) si siano comportate al pari delle altre discipline scientifiche che, in molti casi, non solo appoggiarono l'ideologia nazista, ma cercarono anche di darle appunto una legittimazione oggettiva, puntando alla conclusione che era l'ordine naturale delle cose a richiedere e giustificare le scelte che causeranno le immani tragedie di pochi anni dopo. Sono tristemente note le posizioni pseudo-scientifiche con cui molte discipline (dalla medicina alla biologia per non citarne altre) contribuirono alla realizzazione del progetto nazista, a partire dalla questione eugenetica alla base della *Shoah* e dello sterminio delle minoranze considerate inferiori. E la geografia, con la cartografia, furono un supporto importantissimo, dato che da un lato avvalorarono queste teorie attraverso studi ed analisi e dall'altro sintetizzarono graficamente i progressi dell'azione nazista in modo crudamente chiaro e comprensibile[5].

Questi esempi mostrano al livello più tragico la pesante influenza che il clima culturale di una data epoca manifesta sulla cartografia e sulle sue realizzazioni: ma non dobbiamo credere che tale problema sia stato superato con la fine delle grandi ideologie totalitarie[6] e con la costruzione di un mondo globalizzato e connesso nel quale, apparentemente, grazie alla circolazione planetaria dell'informazione, tutto è accessibile, trasparente, immediatamente verificabile.

numerate dall'alto in basso: 1) Suolo popolare tedesco rimasto nella sua statualità e nella sua espansione di ieri. 2) Aree di confine del territorio del popolo tedesco costrette sotto la sovranità straniera. 3) Il suolo culturale tedesco all'estero e i suoi esiti culturali. 4) Territori che sono stati sotto amministrazione tedesca per 100 anni e hanno ottenuto lo status di stato sovrano. 5) Principali aree di distribuzione della cultura contadina tedesca. 6) Ambito del tedesco come lingua franca in oriente. 7) Svizzera tedesca, Lussemburgo e lingue germaniche regionali.

[5] Tristemente note sono le carte allegate ai vari rapporti delle *Einsatzgruppen*, reparti operativi delle SS attivi nello sterminio degli Ebrei nell'Europa orientale: alcune di queste carte rappresentano, con precisione terrificante, il numero delle esecuzioni di popolazione ebraica. Una raccolta di esse è disponibile consultando il sito dell'*United States Holocaust Memorial Museum*, il cui riferimento è indicato in bibliografia.

[6] La celeberrima proiezione di Peters, pubblicata nel 1974, è un chiaro esempio di influenza politica e ideologica in campo cartografico.

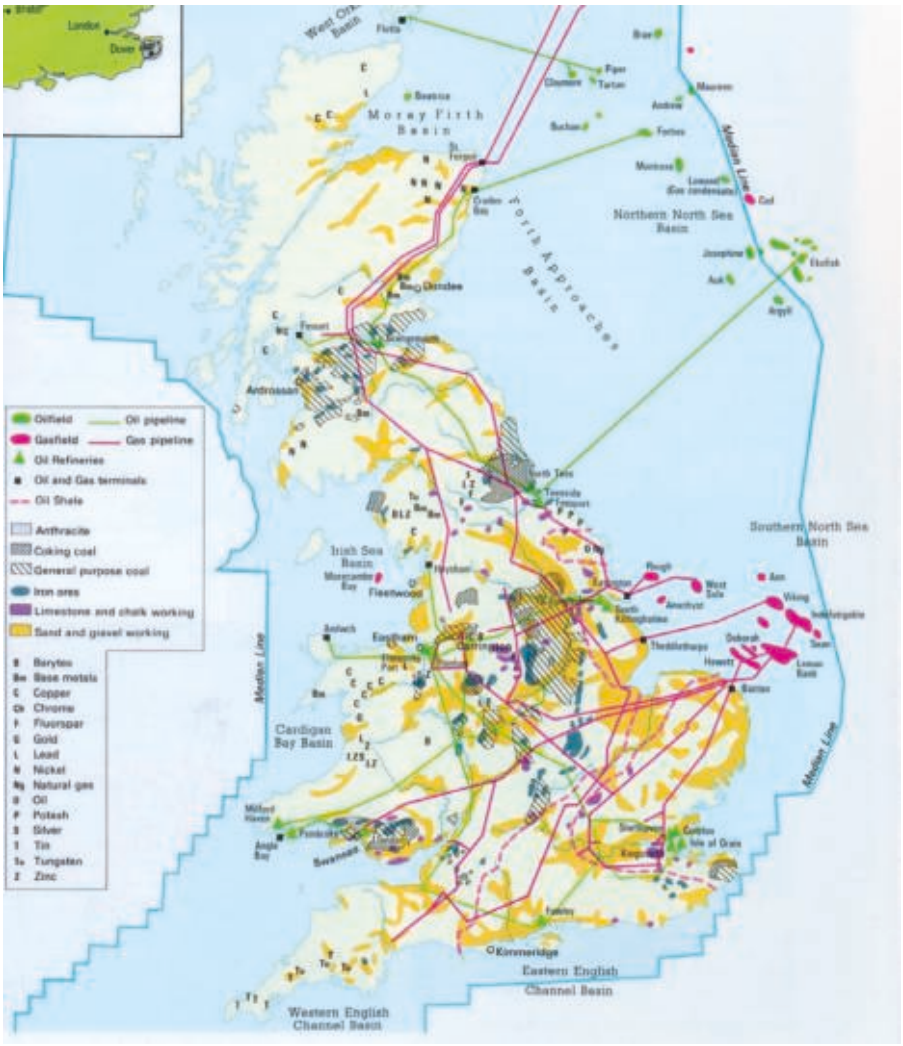


Figura 7 – *Risorse minerarie, oleodotti e gasdotti in Gran Bretagna.* Fonte: The Ordnance Survey (1986).

La cultura influenza ancora moltissimo la visione che la cartografia dà del mondo, in certi casi in modo per così dire innocuo, altre volte meno.

In figura 7, ad esempio, vediamo una carta tematica apparentemente neutra ed asettica, tratta da un atlante britannico del 1986, che rappresenta le principali risorse minerarie della Gran Bretagna e il sistema di oleodotti e gasdotti che la collegano all'Europa continentale.

La cosa che ci ha colpito è che nella parte destra della carta la rappresentazione si interrompe al limite delle acque territoriali britanniche (definito *Median Line*), oltre il quale sembra non esserci più niente: ed è difficile non pensare all'atteggiamento culturale diffuso nel Regno Unito, improntato a un certo isolazionismo rispetto al resto d'Europa che, proprio in quegli anni, col governo conservatore di Margareth Thatcher, probabilmente preparava un terreno culturale fertile alla *Brexit* di trent'anni dopo.

Ma ci sono molti altri casi in cui la rappresentazione cartografica finisce per essere costruita in modo tale da supportare più o meno esplicitamente posizioni politiche o specifiche visioni delle questioni territoriali[7]. La carta tematica, come è ben noto, porta in sé da sempre il problema di come viene costruita e tutti gli studiosi conoscono il diverso e talora opposto impatto visivo cui può portare una scelta alternativa, ad esempio, della suddivisione in classi dei valori in un cartogramma a mosaico: cosa che riconduce alla natura di mero strumento della carta, la quale di per sé non ha alcun senso senza il retroterra conoscitivo e interpretativo dello studioso.

Al di là delle questioni più tecniche, il problema principale appare di ben altra natura: in questa sede, ovviamente, non possiamo approfondire il tema delle cosiddette *fake news* o, per dirla in italiano, della disinformazione messa in circolazione ad arte, che costituisce una delle piaghe della società contemporanea, ma è noto che molte di queste false notizie cercano una legittimazione proprio attraverso l'uso di rappresentazioni cartografiche, spesso mal costruite o male interpretate e qualche volte volutamente realizzate in modo da avvalorare false informazioni. Rappresentazioni che, esattamente come succedeva nel passato appena ricordato, proprio per la loro illusione di oggettività finiscono per dare autorevolezza a contenuti errati o addirittura fuorvianti. La superficialità della comunicazione contemporanea e la sua aleatorietà digitale, poi, fanno il resto, unitamente all'atteggiamento diffidente verso l'autorità e la scienza che si sta diffondendo sempre più in molti settori delle società occidentali.

[7] Sono ben noti i casi di molti libri di testo dedicati agli scolari di alcuni paesi arabi nei quali Israele non è rappresentata e le città del moderno stato ebraico, prima fra tutte Tel Aviv, non compaiono nelle carte.

Al di là della disinformazione messa volutamente in circolazione per creare scompiglio, soprattutto in rete è facile trovare molte rappresentazioni che, a un occhio minimamente attento (e, oseremmo dire, addirittura a buon senso), appaiono molto discutibili: è il caso della carta che suddivide i paesi del mondo a seconda della bellezza femminile, riportata in figura 8 a sinistra. Si tratta sicuramente di un prodotto che attira l'attenzione e stimola la curiosità dell'osservatore, ma risulta evidente che essa presenti numerose criticità: *in primis* perché non è chiaro su quali dati è costruita e, se anche si basasse su una corretta indagine statistica delle opinioni di viaggiatori nei vari paesi, manca una specificazione di tali criteri. In secondo luogo, rimane comunque difficile, se non impossibile, dare una definizione precisa sul tema rappresentato, ovvero la bellezza femminile; nelle carte tematiche classiche che mostrano la distribuzione spaziale di un fenomeno esiste un dato oggettivo: ad esempio, in una carta qualitativa sulla diffusione delle religioni nel mondo l'inserimento di un paese in una data categoria si riallaccia al fatto che in quel paese è prevalente la religione a essa corrispondente e non un'altra. In questo caso, invece, si tratta pur sempre di un'opinione soggettiva sì che, mutando il punto di vista, può cambiare la valutazione del fenomeno e quindi la stessa rappresentazione cartografica[8].

Argomento molto più serio, è quello rappresentato nella carta riportata a destra sempre in figura 8, che mostra la situazione della libertà di stampa nel mondo: anche in questo caso, rimane il dubbio di un punto di vista comunque soggettivo da parte di chi ha elaborato la carta. Leggendo nel rapporto completo i criteri usati per la definizione della libertà di stampa che sono alla base della carta, si evince che essi si dividono in quantitativi e qualitativi e, se i primi si riferiscono a fatti oggettivi (quali aggressioni ai giornalisti, incarcerazioni, ecc.), i secondi fanno capo alle opinioni dei giornalisti stessi che – chiaramente – vedono la problematica dal loro punto di vista. Il che non vuol dire che la carta sia scorretta in sé ma che, come in tutte le rappresentazioni nate da valutazioni qualitative, finisce per portare la visuale di una parte: e

[8] Per fare un esempio, la valutazione per cui le donne ucraine sarebbero fra le più belle del mondo a differenza di quelle indiane non può essere considerata oggettiva ma dipendente, anche in questo caso, da fatti culturali, ovvero dalla percezione della bellezza che cambia continuamente a livello temporale e spaziale.

Figura 8 – A sinistra, *Most beautiful Women in the World*; a destra, *Freedom of the Press Worldwide 2024*. Fonte: https://www.tumblr.com (s.d.) e Reporters sans frontières (2024).

questo dovrebbe essere sempre specificato per evitare di indurre nell'utente meno esperto l'idea che quella mostrata sia la situazione oggettiva e che la realtà sia quella senza ombra di dubbio.

Ovviamente non è nostro intento negare il diritto di esprimere le proprie idee e la propria visione della realtà: il problema sta proprio nella natura di mezzo di comunicazione immediato della carta che, senza una adeguata spiegazione sui criteri con cui è costruita o senza una corretta capacità di lettura da parte dell'utente, rischia in definitiva di essere uno strumento non di semplice comprensione della realtà bensì di confusione se non addirittura di disinformazione vera e propria.

4. La lezione della cartografia storica

Rimanendo nell'età contemporanea, poniamoci innanzitutto due domande: quale è la situazione attuale della cartografia tematica? E ancora: cosa ha da imparare dal passato una disciplina oggi fortemente tecnologizzata e che appare nettamente scientifica?

Per quello che riguarda la prima questione, ci riallacciamo a quanto detto sopra, ovvero al carattere sempre e comunque culturale denotato dalla cartografia tematica. Ovviamente non è semplice sintetizzare i punti salienti della matrice culturale contemporanea né questa è la sede adatta per farlo. Ma, se dovessimo scegliere alcuni termini per delinearla, diremmo che le parole chiave della cultura contemporanea sono globalità, complessità, specializzazione, iper-tecnoligizzazione, digitalizzazione, virtualità. Dove, però, tutte queste caratteristiche portano

alla necessità di velocizzazione e semplificazione soprattutto dell'informazione: in un mondo sempre più globale e complesso, complicato, è necessario essere sempre continuamente aggiornati per non perdere le costanti evoluzioni della situazione. Emerge, quindi, una vera "ossessione" di conoscere ogni novità (da cui la velocizzazione) e di disporre di messaggi che arrivino a tutti e siano facilmente comprensibili, sintetici ed essenziali (da cui la semplificazione). Con il rischio continuo (a dire il vero ben più di un rischio) che queste due necessità generino altrettante criticità: la semplificazione una banalizzazione dell'informazione, la velocizzazione una superficialità della stessa.

Anche la cartografia tematica si trova a dover fare i conti con questo clima culturale: le grandi evoluzioni tecnologiche degli ultimi decenni le hanno aperto enormi opportunità, rendendole possibile esprimersi in modo veloce e semplice. La cartografia digitale è ormai una grande risorsa, che ha raggiunto livelli di precisione ed efficienza impensabili fino a pochi anni fa: la macchina e il programma riescono a interfacciarsi con i dati e a creare in tempo reale rappresentazioni complete e belle, risparmiando al cartografo quella serie di lunghi e faticosi passaggi che un tempo rendevano la costruzione di una carta tematica un processo complesso e infinito. Così come è accaduto nel trasporto delle merci con l'introduzione del container o nella diffusione dell'informazione con lo sviluppo della rete, anche nel campo della cartografia tematica l'utilizzo della tecnologia ha portato a un risparmio di energia, risorse e soprattutto tempo, quel tempo che per la cultura contemporanea costituisce probabilmente l'ostacolo maggiore e sembra non bastare mai.

Il risultato è il proliferare delle carte tematiche e, se vogliamo, il superamento della figura del cartografo classico: come in tutte le altre branche della scienza, anche qui sembra prendere il sopravvento la parte tecnica, così come accade per la diagnostica per immagini in medicina o per l'informatizzazione nella guida dei mezzi di trasporto. Oggi sembra essere il programma GIS a realizzare la carta: suggerisce soluzioni, propone opzioni, corregge errori. E viene da chiedersi, in definitiva, se esiste sempre il ruolo del cartografo e del geografo in questi processi. Del resto, l'esempio che abbiamo portato sopra relativo alla bellezza delle donne mostra come oggi non solo sia semplicissimo costruire una carta tematica, che sembra non richiedere più la specializzazione tipica del cartografo di un tempo, ma anche che tale semplicità,

unita alla velocità di realizzazione, porti a un proliferare di carte che, soprattutto in rete, sono ormai dedicate ai temi più strani e disparati. Cosa che in sé non è assolutamente negativa, anzi: sicuramente, questo processo fa uscire la cartografia dal rigido perimetro della scienza, facendone un mezzo di espressione e comunicazione accattivante e alla portata di un vasto pubblico.

Ma, se la tecnologia prende il sopravvento e si perdono tutti i passaggi che stanno alla base di qualunque realizzazione cartografica, il rischio è quello di dare alla luce carte che risultino semplicistiche benché di impatto o che finiscano per essere dei banali disegni su base cartografica, nei quali non vengono rispettate molte delle regole base della costruzione della carta tematica, quali l'indicazione della scala di riduzione e la spiegazione della simbologia, per non contare l'uso scorretto delle elaborazioni grafiche che sono alla base della carta (divisioni in classi, proporzionalità nei simboli come nastri, aree ecc.). In quest'ottica, potremmo portare molti esempi di carte costruite con le più avanzate tecnologie ed apparentemente perfette, ma che, a una osservazione più attenta, mostrano molte scorrettezze nella loro elaborazione e costruzione.

E qui diventa importante quella che abbiamo definito la lezione della cartografia storica. A questo proposito, vogliamo partire dalla illuminante definizione che Aldo Sestini dette della carta tematica nel lontano 1961: «la carta tematica è, in senso lato, un saggio geografico in forma grafica» (Sestini, 1961: 79). E un saggio deve essere sempre e comunque qualcosa di complesso, ragionato, scientificamente rigoroso e tecnicamente corretto: conseguentemente lento. Caratteri che non vanno d'accordo facilmente con gli aspetti che abbiamo indicato come caratterizzanti la cultura contemporanea. E probabilmente anche la cartografia contemporanea.

I potenti mezzi che abbiamo oggi a disposizione sono utili e importanti e costituiscono un aiuto non indifferente per la realizzazione di rappresentazioni precise e gradevoli: c'è un notevole risparmio di tempo e di fatica, come abbiamo detto, ma, come è facile intuire, questo rischia di far perdere tutto quel bagaglio di "noiose" conoscenze che erano alla base dei passaggi di elaborazione e costruzione della carta classica, considerate non più necessarie e superate dalla "bravura" dei programmi informatici. Se vogliamo, è un po' quello che accade con l'utilizzo dei moderni strumenti di calcolo, facili, intuitivi, immediati,

che ci danno in un attimo il risultato di operazioni numeriche complesse: ma c'è il rischio che chi usa questi strumenti non solo non sappia più effettuare le stesse operazioni manualmente (le classiche divisioni a due cifre che oggi pochissimi studenti sanno risolvere senza una calcolatrice) ma nemmeno ricordi quello che è alla base di tali calcoli.

Questo succede anche nel nostro caso: nella costruzione di una carta tematica, con qualsiasi strumento, è necessario avere ben presenti le regole della cartografia, dalle più banali (l'uso della scala, delle proiezioni ecc.) fino a quelle più tecniche, relative alla scelta di un tipo di cartogramma piuttosto che un altro, all'uso dei simboli grafici, alla corretta divisione in classi dei valori e via dicendo.

Spesso oggi abbiamo l'impressione che tutti possano costruire una carta tematica: basta imparare ad usare un programma informatico e il gioco è fatto.

Per questo non va mai dimenticato che alla base della costruzione di una carta ci deve essere un ragionamento scientifico e una conoscenza del tema che si vuole rappresentare: il cartografo deve avere chiaro quello che vuole mostrare e come lo vuole mostrare e deve saper cogliere e interpretare, prima che rappresentare graficamente, i fenomeni. In sintesi, il cartografo deve conoscere non solo le tecniche della sua disciplina, ma anche quello che rappresenta. Dovrebbe, sempre e comunque, puntare a creare con la sua carta un vero e proprio saggio geografico.

Proprio dal passato e dai nostri vecchi atlanti ci arrivano numerosi esempi di carte tematiche che sono dei veri e propri saggi geografici in forma grafica e che hanno chiaramente alla base non solo la padronanza tecnica cartografica, ma anche una profonda conoscenza geografica: in figura 9 in alto vediamo, a questo proposito, una carta che rappresenta le linee cotidali o di marea, argomento molto specialistico ed altrettanto difficile, che richiede salde nozioni geografiche per essere interpretato e cartografato. Ancora più interessante è il cartogramma riportato sotto. Si tratta di una rappresentazione molto complessa, che necessita di un certo studio per essere compresa e di un'attenta analisi della legenda, riportata in piccolo: una volta colte le modalità di lettura, però, essa permette di ricavare moltissime informazioni relative all'argomento rappresentato, ovvero la distribuzione del prodotto nazionale lordo pro-capite (comprese le percentuali di paesi e popolazione appartenenti a ciascun livello di ricchezza) oltre a una serie di

notizie aggiuntive, come, ad esempio, la densità di popolazione. Tanto che non è sbagliato definire questa carta tematica un vero e proprio saggio geografico in forma grafica.

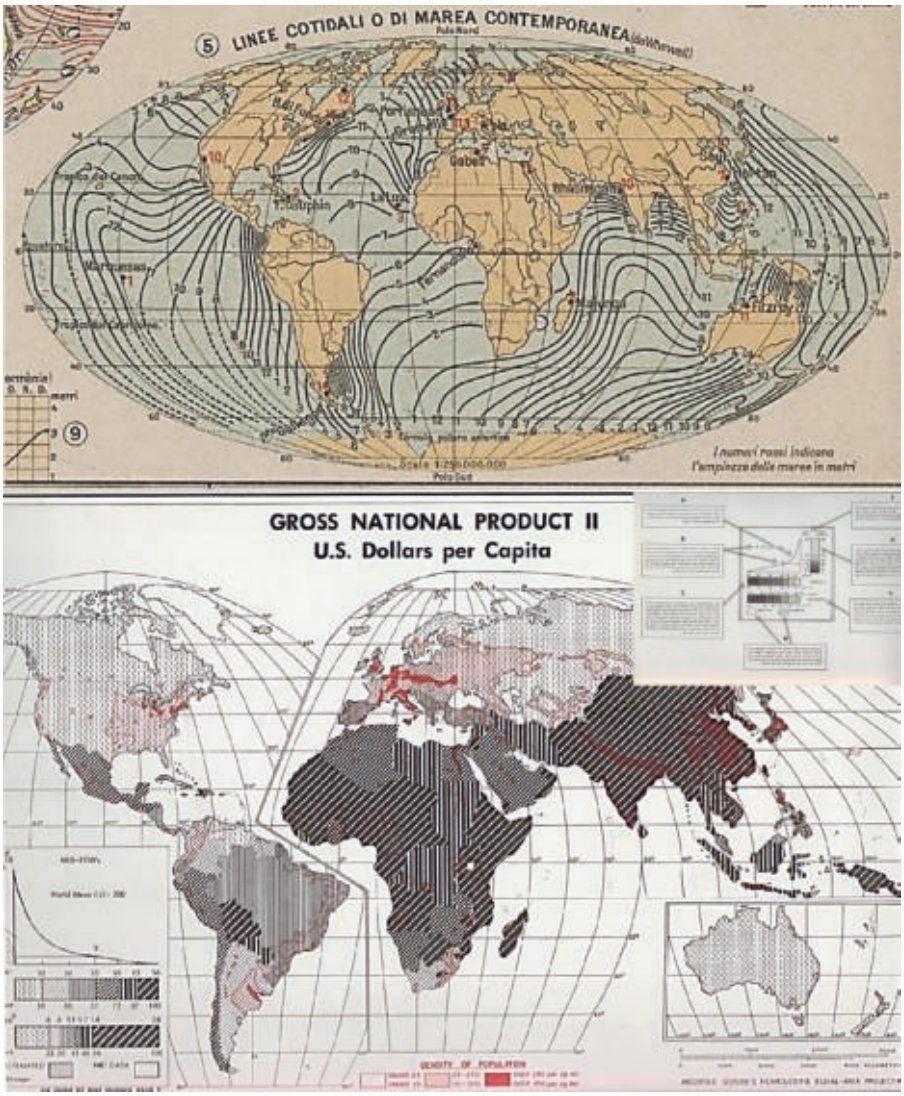


Figura 9 – In alto, *Linee cotidali o di marea contemporanea*; in basso, *Gross National Product II*. Fonte: Mori (1918) e Ginsburg e Berry (1961).

5. Conclusioni: la bellezza della cartografia tematica

Al termine della nostra trattazione, possiamo affermare senza dubbio che la carta tematica è un prodotto scientifico che costituisce un supporto insostituibile nella conoscenza dei fenomeni spazialmente localizzati sulla superficie terrestre: oggi i moderni strumenti tecnologici ci permettono di creare ottime rappresentazioni risparmiando tempo e fatica, sempre che, come abbiamo detto, abbiano alla base competenza specialistica, rigore scientifico e correttezza tecnica.

In questa nostra ricognizione degli atlanti custoditi in cartoteca, terminiamo spezzando una lancia a favore della cartografia classica, quella costruita con modalità manuali e lontanissima anni luce dalle metodologie della cartografia contemporanea: questo perché abbiamo scovato molte carte che, oltre a essere validi strumenti scientifici, sono esteticamente belle e piacevoli da osservare tanto che viene da chiedersi come gli autori dell'epoca abbiano potuto realizzare simili prodotti con i mezzi che avevano a disposizione. Fra i molti esempi che potremmo portare, segnaliamo solamente tre rappresentazioni, due carte tematiche vere e proprie e un diagramma.

La prima immagine è un cartogramma tratto da un atlante della Romania socialista degli anni '60 che mostra, con molti dettagli, la distribuzione della popolazione del paese fra città e aree rurali (figura 10): al di là della ricchezza di informazioni fornite, a colpire è soprattutto la scelta dei simboli e dei colori utilizzati, che la rendono molto gradevole da osservare.

In figura 11, vediamo a sinistra un cartogramma di fine '800 relativo alla produzione in Italia di bozzoli da seta, canapa, lino e agrumi, una rappresentazione anche in questo caso chiara, ben fatta nella scelta dei colori e dei simboli e piacevole da guardare che, oltretutto, riesce a dare molte informazioni sul tema. A destra, invece, è riportato un diagramma, che mostra l'andamento altimetrico lungo i paralleli dell'emisfero settentrionale: osservandolo, oltre alla valenza didattica di una simile rappresentazione, colpisce la bellezza del disegno, chiaro, accattivante e quasi ipnotico.

Per struttura, maestria e fascino quasi una realizzazione artistica.

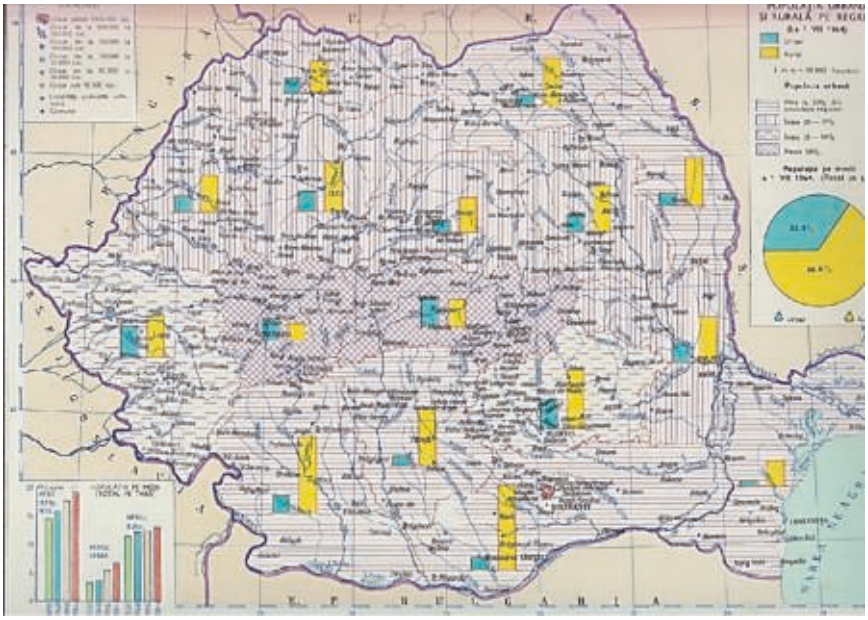


Figura 10 – *Populația urbană și rurală pe regiune*. Fonte: Atlas Geografic Republica Socialista Romania (1965).

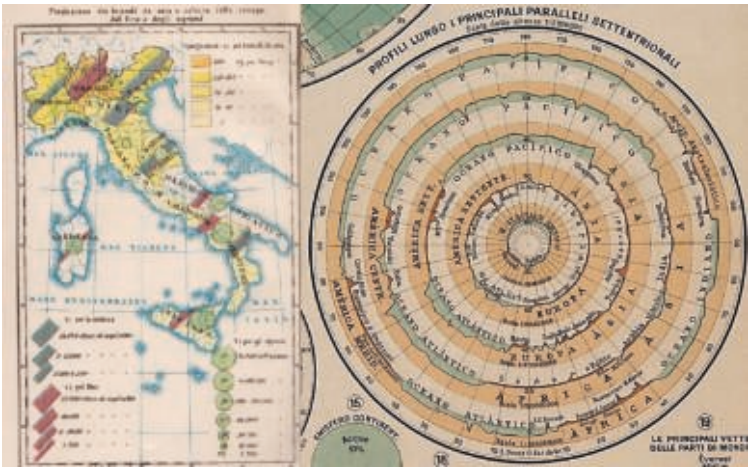


Figura 11 – A sinistra, *Produzione dei bozzoli da seta e coltura della canapa, del lino e degli agrumi*; a destra, *Profili lungo i principali paralleli settentrionali*. Fonte: Garollo (1908) e Mori (1918).

Figura 12 – *Isocrone da Pisa con mezzi di locomozione più rapidi (ferrovie, tranvie, autocorriere).* Fonte: l'Ateneo di Pisa (1929).

Per concludere vogliamo soffermarci su di un'ultima carta tematica, che rappresenta i tempi di viaggio da Pisa indicati tramite l'uso delle isocrone (figura 12). Essa è stata redatta da Antonio Renato Toniolo, cattedratico di Geografia all'Università di Pisa negli anni '20 del secolo scorso, ed è inserita, evidentemente come prodotto di eccellenza della ricerca svolta in Ateneo, in un piccolo libro pubblicato nel 1929 in occasione della visita di Mussolini in città e a lui dedicato. L'intento è chiaramente quello di mostrare al Duce e ai vertici del governo fascista

la ricchezza e la varietà scientifica coltivate all'interno dell'Ateneo pisano. Come è osservabile, si tratta di un manufatto molto pregevole, sia nell'elaborazione del dato che sta a monte sia nella sua realizzazione tecnica, che restituisce un prodotto che non solo è un utile strumento di conoscenza territoriale ma risulta anche graficamente molto gradevole.

Un piccolo, ma significativo, esempio di quanto la cartografia (generale e tematica) sia sempre stata un fecondo campo di indagine e lavoro della ormai plurisecolare Scuola Geografica Pisana.

Riferimenti bibliografici

L'Ateneo di Pisa (1929), Tipografia Pacini Mariotti, Pisa.

Assereto, G. (1908), *Atlante di Geografia Commerciale*, Istituto Geografico De Agostini, Novara.

Atlante Geografico Vallardi (1932), Vallardi, Milano.

Atlas Republica Socialistă România (1965), Pedagogica, Bucureşti.

Boria, E. (2007), *Cartografia e potere. Segni e rappresentazioni negli atlanti italiani del Novecento*, UTET, Torino.

Boria, E. (2012), *Geopolitica, cartografia, comunicazione*, Edizioni Nuova Cultura, Roma.

Braun, F., Ziegfeld, H. (1930), *Geopolitischer und Geschichtsatlas*, Ehelermann, Dresden.

Da Pozzo, C. (2012), *Introduzione*, in Macchia, P. (2012, a cura di), *La Toscana in evoluzione*, Edizioni ETS, Pisa, pp. 7-29.

Dematteis, G. *et al.* (1992), *Geografia senza confini*, in «Volontà. Laboratorio di ricerche anarchiche» 4/92.

Farinelli, F. (1992), *I segni del Mondo. Immagini, cartografia e discorso geografico in età moderna*, La Nuova Italia, Firenze.

Freidel, F. (1954, ed.), *Harvard Guide to American History*, rev. ed., 2 vols., Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge.

Garollo, G. (1890, a cura di), *Atlante Geografico-Storico dell'Italia*, Hoepli, Milano.

Ginsburg, N.S. and Berry, B.J.L. (1961), *ATLAS of Economic Development with a Foreword by Bert F. Hoselitz and Part VIII, a Statistical Analysis, by Brian J.L. Berry*, University of Chicago Press, Chicago.

Huntington, G. (1915), *Civilization and Climate*, Yale University Press, New Haven.

Mazzanti, R. (2012), *Le carte geografiche*, Felici Editore, Pisa.

Monmonier, M. (1991), *How to Lie with Maps*, The University of Chicago Press, Chicago and London.

Mori, A. (1918), *Nuovo Atlante di Geografia Fisica, Politica ed Economica*, Paravia, Torino.

The Ordnance Survey National Atlas of Great Britain (1986), Ordnance Survey, London and Southampton.

Raffestin, C. (1980), *Pour une géographie du pouvoir*, Litec, Paris.

Serryn, P. (1988, a cura di), *Il Mondo. Atlante Economico-Sociale-Politico*, Giunti Marzocco, Firenze.

Sestini, A. (1961), *Cartografia Generale*, Pàtron, Bologna.

Thrower, N.J. (1972), *Maps and Man: An Examination of Cartography in Relation to Culture and Civilization*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.

Sitografia

Encyclopædia Britannica, Inc., *World water and air transportation routes*, https://kids.britannica.com/students/article/transportation/277414/media?assemblyId=166199 (consultato a ottobre 2025).

Reporters sans frontières, *MAP – 2024 World Press Freedom Index*, https://rsf.org/en/map-2024-world-press-freedom-index (consultato a ottobre 2025).

Land of Maps, *World Map of the Most Beautiful Women, Through the Eyes of a Man Who Visited Them All*, https://www.tumblr.com/land-of-maps/161671806475/world-map-of-the-most-beautiful-women-through-the (consultato a ottobre 2025).

United States. Holocaust Memorial Museum, https://www.ushmm.org/ (consultato a ottobre 2025).

Ordine e Disordine.
Kosmos e *Chaos* nei mondi rappresentati

Paola Zamperlin

1. Da dove partire?

Questa è la domanda che ci si pone sempre di fronte al compito di "mettere ordine" nel disordine. Trovare un punto di inizio in situazioni simili richiede sempre uno sforzo di raziocinio, il recupero di uno schema, definito, replicabile, coerente e costante, comprensibile, appunto: ordinato. L'antitesi che oppone "ordine" e "disordine" nella rappresentazione del mondo sorregge un cammino *au rebour* alla ricerca di espressioni anche cartografiche (ma non esclusivamente) dalle quali traspaia da un lato la manifestazione di un particolare pensiero spaziale e della conoscenza del mondo che esso esprime, dall'altra (forse più urgente) emerga la ragione che spinge l'essere umano a un simile bisogno di comprendere lo spazio entro un disegno.

In tanti, come noto, si sono posti questi interrogativi, geografi, filosofi, storici e storici dell'arte, matematici, ecc. Il presente articolo non è mosso dalla presunzione di ripercorrere o riassumere la storia del pensiero a riguardo, ma nasce più umilmente dall'occasione della giornata di studi *MapTalks. Dalla Cartografia storica alla Geospatial Artificial Intelligence. Rappresentare la complessità attraverso le carte* e dalle questioni che di conseguenza sono state poste alla riflessione dei partecipanti, alla luce delle recenti possibilità e modalità espressive che l'intelligenza artificiale promette di dispiegare. L'idea della giornata stessa traeva origine dalla volontà di valorizzare i lavori di risistemazione della Cartoteca del dipartimento di Civiltà e Forme del Sapere dell'Ateneo pisano che hanno beneficiato dei finanziamenti del progetto di Eccellenza dal titolo "*Un senso nel disordine. Praticare la complessità*". Di fatto, quindi, si è creata un'occasione per analizzare gli esiti delle eventuali intersezioni disciplinari. Come spesso succede, sono le occasioni che costringono a riflettere su temi che pur nell'assenza di novità

mostrano una forte attualità, condizione questa che comporta un ripensamento, l'esame della risemantizzazione di un annoso problema.

Si è deciso, quindi, di procedere per accostamento di suggestioni, giustapposte allo scopo di dare un tentativo di risposta ad alcuni quesiti.

Come si pone lo spazio geografico tra gli estremi di ordine e disordine? Se leggiamo la storia dell'uomo anche come sforzo di abitare, delimitare, legiferare, imporre un controllo, in altre parole di ordinare secondo le proprie regole uno spazio che in assoluto risponde a logiche di natura, è lecito chiedersi che ruolo assuma la rappresentazione cartografica in questa sistemazione di ordine.

Il presente contributo propone una collana di esempi, che passano in rassegna diverse espressioni figurative riconducibili all'insieme dei prodotti cartografici, attraverso i quali si intravedono tentativi di ordinare il mondo in correlazione con culture diverse, nello spazio e nel tempo. Scopo ultimo è quello di cogliere in ciascuna la soddisfazione di un bisogno costante di trasferire nella rappresentazione cartografica un ordine delle cose, che è forma di pensiero spaziale che a sua volta, a scale diverse, riflette visioni del mondo diverse, prodotte da culture diverse, che utilizzano simbologie, linguaggi e tecniche difformi di rappresentazione.

«Cartography, we see, is never merely the drawing of maps: it is the making of worlds» (Harley, 1990: 16). La ben nota citazione di Harley sintetizza la potenza demiurgica che il semplice disegno di un mondo ha sul mondo che intende rappresentare. Non ci dilunghiamo su un tema da decenni al centro del dibattito, con pesi spostati ora sul territorio ora sulla mappa (si vedano su questo gli studi di F. Farinelli, 2000 e 2009), limitiamoci a dire che in questa sede partiamo dall'assunto che ci sia una mutua, se non bidirezionale, relazione tra carta geografica e territorio, inteso come spazio organizzato, quindi ordinato (Raffestin, 1987; Turco, 2010), sia che esso concretizzi in forme tridimensionali una *forma mentis* astratta e ordinata, sia che questo trasferimento da pensiero a prodotto avvenga mediato da una carta-progetto.

Nella *Teogonia* di Esiodo, poema risalente all'VII secolo a.C., la mitologia che spiega l'origine dell'universo si incarna come percorso che muove dal Chàos al Kòsmos, e per questo si dispiega come cosmogonica. L'origine dell'universo è concepita come passaggio da uno stato di cose caotico a uno ordinato, ciascuno di essi tratteggiato ricorrendo a

una aggettivazione coerente, che fa uso di metafore e termini squisitamente geografici:

> E nacque dunque il Càos primissimo; e dopo, la Terra / dall'ampio seno, sede perenne, sicura di tutti/gli Dei ch'ànno in possesso le cime nevose d'Olimpo, / e, della terra dall'ampie contrade nei bàratri, il buio / Tàrtaro; e Amore ch'è fra tutti Celesti il piú bello, / che dissipa ogni cura degli uomini tutti e dei Numi, / doma ogni volontà nel seno, ogni accorto consiglio. / Dal Caös ebber vita quindi Èrebo, e Notte la nera (Hes., *Theog.*, 115-122).

Le diverse rappresentazioni che nei secoli hanno affrontato il tema della cosmogonia, e che viste con gli occhi di un abitante del terzo millennio possono sembrare degli ingenui prodotti di civiltà ignare delle scoperte scientifiche di cui oggi godiamo, costituiscono in realtà delle rappresentazioni sintetiche di visioni del mondo in cui si stratificano immaginari, concezioni filosofiche e visioni teleologiche ricche di significati, che avvicinano l'essere umano al mondo che egli cerca di spiegare e comprendere per poterlo dominare.

Non è certo un caso che il romanzo *Il Viaggio in Occidente*[1], attribuito al letterato cinese vissuto nel sedicesimo secolo Wu Ch'êng-ên, si apra con l'immagine di uno scimmiotto, protagonista dell'epopea, che appena nato, uscendo da un uovo di pietra partorito da una rupe «che sin dalla creazione del mondo era stata influenzata dalle pure essenze del Cielo e dagli squisiti aromi della Terra, dal vigore della luce del sole e dalla grazia del lume di luna, sinché alla fine fu magicamente pregna», immediatamente cammina per istinto «ma la prima cosa che fece fu di inchinarsi a ciascuno dei quattro punti cardinali» (p. 3). Un enorme balzo di secoli e di civiltà divide i due esempi che ho riportato, ma entrambi sono accomunati dal bisogno di rappresentare una genesi attraverso metafore, immagini e terminologia squisitamente geografiche. Nell'atto con cui lo scimmiotto inaugura l'avventura del suo viaggio mistico-allegorico, l'omaggio reso ai punti cardinali, elementi fissi e

[1] In Italia pubblicato da Adelphi nel 1971 con il titolo *Lo Scimmiotto*, versione da cui sono estratti i passi qui riportati. Il testo riunisce in un'opera originale e complessa un denso corpus di leggende e miti elaborati a partire dal settimo secolo e costituisce uno dei quattro grandi classici della letteratura cinese.

incontrovertibili del palcoscenico in cui si dispiegheranno le azioni che seguiranno, funge da contraltare ordinato e razionale alle convulse e apparentemente caotiche, talora irriverenti, assurde e insensate vicende che animano il romanzo.

Dalle rappresentazioni cosmografiche per parole alle rappresentazioni per immagini il passo è breve. L'immagine ha potere di sintesi e, talvolta, di immediatezza che la parola non ha, perché diversamente essa deve essere necessariamente mediata da un codice condiviso per poter essere compresa. Questo non significa, ovviamente, che anche l'interpretazione di immagini non passi attraverso codici condivisi, ma soltanto che la loro assenza non è preclusione di una possibile lettura, sia che restituisca coerenza tra l'intenzione del mittente e del destinatario, sia che produca nell'assenza di linguaggi condivisi nuove interpretazioni, come dimostra la fortuna di sistemi basati su pittogrammi, come l'Isotype (*International System of Typographic Picture Education*) di Otto Neurath e Marie Reidemeister che propose una semiologia grafica rivoluzionaria a cui tanto devono le infografiche cui oggi siamo abituati.

La carta, che è strumento di rappresentazione per eccellenza del geografo, ad un tempo analisi e sintesi, è una macchina in grado di figurare mondi infiniti, siano essi fisicamente tangibili o traduzioni immaginarie di significati immateriali. Ogni tempo e ogni cultura trasferisce nella rappresentazione i propri simboli, che vanno decostruiti per essere correttamente interpretati e non tradursi in letture fuorvianti. Contestualmente, essi introducono il lettore a visioni del mondo diverse, spesso affascinanti e capaci di obbligare a un procedere ermeneutico teso alla scoperta di mondi altrimenti considerati.

2. Visioni in carte

La rappresentazione del mondo come oggetto della conoscenza pone un primo livello di indagine intorno all'artefatto stesso che traduce il risultato del processo conoscitivo in rappresentazione, cioè la carta stessa. L'attività umana del conoscere sgroviglia nella carta interrelazioni e interdipendenze di natura complessa. Tra le rappresentazioni del mondo fatte di immagini e di parole, le carte rivendicano uno spazio proprio, che si serve di simboli e convenzioni proprie, che vanno a

costituire l'immaginario collettivo, il quale si modella nel tempo per opera di convinzioni, conoscenze e interpretazioni diverse. Le descrizioni cosmografiche geocentriche aristoteliche, che ritroviamo nel *Somnium Scipionis* ciceroniano e nelle visioni tomistiche o dantesche, sottendono le rappresentazioni cartografiche occidentali per secoli, come mostra la composizione realistico-fantastica che Ildegarda di Bingen (Hildegard von Bingen, 1098-1179), "donna del suo tempo" come è stata definita[2], realizzò nella seconda metà del dodicesimo secolo con il titolo di *Dio, Cosmos e Umanità*. La mistica renana raffigura l'intero universo come a lei sarebbe stato da Dio stesso rivelato, spiegando che «in mezzo a questi elementi c'è un globo sabbioso, di grande distesa, che gli elementi circondano...» (*Scivias*, I, 3).

Tra le rappresentazioni cartografiche allegoriche più note si ricorderà la *Mappa allegorica del Mediterraneo*, raffigurazione antropomorfizzata del Mediterraneo variamente disegnata da Opicino de Canistris, storico, ecclesiastico, miniatore e calligrafo vissuto a cavallo tra il tredicesimo e il quattordicesimo secolo, nei fogli di pergamena del codice *Vaticanus Latinus* 6435 (folii 53v, 54r, 76v-77r, 78r, 79v., 84r, 84v-85r, 87v) conservato presso la Biblioteca Apostolica Vaticana a Roma[3]. Le raffigurazioni sono di difficile e controversa interpretazione, ma di sicuro riproducono in sembianze antropomorfe le forme dei paesi che si affacciano sul Mediterraneo, secondo uno stile che fa propri i modelli figurativi tipici delle botteghe dei miniatori coevi ed è per concezione spaziale riconducibile a quello dei portolani dell'epoca, che egli sicuramente aveva avuto modo di conoscere direttamente e da cui riprende la conoscenza della rappresentazione delle rotte lossodromiche, seppur reinterpretate secondo una deriva mistica. Nello sviluppo della *Mappa*, la Spagna e l'Italia sono raffigurate come testa e gamba di una figura, a volte maschile a volte femminile, e l'Africa come testa e profilo di un'altra. La geografia di Opicino è fortemente sessualizzata (Venezia e Pavia

[2] La definizione è ripresa dal titolo del volume apparso nel 2001 di F. Maddocks, *Hildegard of Bingen: The Woman of Her Age*. Si veda anche Ross, A. (30-01-2023) *Hildegard of Bingen Composes the Cosmos. How a visionary medieval nun became a towering figure in early musical history*. New Yorker, https://www.newyorker.com/magazine/2023/02/06/hildegard-of-bingen-composes-the-cosmos.

[3] Per la consultazione digitale si rimanda a: https://digi.vatlib.it/view/MSS_Vat.lat.6435.

sono rappresentate con evidenti connotati sessuali) e talvolta demonizzata, il mar Mediterraneo assume forme di *diabolicum mare*. Si tratta di disegni, unici per genere, che sono, secondo alcuni studiosi riconducibili a una tradizione mistica che si fa risalire a Ildegarda di Bingen (Harding, 1998), e che qui trova espressione di un tentativo di creare un proprio sistema di corrispondenze simboliche rispetto al mondo reale.

La carta è stata per secoli la scena entro cui si sono incontrati il reale e l'immaginario, inteso quest'ultimo come una sorta di reale potenziale, interpretato come figura verisimile del mondo incognito per le conoscenze disponibili, oppure come reale in un mondo-rifugio parallelo, in cui albergare divagazioni della mente che abbisognano di coordinate spaziali. Con i dovuti distinguo, accosto qui rappresentazioni assolutamente diverse, per origine, epoca di produzione e scopi, ma accomunate dal bisogno di rappresentare per forme spaziali universi ancora informi. La prima che citerò è la *Carta marina et Descriptio septemtrionalium terrarum ac mirabilium rerum in eis contentarum, diligentissime elaborata Anno Domini 1539 Veneciis liberalitate Reverendissimi Domini Ieronimi Quirini*, realizzata dal chierico svedese Olaus Magnus a Venezia nel 1539 di cui si conserva una copia nella Bayerische Staatsbibliothek di Monaco e nella biblioteca dell'Università di Uppsala (Dipartimento delle mappe, 2019)[4]. Si tratta della prima carta su larga scala delle terre nordiche, che il Magnus predispose basandosi, oltre che su indicazioni di navigazione e osservazioni personali raccolte durante i suoi viaggi ufficiali, sulla carta manoscritta di Claudio Clavus (1412), sulla *Scondia* (Scandinavia) di Jakob Ziegler e su autori classici. Molti sono gli elementi figurativi presenti nella *Carta marina* che contiene una serie di interessanti dettagli storici e storico-culturali (si vedano ad esempio, una figura di bardo islandese e un cavaliere con il suo cavallo travolti da un forte vento in Islanda o i diversi tipi di nave contrassegnati dai loro luoghi di origine), nonché fantastici pesci abnormi e mostri marini che furono in momenti successivi copiati ripetutamente.

Sbaglia, tuttavia, chi ascrive a questi elementi figurativi fantastici un connotato di irrealtà, perché nella cultura che li ha espressi essi sono considerati una rappresentazione reale di entità sconosciute o poco

[4] Per la consultazione digitale si rimanda a: https://www.digitale-sammlungen.de/en/view/bsb00002967?page=,1.

Figura 1 – *Tappiland*. Mappa realizzata da alcuni bambini (8-16 anni) per definire le aree di influenza degli eserciti dei tappi rossi, blu, bianchi e verdi di un gioco da loro creato.

conosciute. Il grado di realtà della rappresentazione, che in forza di un principio di razionalità post copernicana tendiamo a considerare come proprietà intrinseca della mappa, molto spesso all'opposto è da ascriversi all'interpretazione o alla volontà reifica del soggetto. E del resto potremmo chiedere: quanto è reale il fantastico? Se prendessimo a caso una qualsiasi delle mappe che portano a tesori nascosti mai trovati, o che disegnano mondi inventati, Terre di Mezzo, planisferi dove inscenare strategie di conquista a suon di lanci di dadi, è lecito chiedersi quanti immaginari sono stati occupati a muoversi realmente lungo sentieri fittizi (figura 1).

Del resto, le carte sono anche strumenti fatti per sognare, cioè per lasciare libero il pensiero di immaginare e cosi facendo dare inizio all'azione creativa, che, prendendo a prestito il celebre verso leopardiano "nel pensier mi fingo" comincia a plasmare mondi e creature che li popolano. La carta è in grado di proporre un'immagine del mondo tale e

quale è nel pensiero di chi la concepisce e forgia. Questo è, infatti, ciò che accade quando chi ha il compito di pianificare fa cercando di immaginare come potrebbe essere lo spazio fisico su cui deve intervenire per gli scopi che si prefigge. Le carte dei mondi di Tolkien ancorano su un fondale realistico i personaggi di una saga e aiutano a seguirne i percorsi, la carta del Risiko fa sentire strateghi capaci di conquistare il mondo dei giocatori seduti a un tavolo. Le carte dei piani urbanistici prefigurano i luoghi che si apprestano ad esistere.

3. Il mondo dall'alto

Le carte rispondono all'umano bisogno di conoscere, comprendere e ordinare la vita che si svolge nei luoghi in esse rappresentati, perché la vita stessa dipende dalla conoscenza dell'ambiente in cui si vive, ci si muove e ci si orienta. Prima che l'uomo inventasse mezzi per volare e per osservare la Terra dall'alto in maniera sempre più sofisticata, l'esperienza conoscitiva del mondo era prevalentemente orizzontale e ridotta alla scala della modesta portata della vista, priva del tutto o con scarsi punti di riferimento per rappresentare le dimensioni e le forme degli oggetti o per analizzare i fenomeni astratti dello spazio geografico. La rappresentazione cartografica restituisce, attraverso una visione zenitale e ingrandita, il territorio che è intuito dai sensi.

Riporto qui, come esempi di quanto disegnare una mappa significhi anche cercare di comprendere il mondo da una prospettiva più ampia e da una distanza che spesso ci è inaccessibile, alcune carte orientali conservate negli archivi della Società Geografica Italiana a Roma (Cerreti, 2001). Si tratta di carte di riso che non sono prodotte secondo le "nostre" consuete simbologie o grammatiche e che molto spesso non riusciamo a decodificare a una prima lettura. La *Carta geografica di tutta la provincia dell'Henan* di fattura anonima, risalente alla fine del XVIII-in. XIX secolo (Dinastia Qing, SGI, Inv. 234), nella quale non è dichiarata la scala di riduzione, raffigura della provincia cinese i confini e altri particolare amministrativi oltre a caratteristiche fisiche nei monti e nel corso del fiume Huang He in giallo, che la attraversa da est a ovest. La carta è stata realizzata con probabili scopi militari o per

usi di governo, come indica la presenza di bandierine rosse a marcare i passi montani e un sigillo quadrato in alto con il nome della città di Kaifeng (capoluogo dell'Henan). Coeva a questa la serie di tre *Carte della prefettura di Chuzhou Fu e delle sue contee Qingyuan e Songyang, provincia dello Zhejiang* (SGI, Inv. 84), acquerellate su seta, prive anch'esse di scala e con il nord verso il basso. I tre fogli presentano un impianto topografico in cui prevalgono gli aspetti iconografici e la rappresentazione tridimensionale magnificamente pittorica degli elementi naturali e antropici che prevalgono su quelli descrittivi immateriali (etichette e legende), diversamente dalla precedente.

Altrettanto interessanti per l'inserimento di elementi in prospettiva frontale all'intero di visioni dall'alto è la carta di grande formato *Illustrazione dell'Arabia* (*Tianfang tukao* di Wang Junqing, 1861, Dinastia Qing, undicesimo anno di Xianfeng, SGI, Inv. 24), priva di indicazioni di scala e orientamento, che presenta legenda e spiegazione in cinese sul paese e sulla religione e rappresenta i monumenti delle città della Mecca, con la Kaaba, e di Medina, secondo uno stile architettonico cinese. Si tratta nel complesso di carte che conservano lo stile tradizionale tipico di esemplari più antichi e nelle quali la commistione tra pittura di paesaggio e rappresentazione topografica è evidente nell'importanza del valore della precisazione dei luoghi e delle reciproche relazioni pur raffigurati secondo canoni iconografico-pittorici.

Anche la Carta del Giappone, di Miki Kôsai (SGI, Inv. 345), apparsa stampata a colori nel 1849 (scala non dichiarata e nord in alto) presenta stilizzazione di monti, fiumi, foreste, strade in una "confusione" di visioni prospettiche a volo d'uccello e zenitali, che non ritroviamo nella coeva produzione occidentale.

Visto dall'alto, compreso entro un campo del visibile più ampio, il mondo appare più comprensibile. Anche quando le tecniche di rilevamento siano modeste, la messa in carta di una realtà geografica implica un procedimento di distaccamento dal reale e di astrazione dei suoi caratteri specifici e rilevanti, per poterli poi riproporre in un ordine topologico e relazionale attraverso i simboli cartografici di cui ogni cultura dispone in un preciso tempo.

4. Carte per imporre un ordine

È stato già detto che, fra tutte le specificità dell'oggetto cartografico, prima emerge quella di essere uno strumento di conoscenza, e con questo si intende un artefatto di sistemazione sintetica delle conoscenze esistenti e di base analitica per lo sviluppo di conoscenze future. Questo requisito poggia sul fatto che la mappa è di per sé un'immagine essenziale di quanto chi la produce è in grado di comprendere delle relazioni tra gli elementi naturali e antropici e lo spazio entro cui queste relazioni, verticali e orizzontali, si vanno a dispiegare.

La carta permette di comprendere in maniera efficace, non mediata dal linguaggio verbale, la logica che sottende l'occupazione, prima, e l'organizzazione, poi, di uno spazio, fino anche a rappresentare la portata eventuale e le conseguenze possibili di conflitti, che sono per natura eventi tesi a modificare un certo stato di fatto e i principi normativi che ne determinano l'esistenza, come per conseguenza i confini delle aree di influenza o sovranità. In questo sforzo di rappresentazione il cartografo si è sempre confrontato con la difficoltà di rappresentare il tempo, inteso nella duplice accezione di tempo trascorso (e quindi lo stato attuale come la risultante di modificazioni passate) e di tempo a venire (quindi come prefigurazione di scenari di azione e di conseguenti assetti di variazione).

Un approccio che congiunga l'analisi geografica e quella storica permette di affinare la nostra conoscenza di grandi problemi contemporanei, di leggerli in maniera più lucida e distinguendone le variabili significative dal rumore inutile che rende caotica la lettura dei fenomeni e, quindi, forse anche aiuta a sbagliarci meno sulla loro interpretazione. Quando è possibile visualizzare gli sviluppi territoriali di processi economici e politici, effettivamente si riesce a formulare meglio domande sensate e arrivare alle risposte.

Come esemplificative di queste affermazioni, propongo alcune carte estratte dal *Geopolitischer Geschichtatlas. Herausgeben un bearbeitet von Franz Braun und A. Hillen Ziegfeld*, pubblicato a Dresda nel 1929, di cui una copia è in possesso della Cartoteca del Dipartimento CFS dell'Università di Pisa. In particolare, dalla parte terza dedicata all'era moderna mi soffermo sulle tavole XLIV. *Das neue Weltbild* (La

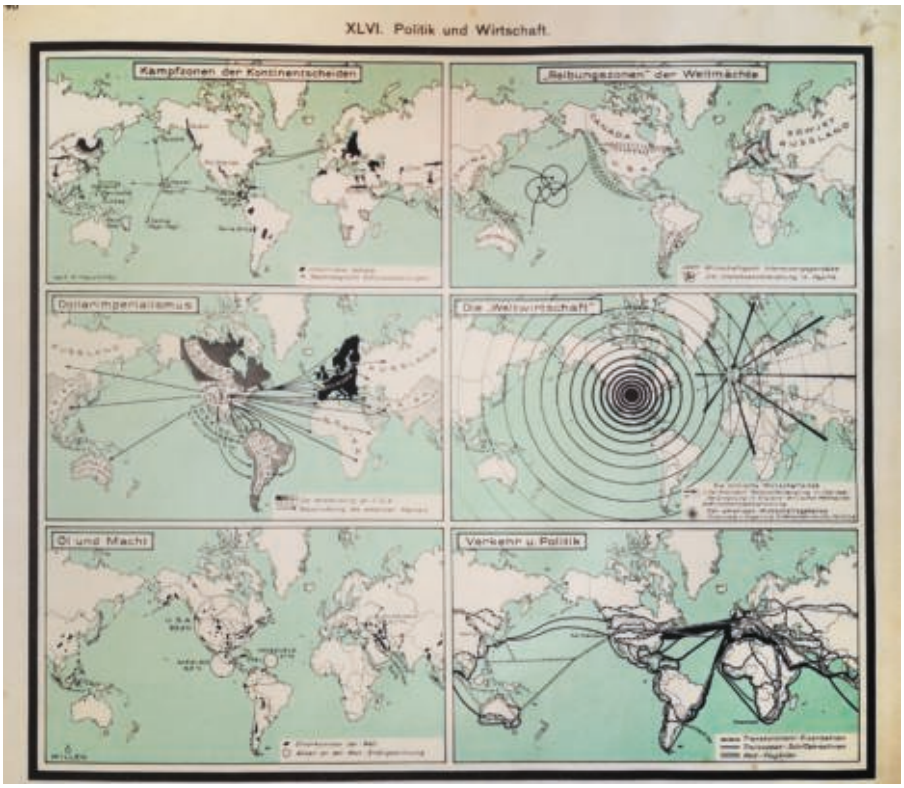


Figura 2 – *XLVI. Politik und Wirtshaft* (Braun e Ziegfeld, 1929: 46).

nuova visione del mondo), XLVI. *Politik und Wirtshaft* (Politica ed economia) e XLVIII. *Deutschland und Europa* (figura 2). Si tratta di una tipologia di carte, che per semplicità chiameremo tematiche, con chiara valenza politica, ben riconducibili per stile e modello compositivo alla produzione di inizio Novecento, maturata in particolare in ambito tedesco e italiano, seppur con specificità proprie, ancorché nelle somiglianze, che non è interesse qui commentare, rimandando ad altri studi (Herb, 1989; Boria, 2008). Quello che qui interessa è guardare a quali espedienti grafici vengono utilizzati nella sintesi cartografica per rendere comprensibili, si direbbe anche ordinate, dinamiche economiche, politiche e sociali estremamente complesse, se non confuse e caotiche. Il ricorso all'espediente grafico qui non ha valenza estetica o pittorica, come negli esempi riportati nei paragrafi precedenti, ma esplicativa, didascalica, cioè traduce in forme geometriche e tinte di colore le

forze che agiscono su uno spazio e gli effetti risultanti con espressività icastica notevole e alto portato informativo (qui anche congetturale).

È di poco anteriore alle precedenti il *Diagram to illustrate contrast between British and Chinese Empires*, realizzato da Lionel George Curtis nel 1916[5], nel quale le superfici degli Stati sono rappresentate in proporzione alla loro popolazione, secondo un procedimento anamorfico. I possedimenti britannici sono colorati di rosso per rafforzare l'importanza della Gran Bretagna e l'estensione territoriale del suo impero come immediato sinonimo di grandezza. L'ordine gerarchico delle potenze mondiali è tradotto nell'illustrazione cartografiche inglesi in uno stravolgimento delle forme (o ri-formazione, ἀναμόρφωσις).

La coerenza topologica e l'aderenza alle forme non sono attributi necessari in quelle rappresentazioni che si occupano di visualizzare e spiegare un certo tipo di relazioni spaziali, ma difficilmente si classificherebbero come carte geografiche. Nella *Nouvelle géographie universelle*, Elisée Reclus fa uso generoso di carte "tradizionali", di base e tematiche, ma al contempo sperimenta nuove forme di rappresentazione della totalità e della complessità del mondo inteso come sistema. Ne è un bell'esempio la raffigurazione della *Superficie comparée des possessions britanniques et du Royaume-Uni* (1879: 880)[6]. In quest'immagine il mondo appare ri-ordinato in un sistema di settori circolari di varia ampiezza in cui si spartiscono le "possessioni inglesi" dipartendosi radialmente a partire da un cerchio con campitura più scura che identifica le "Isole britanniche". Una rappresentazione britannocentrica che nello stile compositivo riporta all'ordine delle sfere celesti richiamate all'inizio di questo articolo.

Oggigiorno si è abituati alla condivisione di dati statistici per immagini, o meglio per infografiche, ma sono stati necessari diversi decenni perché le rappresentazioni grafiche delle statistiche prevalessero sulle tradizionali tabelle, ammantate forse queste da un'aurea di autorevolezza, che è tanto maggiore quanto più asciutta di orpelli è l'esposizione di cifre. Il ricorso a carte tematiche, in cui il dato quantitativo si tra-

[5] Consultabile nella *Persuasive Maps: PJ Mode Collection*: https://digital.library.cornell.edu/catalog/ss:3293861.

[6] Versione digitale, Bayerische Staatsbibliotek di Monaco: https://www.digitale-sammlungen.de/en/view/bsb11382394?page=914,915.

duce in campiture di colore e tonalità diverse o in forme proporzionalmente dimensionate, è divenuta una pratica consueta nella pubblicistica scientifica e divulgativa, con una decisiva impennata con lo scoppiare dell'epidemia di Covid-19, in cui si è da subito affrontato il problema di comunicare l'andamento della diffusione mondiale dei contagi rapidamente, servendosi di uno strumento immediato, apparentemente meno bisognoso di traduttori e facilmente aggiornabile come è una carta tematica. Una carta è molto utile non solo per orientare nello spazio, per pianificare e gestire i territori, ma permette di spazializzare la conoscenza di fenomeni, anche astratti, delle attività umane. Proiettate sul supporto materiale della carta le manifestazioni di fenomeni rende questi ultimi oggetti localizzati, ancorati, dei quali è possibile comprendere l'andamento o le interrelazioni.

Sfogliando l'*Atlas of economic development* (Ginsburg, 1961)[7], si potrà da un lato ammirare la coesistenza di nitidezza grafica e ricchezza di portato informativo per ciascuna tavola (si veda, ad esempio, la figura 9b del saggio di P. Macchia, ivi). La pulizia compositiva contrasta con la complessità della legenda, che richiede di essere studiata attentamente per poter interpretare i dati quantitativi tradotti nelle diverse campiture di colore e retinature (valori assoluti e percentuali, media mondiale, paesi e popolazione interessata per categoria in valori assoluti e percentuali). Questo espediente grafico rende possibile una visione sinottica, sintetica e spazializzata di fenomeni complessi, più difficili da districare e comprendere senza ricorrere alla mappa.

Nel particolare di una serie di quattro carte tematiche, riportato in figura 3, le forme del planisfero sottostante la rappresentazione dei flussi di studenti e studentesse a partire dai Paesi del Golfo sono scomparse, rimane una loro presenza nei nomi dei Paesi e nelle topologie relative. Si tratta di un distillato di geometrie che pur riusciamo a interpretare come rappresentazione spaziale (uno spazio di flussi e di relazioni) nella stessa misura in cui comunemente ci si orienta senza troppa fatica entro un grafo di una metropolitana, anche in città dove non si è mai stati, o come in maniera naturale associamo una valenza spaziale a un'immagine che riproduce lo schema topologico di una rete di comunicazione, come ad esempio l'Internet globale raffigurato da

[7] Sistema bibliotecario dell'Università di Pisa, Bibl. Salesiani, Cartoteca, 142.

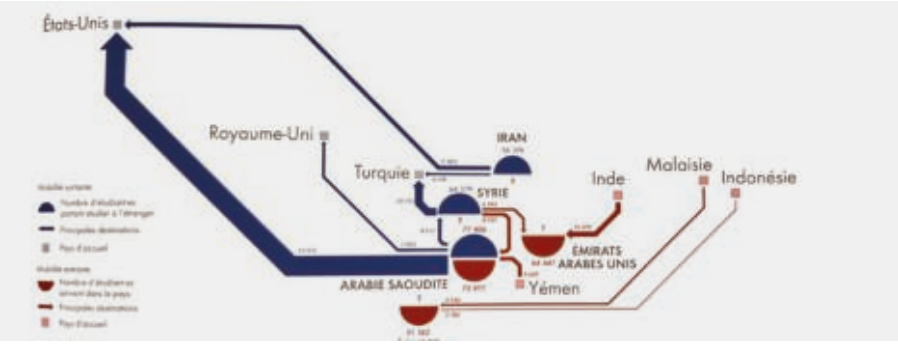


Figura 3 – *Mobilité des étudiantes et étudiants dans le pays du Golfe*, particolare (Zwer e Recacewitz, 2021: 243).

Louise Drulhe (2015) e pubblicato online nel *Critical Atlas of Internet. Spatial analysis as a tool for socio-political purposes*[8].

In un saggio del 1933 Korzybski afferma che «A map *is not* the territory it represents, but, if correct, it has a *similar structure* to the territory, which accounts for its usefulness» (1933: 58, corsivi dell'autore). È cosa ben nota che in funzione del tipo di proiezione utilizzata per rappresentare in piano la superficie terrestre, la carta avrà una distorsione in termini di rispetto delle grandezze lineari, degli angoli e delle forme o delle proporzioni areali. Tuttavia, sia che la distorsione sia palese e dichiarata, sia che le forme fisiche siano stravolte in geometrie astratte, viene naturale associare dei connotati spaziali a queste rappresentazioni, per poterle utilizzare in un ordine pratico.

Le carte servono ai diversi usi dello spazio e, proprio in forza di questa loro intrinseca utilità, a loro volta contribuiscono a modellare l'immagine mentale che si ha dello spazio. Ho provato personalmente questa esperienza di combinazione dell'utilità della carta con la rimodellazione dello spazio geografico e mentale, quando in un recente viaggio mi sono trovata a visitare degli ospedali rurali nella regione nordorientale dello Zimbabwe, nel distretto di Mutare. Si arriva in questi ospedali, dopo ore di strada sterrata in cui si incontrano pochi agglomerati di abitazioni se non nessuna, carichi di un senso di vastità misto a smarrimento e sollievo. Non sempre ci sono medici che operano in queste strutture, talvolta solo infermieri e paramedici, e,

[8] https://louisedrulhe.fr/internet-atlas/img-web/en-global2.svg.

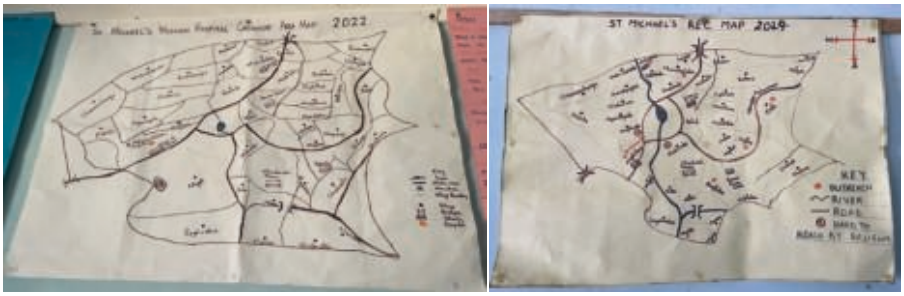


Figura 4 – Zimbabwe, Distretto di Mutare. Mappe delle aree di competenza dell'Ospedale missionario di St. Michael, 2022 e 2024.

Figura 5 – Zimbabwe, Distretto di Mutare. Carta delle aree di competenza dell'Ospedale missionario di Triashill e localizzazione effettiva di alcuni toponimi su Google Maps, 2024.

nonostante ciò, esse rappresentano l'unica possibile risposta a un bisogno sanitario di qualsiasi livello per vaste aree di territorio e un numero imprecisato di persone disposte a viaggiare anche per giorni, a piedi o con mezzi di fortuna per raggiungerle. Colpisce che all'ingresso di ogni ambulatorio, accanto a manifesti informativi su vaccinazioni, norme igieniche e pratiche di nutrizione, ci sia sempre una carta, disegnata a mano, che mostra l'area di competenza dell'ospedale.

Che si tratti di carte non-geometriche è evidente, anche non conoscendo la zona si nota bene che le rappresentazioni della stessa area in due anni diversi (2022 e 2024) divergono nelle geometrie (figura 4). Tentando una georeferenziazione di queste carta (figura 5), con non poche difficoltà non essendoci punti di controllo affidabili, si rende manifesta la forte difformità tra lo spazio rappresentato e quello reale. Nonostante ciò, queste carte sono ritenute di importanza

fondamentale per i soggetti che le hanno prodotte e per i destinatari, al pari delle regole di base per la nutrizione e per la vaccinazione. In questo caso, con più immediatezza che in altri, si concretizza l'idea che le rappresentazioni che si producono della realtà devono possedere i requisiti sufficienti per vivere e agire.

Se è vero che da un lato la diffusione del personal computer e di software per la produzione di cartografia digitale, così come l'accessibilità a mappe attraverso il web ha portato a una democratizzazione della carta, la questione dell'universalità del linguaggio cartografico si ripropone con la carta-disegno fatta a mano degli ospedali rurali dello Zimbabwe, che non si preoccupa di rispettare precisione e accuratezza del dato spaziale, ma partecipa alla costruzione della realtà del mondo sociale che rappresenta.

5. Quale futuro?

La modellazione spaziale digitale è già il futuro-presente, il nuovo ambiente in cui ci si muove, fisicamente (usando per esempio auto a guida autonoma) o virtualmente (nelle ricostruzioni tridimensionali e aumentate, nei cruscotti decisionali che integrano big data e indicatori di performances, ecc.). In che maniera e a quale velocità e intensità questa modellazione virtuale imprimerà il suo volto nello spazio reale sarà oggetto di studio e valutazione a venire.

Oggi parliamo di "città dei 15 minuti"[9], misuriamo la qualità della vita in base alla presenza dei servizi essenziali entro un'area di quindici minuti, ma già poco meno di un secolo fa Otto Neurath si interrogava, per via di rappresentazione su quali fossero i fattori che influenzano la qualità della vita in ambito urbano, spazializzandoli su una mappa con isotipi[10].

Il plastico tridimensionale che ha pre-animato tanti teatri di guerra è stato sostituito da modelli digitali tridimensionali che si alimentano

[9] Snap4City Dashboard, Visualizzazione dell'indice dei 15 minuti sull'area di Firenze: https://www.snap4city.org/dashboardSmartCity/view/index.php?iddasboard=MjkzOA==.

[10] Neurath, O. *Exemple of map with ISOTYPE symbols*, in *Visual Representation of Architectural Problems*, in «The Architectural Record», 1937, p. 56, https://www.architecturalrecord.com/ext/resources/archives/backissues/1937-07.pdf?-1025726400.

costantemente dei dati digitali che sensori acquisiscono dallo spazio fisico, e che sono con efficacia chiamati gemelli digitali, poiché come tali crescono modellandosi reciprocamente con la realtà che riproducono. L'immediato richiamo va al paradosso della carta dell'impero in scala 1:1 che Borges attribuisce a un notissimo quanto inesistente frammento[11], e che poi Umberto Eco riprenderà nel suo *Dell'impossibilità di costruire la carta dell'impero 1 a 1* (*Il secondo diario minimo*, 1992). In un certo modo, le recenti forme di rappresentazione della realtà sembrano aver avverata la possibilità di avere un duplicato del mondo, tridimensionale, aggiornabile e in scala 1:1, o addirittura più grande se si pensa al *digital twin* dell'organismo umano di cui si parla da qualche tempo in ambito medico. L'evoluzione delle tecniche di rilievo e di modellazione sembrano, quindi, rendere più accurata la rappresentazione del mondo, ma sarebbe un errore guardare al modello, seppure ordinato e perfetto, come si guarda alla realtà, senza considerare che in esso sono presenti distorsioni comunque imputabili alle riduzioni e semplificazioni che non sono eliminabili.

Cartografare la complessità, comprendendo in questo anche le rappresentazioni tridimensionali, è un esercizio di sintesi molto difficile, che implica sempre una interpretazione preliminare che si sviluppa nel quadro di processi metodologici precisi, ma allo stesso tempo modificabili e migliorabili. La scelta degli elementi (o i dati) da includere nella rappresentazione (o nel modello), i simboli con cui tradurli, i colori, lo stile compositivo e il mezzo attraverso cui far conoscere il risultato sono soltanto alcuni dei principali problemi che rendono ogni prodotto cartografico un artefatto tradizionalmente non neutro e da interpretare con cura.

Nell'immediato futuro l'integrazione dell'intelligenza artificiale, e in particolare di algoritmi di *machine learning* e *deep learning*, obbligherà

[11] « ... In quell'Impero, l'Arte della Cartografia giunse a una tal Perfezione che la Mappa di una sola Provincia occupava tutta una Città, e la mappa dell'impero tutta una Provincia. Col tempo, queste Mappe smisurate non bastarono più. I Collegi dei Cartografi fecero una Mappa dell'Impero che aveva l'Immensità dell'Impero e coincideva perfettamente con esso. Ma le Generazioni Seguenti, meno portate allo Studio della cartografia, pensarono che questa Mappa enorme era inutile e non senza Empietà la abbandonarono all'Inclemenze del Sole e degl'Inverni. Nei deserti dell'Ovest rimangono lacerate Rovine della Mappa, abitate da Animali e Mendichi; in tutto il Paese non c'è altra reliquia delle Discipline Geografiche. (Suárez Miranda, Viajes de varones prudentes, libro IV, cap. XIV, Lérida, 1658)». J.L. Borges, *Del rigore della scienza*, in «Storia universale dell'infamia», 1935, 1954.

ad un raffinamento, non solo delle tecniche di realizzazione cartografica in merito alla realtà presente e a quella prevista (come permettono di fare i modelli predittivi, gli scenari di *what-if*, ecc.), ma anche delle capacità di lettura critica delle diverse rappresentazioni dello spazio geografico per le quali, forse, il termine stesso di carta troverà nuovi significati.

Riferimenti bibliografici

Boria, E. (2008), *Geopolitical maps: a sketch history of a neglected trend in cartography*, in «Geopolitics», 13 (2), pp. 278-308, doi: 10.1080/14650040801991522.

Braun, F. und Ziegfeld, A.H. (1929), *Geopolitischer Geschichtsatlas*, Verlag von L. Ehlermann, Dresden.

Cerreti, C. (2001, a cura di), *Carte di riso. Genti, paesaggi, colori dell'Estremo Oriente nelle collezioni della Società Geografica Italiana*, Società Geografica Italiana, Roma.

Farinelli, F. (2009), *La crisi della ragione cartografica*, Piccola Biblioteca Einaudi (Ns).

Farinelli, F. (2000), *Friedrich Ratzel and the nature of (political) geography*, in «Political Geography», 19, pp. 943-955.

Ginsburg, N.S. (1961), *ATLAS of economic development with a Foreword by Bert F. Hoselitz and Part VIII, a Statistical Analysis, by Brian J.L. Berry*, University of Chicago Press, Chicago.

Harding, C. (1998), *Opening to God: the cosmographical diagrams of Opicinus de Canistris*, in «Zeitschrift für Kunstgeschichte», 61 Bd., H. 1, pp. 18-39.

Harley, J.B. (1990), *Cartography, ethics and social theory*, in «Cartographica», XXVII, 2.

Herb, G.H. (1989), *Persuasive cartography in Geopolitik and national socialism*, in «Political Geography Quarterly», Vol. 8 (3), pp. 289-303.

Korzybski, A. (1933), *Science and sanity. An introduction to non-aristotelian systems and general semantics*, Institute of General Semantics, New York.

Esiodo, *Teogonia*, trad. it. di E. Romagnoli (1929), OMBand Digital Editions.

Raffestin, C. (1987), *Repères pour une théorie de la territorialité humaine*, in «Cahier/Groupe Réseaux», n° 7, pp. 2-22, https://doi.org/10.3406/flux.1987.1053.

Reclus, E. (1879), *Nouvelle géographie universelle. La terre et les hommes. L'Europe du Nord-Ouest (Belgique, Hollande, Îles Britanniques)*, Vol. 4.

Turco, A. (2010), *Configurazioni della territorialità*, FrancoAngeli.

Zwer, N. e Rekacewicz, P. (2021), *Cartographie redicale. Explorations*, La Découverte, Paris.

Mapping digitali per la co-progettazione transcalare con le Comunità: un percorso di innovazione socio-territoriale e tecnologica

*Federica Burini e Alessandra Ghisalberti**

1. Introduzione

La crescente pressione delle sfide globali indotte dai cambiamenti climatici e dalla rapida urbanizzazione della Terra richiede l'adozione di nuovi approcci per l'analisi, la progettazione e la gestione territoriale. In particolare, siamo di fronte a un regime di vulnerabilità ordinaria (Lussault, Mirza, 2023), alla luce del quale, la transizione digitale in stretta connessione con quella ecologica, offre l'opportunità di ripensare le pratiche di governance per promuovere sostenibilità e resilienza dei territori. Questo contributo prospetta metodologie di ricerca per la rigenerazione e l'innovazione territoriale (Ghisalberti, 2018) adottando sistemi di mapping digitali per la co-progettazione territoriale (Burini, 2016, 2018, 2022), avviando, grazie al contributo dell'Università, una innovazione socio-territoriale e tecnologica utile alla governance multilivello (Burini, Ghisalberti, 2024).

Tale prospettiva considera infatti le Università come motori di innovazione sociale e culturale in quanto enti storicamente interessati allo sviluppo culturale "universale" e, dunque, impegnati a prospettare visioni connesse tra i diversi portatori di interesse. Centrale è il ruolo degli Atenei pubblici nella elaborazione di beni appunto di interesse universale e comunitario, mediante l'interazione tra approcci e metodologie ancorati alle tecnologie avanzate e, al contempo, a pratiche e processi partecipativi che coinvolgono un'ampia gamma di attori territoriali. L'articolo intende apportare un contributo al

* Seppure il contributo sia frutto di una riflessione condivisa da parte delle autrici (vedi paragrafi 1 e 5), si attribuiscono i paragrafi 2 e 3 ad Alessandra Ghisalberti e il paragrafo 4 a Federica Burini.

dibattito inerente alla cosiddetta "tripla elica allargata" (Etzkowitz, Leydesdorff, 2000; Carayannis *et al.*, 2012) partendo dalla riflessione sul ruolo rivestito dalle Università nella geografia della conoscenza (Lazzeroni, Piccaluga, 2015) e dimostrando l'importanza di approcci interdisciplinari nella governance territoriale che si avvalgono di strumenti geografici, come i mapping digitali, per il coinvolgimento degli abitanti. I risultati sottolineano come la stretta connessione tra le spinte globali e le dinamiche locali, invitino necessariamente ad individuare casi di studio concreti e ad avvalersi delle competenze tecnologiche per affrontare le sfide sociali contemporanee sperimentando soluzioni contestualizzate territorialmente.

2. Mapping digitali tra didattica, ricerca e terza missione

Se decliniamo il ruolo delle Università nell'ambito delle attività didattiche, scientifiche e di public engagement realizzate dai Geografi, particolare rilevanza assumono le metodologie di co-progettazione avviate con il coinvolgimento attivo delle comunità, insieme al ricorso agli strumenti di rappresentazione dei territori e, specialmente, a quelli cartografici. Si tratta di seguire delle fasi progressive di informazione, coinvolgimento, consultazione, concertazione e capitalizzazione, nelle quali risultano sempre presenti i mapping digitali, intesi quali sistemi comunicativi complessi in grado di veicolare messaggi territoriali tra l'interprete primo, colui che costruisce la carta, e l'interprete secondo, colui che la legge (Casti, 1998). In tale prospettiva, l'approccio riflessivo ai sistemi digitali cartografici può sostanziare le attività didattiche (di primo, secondo e terzo livello, oltre che di formazione continua), di ricerca e di terza missione poiché, se pensati non solo come meri strumenti tecnici, sono in grado di enfatizzare il ruolo strategico dell'innovazione culturale, sociale e territoriale per affrontare le sfide globali e locali[1]. Infatti, nell'ambito della ricerca, la cartografia può supportare tutte le fasi dello

[1] Al centro di questa visione si colloca l'Imago Mundi Lab, un laboratorio di ricerca interdisciplinare all'interno del Centro Studi sul Territorio "Lelio Pagani" dell'Università degli Studi di Bergamo, che sperimenta metodi e strumenti di analisi e di formazione orientati alle transizioni digitale ed ecologica. Si veda il link: https://cst.unibg.it/it/ricerca/imago-mundi-lab.

studio territoriale – dalla raccolta dei dati di terreno, all'elaborazione di indici e indicatori per focalizzare le dinamiche in atto, alla comunicazione dei risultati – così come i percorsi di co-progettazione del territorio facilitando il coinvolgimento degli abitanti; nella didattica, può fornire strumenti di approfondimento tematico e stimolare l'apprendimento collaborativo mediante casi di studio reali riferiti al contesto locale, in stretta connessione con le sfide globali, integrando le lezioni frontali con laboratori didattici, escursioni di terreno o tirocini; rispetto alla terza missione, consente di divulgare i risultati della ricerca avvalendosi di molteplici forme visuali, integrando la geolocalizzazione dei fenomeni territoriali con plurime informazioni qualitative e quantitative relative ai territori indagati, così come testi scritti, sistemi di placetelling, itinerari digitali con sistemi audiovisivi, video-clip o video-documentali.

Nella letteratura scientifica, l'integrazione tra didattica, ricerca e terza missione è spesso associata a un duplice effetto positivo: da un lato, in ambito universitario, i discenti beneficiano di un'esperienza formativa più stimolante e vicina alle frontiere del sapere (Brew, 2006); dall'altro, i ricercatori sono incentivati a tradurre le loro analisi in contenuti educativi e applicazioni pratiche (Griffiths, 2004). Questo circolo virtuoso si estende al ruolo dell'Università come agenti di innovazione e sviluppo territoriale, se si considera il modello della "Tripla elica" (Etzkowitz e Leydesdorff, 2000) che consente loro di generare conoscenza, trasformandola in valore sociale e politico, ma anche economico, attraverso partenariati con: le istituzioni, che assumono il ruolo di garanti del contesto formale (come nel caso delle Pubbliche Amministrazioni); gli *stockholders*, ossia i promotori di sviluppo socioeconomico (tra gli altri, gli investitori privati, le industrie, gli sviluppatori immobiliari e le fondazioni); e altri *stakeholders*, la cui finalità è generare consapevolezza sul capitale spaziale (Lévy, 2003), un'attività perpetuata dalle associazioni, dai comitati, dai gruppi di abitanti.

Assumendo tale prospettiva, gli attori coinvolti nei processi di co-progettazione territoriale possono collaborare attraverso un approccio che definiamo a "tripla elica allargata", condividendo modelli di azione per generare innovazione mediante l'interazione di bisogni, conoscenze, competenze e capitali. In quest'ottica, è strategico includere alla riflessione un quarto attore: gli abitanti, che attivano relazioni con gli esseri non-umani, generando biodiversità culturale e naturale

del territorio (Carayannis, Barth, Campbell, 2012). Questo approccio permette di intendere le Università e, in generale, i territori, quali *hub* di reti multiattoriali che contribuiscono alla costruzione dell'identità locale e alle trasformazioni urbane, stimolando una partecipazione attiva e sostenibile da parte delle diverse componenti territoriali, favorendo nuove relazioni tra contesti urbano-rurali e integrando progetti innovativi (Lazzeroni, Piccaluga, 2015).

3. Rappresentazioni cartografiche e immaginari plurali: metodi e approcci per le transizioni digitale ed ecologica

Negli ultimi decenni la diffusione capillare degli strumenti digitali ha stravolto le dinamiche degli abitanti, generando effetti in ogni ambito sociale e culturale. Da un lato, sono cambiati i contenuti, le modalità espressive e le tecnologie a supporto della comunicazione territoriale; dall'altro, sono stati sperimentati metodi e strumenti a supporto della comunicazione con il coinvolgimento degli abitanti. Si sono così intensificate le riflessioni sulle Digital Humanities, un ambito di ricerca interdisciplinare che ha come obiettivo lo studio dell'interazione tra strumenti tecnologici e scienze umanistiche e sociali (Burdick, Drucker, Lunenfeld, Presner, Schnapp, 2012; Cairo, 2013). E anche la geografia ha promosso riflessioni sugli esiti del digitale rispetto all'analisi e alla progettazione territoriale in relazione alla diffusione capillare di dispositivi informatici georeferenziati (GPS, fotocamere, registratori audio, videocamere, smartphone) e software (GIS, programmi di statistica, ecc.), così come della costante produzione – non sempre consapevole – di dati georeferenziati (statistici, d'archivio, di terreno, Big Data, ecc.) quale esito delle fruizioni materiali e immateriali dei luoghi nel quotidiano degli abitanti (Belotti e Ghisalberti, 2024). Tali sistemi geografici digitali hanno contribuito a sviluppare metodi di analisi del territorio (data mining, modelli di previsione, simulazioni, ecc.), sperimentare forme di rappresentazione (euclidea, anamorfica, auto-estensiva, ecc.), integrare supporti di visualizzazione (cartaceo, online, video, ecc.) e permettere vari livelli di interattività con l'utente finale (statico, dinamico, multimediale, interattivo, ecc.), contribuendo alla transizione digitale.

Al contempo, la "Grande Accelerazione" dell'antropizzazione della Terra dagli anni Cinquanta (McNeill e Engelke, 2018) ha prodotto un sistema-Mondo basato su un'urbanizzazione planetaria che ha generato l'Antropocene, un'era geologica condizionata dall'uomo nelle dinamiche fisiche, chimiche e biologiche della terra (Crutzen e Steffen, 2003). Il livello eccessivo di crescita economica e sfruttamento delle risorse ha prodotto un'inedita antropizzazione del pianeta con il conseguente collasso della biodiversità, l'acidificazione degli oceani, l'esaurimento delle risorse naturali, il buco dell'ozono e il surriscaldamento della terra. Di fatto, gli impatti degli esseri umani sugli assetti e i processi della natura sono sempre più capillari, forti e irreversibili, rendendo non procrastinabile una transizione ecologica per ridurre le azioni antropiche sulle dinamiche coevolutive con gli esseri non umani a scala mondiale. In tale prospettiva, l'Università può assumere un ruolo strategico per proporre riflessioni teoriche, ma anche metodi e strumenti a supporto del passaggio dai combustibili fossili a fonti di energia rinnovabili e sostenibili attraverso il contributo delle discipline tecnico-ingegneristiche, così come di quelle umanistico-sociali. In particolare, la geografia è in grado di far emergere gli aspetti cruciali delle relazioni tra esseri umani e non umani al fine di prospettare il benessere degli abitanti e delle comunità di fronte alle condizioni di vulnerabilità della terra, immaginando una "cultura" della transizione ecologica quale condizione necessaria e imprescindibile per un nuovo regime dell'abitare, più sostenibile e inclusivo. Da un lato, si rende necessario sensibilizzare gli abitanti, renderli consapevoli delle ricadute trans-scalari delle proprie azioni, educare alla complessità del territorio tramite sguardi interdisciplinari, favorire la cura dei luoghi di vita quotidiana quale base imprescindibile per far fronte ai cambiamenti climatici; dall'altro, risulta imprescindibile un'azione condivisa tra istituzioni, privati e stakeholders territoriali per immaginare relazioni sociali, processi politici e strategie di governance utili a favorire la consapevolezza e generare nuove pratiche sui luoghi della terra intesi come beni pubblici e patrimonio culturale comune.

Di fatto, l'applicazione di diverse forme di rappresentazione cartografica digitale, integrata con metodi di apprendimento collaborativo e immersivo, contribuisce a rafforzare una sensibilità rispetto alle culture dei luoghi. Ciò contribuisce a generare nuove spazialità e inediti

immaginari del mondo, fortemente connessi con le dinamiche locali e applicabili in numerosi campi del sapere, producendo lo *spatial turn*[2] come fondamento delle *twin transitions* digitale ed ecologica.

Un approccio interdisciplinare, partecipativo, reticolare e transcalare è fondamentale per affrontare le sfide delle transizioni digitale ed ecologica. Attraverso una co-progettazione territoriale che integra prospettive locali con le sfide globali è possibile sviluppare reti di collaborazione in grado di abbracciare molteplici livelli decisionali. Tale approccio consente di affrontare problemi complessi con una visione sistemica, sfruttando strumenti e metodologie geografici per supportare decisioni informate e partecipative in quanto fondate su una conoscenza del territorio generata insieme agli abitanti.

In particolare, integrando visioni topografiche e corografiche, la rappresentazione del territorio gioca un ruolo cruciale nella comprensione e gestione delle dinamiche degli abitanti: la cartografia dinamica[3], i disegni topologici, i sistemi informativi geografici e collaborativi – principalmente su base webGIS – consentono di sperimentare metodi innovativi per l'analisi territoriale. L'integrazione di tali strumenti con tecnologie avanzate, come l'intelligenza artificiale e i *big geo data*, apre ulteriori opportunità per la visualizzazione di fenomeni complessi, promuovendo una partecipazione attiva e informata degli abitanti. Di fatto, l'uso dei *Big Data* geospaziali, combinato con algoritmi di intelligenza artificiale, consente una comprensione più profonda delle dinamiche urbane e ambientali, facilitando decisioni più rapide e in grado di ottimizzare la gestione delle risorse e prevedere scenari futuri (Tulloch e MacDonald, 2021; Zhang e Ratti, 2022).

Queste potenzialità sono ulteriormente potenziate dalla crescente necessità di esplorare nuove opportunità per una pianificazione territoriale più dinamica ed efficiente, fondata sull'integrazione di

[2] Si fa riferimento alla «svolta spaziale» che ha reso centrale la dimensione spaziale in diversi ambiti delle discipline sociali, palesando la stretta relazione tra la localizzazione delle dinamiche degli abitanti, gli aspetti culturali dei luoghi e le loro connessioni trans-scalari; si veda: Lussault, 2017. Alla svolta spaziale corrisponde una svolta nella rappresentazione, ovvero un «cartographic turn»; si veda: Lévy, 2016.

[3] La cartografia dinamica, nello specifico, si distingue per la capacità di integrare dati in tempo reale e rappresentare fenomeni complessi attraverso visualizzazioni interattive e multilivello (Taylor, 2019).

soluzioni tecnologiche innovative, come il mapping digitale e strumenti multimediali avanzati per supportare la transizione digitale e affrontare con maggiore precisione e tempestività le sfide ambientali e sociali. Tra le tecnologie impiegate figurato i GIS (Geographic Information Systems) per la realizzazione di analisi spaziali dettagliate attraverso l'organizzazione di *mapathon* o l'elaborazione e la somministrazione di mapping collaborativi e geo-questionari per la raccolta di dati primari dagli abitanti (Burini e Ghisalberti, 2020)[4]. A questi strumenti si aggiungono i laboratori multimediali per l'utilizzo di droni e lo studio della *virtual reality* per l'analisi di modelli territoriali complessi e le tecnologie per la capitalizzazione delle informazioni raccolte (come, per esempio, i video-documentali) e dei dati della ricerca (siti internet, social media, ecc.) che permettono di sviluppare nuove prospettive per la pianificazione territoriale, migliorando la capacità di risposta alle sfide ambientali e sociali. Allo stesso modo, gli approcci dedicati alla transizione ecologica per affrontare le priorità delineate da programmi internazionali come l'Agenda 2030 delle Nazioni Unite sono declinati nelle esperienze interdisciplinari avviate nell'ambito della formazione e della ricerca universitaria – oltre che ai momenti di *public engagement* – attraverso le aule territoriali, i *living labs*, i *focus group* e gli spazi espositivi, che risultano fondamentali per favorire il dialogo tra università, comunità locali, pubbliche amministrazioni e settori privati (Carayannis *et al.*, 2012)[5]. In questo contesto, viene enfatizzato il ruolo degli Atenei come luoghi di cambiamento sociale e culturale che – attraverso l'adozione di approcci partecipati e multiscalari, sostenuti da tecnologie digitali avanzate – sono in grado di elaborare strategie cruciali per trasformare i territori, guidandoli verso un futuro più equo e sostenibile.

[4] Tali strumentazioni, inoltre, tendono a favorire il dialogo tra conoscenze tecniche ed esperienziali, rafforzando il legame tra governance e cittadinanza e promuovendo decisioni più inclusive e sostenibili (Burini, 2022).

[5] Esempi sono riscontrabili presso l'Università degli studi di Bergamo, dove il team dell'Imago Mundi Lab ha sperimentato attività didattiche fortemente connesse con quelle di ricerca e terza missione, tramite metodi *challenge-based* e collaborativi (Burini, D'Urso, Ghisalberti, 2023).

4. Mapping digitali per la co-progettazione territoriale: l'Imago Mundi Lab dell'Università degli studi di Bergamo

Negli ultimi decenni, il ruolo delle tecnologie digitali, soprattutto nelle loro declinazioni cartografiche, è diventato cruciale per supportare i più svariati ambiti dell'abitare, dai servizi di mobilità, alla gestione del mercato immobiliare, le scelte legate alla ricettività e alla ristorazione, ed in particolare nell'ambito della progettazione e poi pianificazione territoriale. In tale contesto, il team di Geografi che hanno fondato l'Imago Mundi Lab ha sperimentato diverse attività di ricerca, strettamente connesse con la didattica e la terza missione, coinvolgendo anche le competenze di altre discipline, al fine di incentivare lo sviluppo di iniziative di co-progettazione in diversi contesti territoriali in cui oggi l'Università degli Studi di Bergamo sta avviando progetti di sviluppo strategico alla scala di Ateneo.

Di seguito presentiamo le riflessioni sottese ad alcuni progetti di ricerca che, basati su partenariati con Istituzioni, *stockholders* e *stakeholders* territoriali, hanno sperimentato metodologie di co-progettazione e mapping digitali, volti a promuovere una governance territoriale inclusiva, favorire processi decisionali informati e stimolare ecosistemi territoriali innovativi. In tali contesti, i sistemi cartografici digitali – integrando approcci collaborativi *de visu* e a distanza – sono diventati lo strumento comunicativo centrale per tre principali obiettivi: da un lato, produrre e veicolare una conoscenza non banale dei "laboratori territoriali", ovvero i luoghi oggetto di studio, sottolineando le relazioni di coabitazione tra gli esseri umani, così come tra gli esseri umani e non umani, e delineando la complessità socio-culturale del sistema territoriale a partire dalla rappresentazione del paesaggio; dall'altro, promuovere una ricerca-azione in grado di creare strumenti per una progettazione territoriale partecipata con l'attivo coinvolgimento delle diverse categorie di abitanti (residenti, pendolari, turisti, associazioni, scuole, ecc.); dall'altro ancora, adottare un approccio integrato tra ricerca, didattica e terza missione per formare studenti e ricercatori junior sulle potenzialità delle metodologie interdisciplinari di apprendimento collaborativo.

Nello specifico, i casi di studio riguardano tre "laboratori territoriali strategici": uno avviato nel Comune di Pisogne sul lago d'Iseo in

Figura 1 – Pisogne Map: mapping digitale per la creazione di ecosistemi territoriali di innovazione.

Provincia di Brescia, per una rigenerazione in rete tra lago e montagna; e due progettualità avviate in Provincia di Bergamo, per il Piano di Sviluppo Locale del GAL-Gruppo di Azione Locale dei Colli di Bergamo e del Canto Alto e per la rigenerazione territoriale e reticolare della Valle di Scalve.

Pisogne: verso una rigenerazione in rete tra lago e montagna

Il progetto *Pisogne: verso una rigenerazione in rete tra lago e montagna* ha l'obiettivo di esplorare le potenzialità del territorio prospiciente il lago d'Iseo, al confine tra la Provincia di Brescia e quella di Bergamo, analizzandone le risorse naturali, culturali, architettoniche e urbanistiche, con un focus sulla percezione e competenza delle diverse categorie di abitanti[6]. In particolare, si sottolinea l'importanza del coinvolgimento delle diverse espressioni della comunità residente (anziani, imprenditori, aziende agricole, associazioni, ecc.), portatori di conoscenze e valori profondamente radicati nel territorio, coinvolti

[6] Per informazioni più dettagliate inerenti alla progettualità in atto presso il Comune di Pisogne e per una maggiore contezza delle attività svolte in tale ambito, si rimanda al seguente link: https://cst.unibg.it/it/node/120 (ultimo accesso: marzo 2025).

fin dall'inizio, in un processo di co-progettazione per la valorizzazione delle risorse all'interno di una rete di connessioni multiscalare.

A tale scopo, è stato ideato e realizzato un sistema cartografico digitale, denominato "Pisogne Map", abbinando la tecnica del geo-questionario alle tecnologie webGIS per supportare un processo di rigenerazione territoriale in grado di sottolineare la stretta connessione tra le aree montane e lacustri del versante orientale sebino. Tale sistema di mapping ha costituito la base per raccogliere e analizzare dati eterogenei provenienti da abitanti, istituzioni e attori economici, fornendo una rappresentazione dettagliata delle dinamiche territoriali, delle criticità, delle opportunità e dei bisogni. Essa, inoltre, ha prodotto una rappresentazione condivisa con gli abitanti del patrimonio culturale e naturale del Comune di Pisogne, evidenziandone le potenzialità per la promozione di forme di turismo lento e responsabile che dal centro di Pisogne affacciato direttamente sul lago, possano diramarsi in modo diffuso anche nelle frazioni e nelle contrade dei versanti, al fine di contrastare il progressivo spopolamento.

Dal punto di vista tecnologico, l'innovazione per questo territorio è stato il ricorso, per la prima volta, a sistemi di mapping digitali, ideati su base ArcGIS, contenenti geo-questionari, utili a raccogliere dati qualitativi direttamente dagli abitanti e inerenti alle potenzialità del territorio per l'identificazione di strategie di valorizzazione volte a una rivitalizzazione delle aree montane e lacuali a seguito della perdita delle funzioni originarie residenziali o produttive e una rigenerazione del centro storico. Le informazioni ottenute attraverso il sistema – insieme ai dati acquisiti dalla consultazione a interlocutori privilegiati e dagli incontri e *living labs* realizzati con le associazioni operanti nel territorio – sono state integrate all'interno del sistema webGIS, arricchendo il mapping con dettagli sulle necessità delle comunità locali. Tale processo ha reso la cartografia, da mero strumento di rappresentazione, a sistema comunicativo dinamico, utile agli amministratori per avviare un percorso di co-progettazione, adattandosi nel tempo alle esigenze emergenti, oggetto di monitoraggio continuo e di aggiornamento, e sistema utile per guidare le decisioni strategiche in modo flessibile e inclusivo.

Il Piano di Sviluppo Locale 2023-2027 del GAL dei Colli di Bergamo e del Canto Alto

Il progetto di ricerca, avviato in seguito ad una richiesta della Direzione del GAL dei Colli di Bergamo e del Canto Alto, ha avuto un duplice obiettivo corrispondente a due fasi di lavoro realizzate mediante un approccio geografico partecipativo[7]. Il primo obiettivo, e dunque la prima fase, ha riguardato la realizzazione di uno studio socio-territoriale dell'area periurbana bergamasca afferente al GAL-Gruppo di Azione Locale dei Colli di Bergamo e del Canto Alto[8] creato nel 2017 da Regione Lombardia, nell'ambito della Strategia Europea LEADER (*Liaison Entre Actions de Développement de l'Économie Rurale*) e costituito da 7 Comuni bergamaschi, per proporne un'estensione ad altri 12 Comuni, fondata su elementi di coesione geografica, e la conseguente ridenominazione in GAL-Gruppo di Azione Locale delle Colline bergamasche[9]. Il secondo obiettivo, che ha innescato la seconda fase, è stato di attivare un percorso di co-progettazione con gli abitanti di tutti i 19 Comuni della nuova configurazione territoriale ottenuta dalla fase precedente, volta a identificare le principali sfide ambientali, sociali, economico-produttive del territorio, per poter indirizzare la nuova Strategia di Sviluppo Locale 2023-2027 prevista dalla fase di rinnovo del finanziamento regionale nel corso del 2023[10].

[7] Per un approfondimento sugli obiettivi, la metodologia sviluppata e i risultati della ricerca, si veda: Belotti *et al.*, 2023.

[8] Il GAL dei Colli di Bergamo e del Canto Alto era un ente sovracomunale a supporto dei processi di sviluppo locale mediante progetti legati all'agricoltura, al turismo sostenibile, alla valorizzazione del patrimonio naturale e culturale. Recentemente, come accennato, ha cambiato denominazione in "GAL delle Colline bergamasche" per meglio favorire la cooperazione tra i 19 comuni coinvolti. Per maggiori dettagli, si veda il relativo sito internet: https://www.galcollinebergamasche.it/ (ultimo accesso: 1° gennaio 2025).

[9] L'obiettivo principale era prospettare un ampliamento dell'area di intervento del GAL, passando dai precedenti sette comuni a un totale di diciannove. I comuni – afferenti alla provincia di Bergamo – interessati dall'espansione sono Almè, Paladina, Ponteranica, Ranica, Sorisole, Torre Boldone, Villa d'Almè, Albano Sant'Alessandro, Almenno San Bartolomeo, Almenno San Salvatore, Alzano Lombardo, Barzana, Cenate Sopra, Cenate Sotto, Nembro, Palazzago, Scanzorosciate e Villa di Serio.

[10] La Strategia di Sviluppo Locale del GAL delle Colline bergamasche è stata finanziata da Regione Lombardia con un annuncio pubblicato nel settembre del 2023. Ulteriori dettagli inerenti alla progettualità, sono disponibili a questo link: https://dllcs.unibg.it/it/node/7839 (ultimo accesso: 1° gennaio 2025).

Figura 2 – Web App *Piano di Sviluppo Locale 2023-2027 del GAL dei Colli di Bergamo e del Canto Alto*.

In tale prospettiva, a supporto delle due fasi della ricerca, l'Imago Mundi Lab ha sviluppato una Web App che ha integrato una mappatura interattiva, aggiornabile in tempo reale, in grado di visualizzare risorse e bisogni territoriali e che, lungi dal costituire un mero strumento tecnico, diventa la base per una co-progettazione strategica ancora in corso. Infatti, il sistema cartografico digitale è stata la base per consolidare, con il supporto scientifico dell'Imago Mundi Lab, l'ampliamento territoriale del GAL ma soprattutto per rafforzarne il ruolo di catalizzatore di sviluppo e innovazione territoriale proiettando l'intero sistema territoriale dei 19 Comuni della fascia periurbana settentrionale di Bergamo in un'inedita fase di progettazione territoriale condivisa e unitaria, e sottolineando al contempo la sua funzione di connessione collinare tra la montagna, la città e la pianura bergamasca.

Esso, inoltre, costituisce la base per avviare nell'immediato futuro una più efficace e costante integrazione strategica con altri GAL lombardi che, grazie all'Università, saranno coinvolti in percorsi integrati di ricerca, didattica e formazione trans-vallivi attorno al Massiccio Orobico. Il metodo avviato con il GAL delle colline bergamasche, consentirà anche nelle fasi successive di attuazione della nuova Strategia, di coinvolgere tutti gli abitanti e, in particolare, i giovani, ma anche gli studenti, i laureandi e i ricercatori junior che, con la guida di

ricercatori senior, possono sperimentare le diverse fasi dello studio e delle relazioni intessute dall'Università con le Istituzioni, gli *stockholders* e gli *stakeholders* dei territori, diventando la base conoscitiva necessaria per rispondere in modo puntuale ai bisogni delle comunità locali mediante metodi partecipativi integrati online e in presenza.

Dunque, anche in questo caso, le tecnologie digitali e i mapping diventano uno strumento per la co-progettazione, facilitando la partecipazione comunitaria. Attraverso la sovrapposizione di strati informativi (come, ad esempio, layer specifici per evidenziare le aree protette, i sistemi di mobilità e le realtà imprenditoriali), è possibile rappresentare le dinamiche territoriali in modo visivo e intuitivo, favorendo il dialogo tra le diverse parti coinvolte. Infatti, un aspetto cruciale per la progettualità avviata è il coinvolgimento diretto delle comunità locali attraverso *focus group* dedicati e sessioni di consultazione, nell'ambito dei quali le mappe svolgono il ruolo di mediatori visivi e territoriali. Di conseguenza, le rappresentazioni cartografiche agiscono da catalizzatori per la discussione e la progettazione partecipata, costituendosi quale strumento di esplorazione di scenari alternativi e valutazione delle implicazioni di diverse scelte progettuali.

Verso una rigenerazione comunitaria della Valle di Scalve: un nuovo turismo per un nuovo abitare

Il terzo "laboratorio territoriale" riguarda la Valle di Scalve che rappresenta un esempio significativo di progetto di governance multilivello per la rigenerazione paesaggistica in un contesto montano. Segnata storicamente dal primo disastro industriale alpino (1923)[11], la valle è al centro di un progetto di ricerca, che intreccia esperienze di didattica e di terza missione, che si avvale di "Scalve Map", un sistema di mapping digitale per promuovere la valorizzazione del patrimonio culturale e ambientale e il turismo sostenibile[12]. Si tratta di un sistema

[11] In occasione del centenario del crollo della diga del Gleno, l'Università degli studi di Bergamo ha organizzato una serie di iniziative per conoscere e fare memoria della tragedia che il 1° dicembre 1923 lasciò in Val di Scalve e nelle Alpi Orobie; per un approfondimento, se veda Burini, Ferlinghetti, Ghisalberti, 2023.

[12] Per maggiori dettagli riguardanti il progetto e le attività promosse nell'ambito della ricerca, si rimanda al seguente sito web: https://cst.unibg.it/it/ricerca/imago-mundi-lab/progetto-valle-scalve (ultimo accesso: 1° gennaio 2025).

Figura 3 – Scalve Map: un sistema per la co-progettazione territoriale di fronte alle sfide globali.

di mapping collaborativo che ha permesso la ricognizione partecipata delle risorse del territorio della Valle di Scalve, mettendo in evidenza la ricchezza di oltre 300 risorse distribuite all'interno del territorio considerato. Le risorse identificate includono elementi culturali, naturali, opportunità di micro-imprenditoria e percorsi per la mobilità sostenibile, alcuni dei quali si prestano a iniziative di rigenerazione e che possono essere valorizzate attraverso strategie di sviluppo, anche in chiave di turismo responsabile e diffuso (Burini e Ghisalberti, 2024).

L'integrazione della mappa nella piattaforma online ScalveMap offre agli utenti la possibilità di accedere a informazioni dettagliate e consultare percorsi progettuali co-creati, focalizzati su quattro temi principali: il sistema agro-silvo-pastorale, l'ambiente, l'industria, lo sport. Di nuovo, essa costituirà la base non solo per la conoscenza, ma anche per la co-progettazione territoriale.

Questo sistema si inserisce nel più ampio piano di sviluppo strategico attualmente in fase di definizione per la valle, dove la cartografia ha svolto un duplice ruolo: da un lato, come strumento operativo per la pianificazione strategica; dall'altro, come mezzo per promuovere una consapevolezza collettiva sulle potenzialità del territorio. Anche in questo caso, infine, il mapping costituisce uno strumento di dialo-

go e interazione interna all'Università tra studenti, ricercatori junior e docenti che collaborano alle scelte contenutistiche, visuali e scalari del mapping, così come esterna tra istituzioni, *stockholders* e *stakeholders* che, guidati, stimolati e messi in relazione dall'Università, creano dibattiti, alleanze e confronti sul territorio rappresentato.

Tale sistema, inoltre, prevede l'inserimento di una serie di interviste a interlocutori privilegiati del territorio, che – insieme ai *focus group* e ai *living labs* condotti – hanno permesso agli attori locali di analizzare dati cartografici e sviluppare soluzioni condivise. Le metodologie di co-progettazione, abilitate dalle tecnologie, hanno permesso di generare sistemi comunicativi innovativi, dinamici, aggiornabili in base ai feedback della comunità e alle nuove informazioni raccolte sul campo, rafforzando così il senso di appartenenza e responsabilità verso il territorio.

5. Riflessioni conclusive: dalle progettualità a nuovi sistemi di governance territoriale

L'avvio di nuove metodologie di ricerca collaborativa che integrano le tecnologie digitali e, in particolare, gli webGIS, intesi come sistemi comunicativi complessi, apre nuove prospettive alla ricerca rafforzando il ruolo strategico della comunità dei Geografi, nella progettazione dei territori che mette al centro i bisogni e il coinvolgimento degli abitanti. Infatti, le metodologie di co-progettazione, se realizzate con l'ausilio dei mapping digitali, diventano utili sistemi non soltanto per produrre conoscenza sui territori, ma anche per facilitare una nuova governance multilivello, in grado di sperimentare all'interno di tavoli sempre più ampi e allargati alle varie istituzioni pubbliche e private, nonché alle comunità, nuove forme dell'abitare, più sostenibili e inclusive, di fronte alle molteplici sfide globali del nostro tempo. In tale prospettiva, l'azione dell'Università, integrando la ricerca con la didattica e la terza missione, può generare un impatto significativo sulla società, stimolando nuove riflessioni e al contempo nuove strategie di governance per lo sviluppo territoriale. La governance, se realizzata mediante una prospettiva multilivello e comunitaria, coinvolgendo gli abitanti nei processi decisionali, può condurre a un miglioramento dell'inclusione sociale per una transizione digitale ed ecologica. Sistemi come i

geo-questionari e i mapping digitali, abbinati a focus group e living lab, possono potenziare il coinvolgimento delle comunità locali, rafforzando la coesione sociale e contribuendo alla costruzione di relazioni più solide tra gli attori coinvolti.

Le varie progettualità avviate dal gruppo di Geografi dell'Imago Mundi Lab, abbinando metodi di co-progettazione con le comunità e l'adozione di tecnologie cartografiche collaborative, ha portato ad una ulteriore innovazione nella governance territoriale promossa dall'Università degli studi di Bergamo, sempre all'insegna della realizzazione del modello a "Tripla elica allargata" nel territorio provinciale bergamasco. Si tratta della ideazione e progettazione, da parte dei Geografi dell'Ateneo, di una nuova struttura di ricerca-azione, denominata "OrobieLab", un braccio tecnico-scientifico che affianca le attività dell'Osservatorio per la montagna della Provincia di Bergamo. Quest'ultimo è un'istituzione con funzione politica che riunisce le Comunità montane, i GAL, i Bacini Imbriferi della Provincia di Bergamo, il CAI di Bergamo e il Parco regionale delle Orobie Bergamasche, sotto il coordinamento del delegato alla montagna della Provincia di Bergamo. OrobieLab, inaugurato nei primi mesi del 2025, è un laboratorio che ha sede presso l'Università di Bergamo all'interno del Centro studi sul territorio "Lelio Pagani", coordinato dai Geografi dell'Imago Mundi Lab, con il grande obiettivo di ascoltare i bisogni dei territori montani, proporre sinergie di sistema che superino l'attuale frammentazione progettuale, ed avviare nuove iniziative di co-progettazione tra i territori delle prealpi e Alpi Orobie bergamasche, al fine di rispondere alle sfide demografiche, produttive, legate alla mobilità e allo sviluppo locale, evitando una banalizzazione dei luoghi e, viceversa, sottolineando la complessità territoriale in prospettiva reticolare e transcalare.

Le sfide globali, declinate a livello locale, richiedono un impegno continuo in ricerca e innovazione per garantire la sostenibilità delle politiche territoriali a tutte le scale, mediante meccanismi di governance multilivello che, con il supporto strategico dei Geografi e di altri esperti, possono superare i localismi per mediare, coordinare, orchestrare in modo sistemico delle azioni utili allo sviluppo delle comunità nel loro complesso, valorizzando i paesaggi e con essi il patrimonio materiale e immateriale delle comunità attuali e future.

Riferimenti bibliografici

Belotti, S. e Ghisalberti, A. (2024), *Digital Humanities e patrimonio culturale: metodi e mapping interdisciplinari per la comunicazione con gli abitanti*, in Masetti, C., Spadafora, G. (a cura di), *Digital humanities, patrimonio culturale e applicazioni geostoriche*, LabGeo Caraci, Roma, pp. 71-83.

Belotti, S., Burini, F. e Ghisalberti, A. (2024), *L'Università tra ricerca e co-progettazione: l'applicazione del modello a Tripla Elica allargata ai Gruppi di Azione Locale*, in «Geography Notebooks», 7 (2), pp. 43-63.

Burini, F. (2016), *Cartografia partecipativa. Mapping per la governance ambientale e urbana*, Milano, FrancoAngeli.

Burini, F. (2018), *Valorizzare il paesaggio e i saperi locali dei territori rurali in chiave smart: le potenzialità dei sistemi di mapping e di storytelling per una promozione turistica sostenibile*, in «Annali del turismo», VII, pp. 141-159.

Burini, F. (2022), *Mapping and participation in the topos and chora test*, in Debarbieux, B., Hirt, I. (eds.), *The politics of mapping*, London, John Wiley & Sons, pp. 69-90.

Burini, F., D'Urso, M.G. and Ghisalberti, A. (2023), *Challenge based learning geoscience: student-oriented teaching for digital mapping*, in «ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», pp. 11-18.

Burini, F., Ferlinghetti, R. e Ghisalberti, A. (2023), *Trame territoriali tra memorie interrotte, paesaggi ritrovati e rigenerazione comunitaria nella Valle di Scalve*, in Migliorati, L. (a cura di), *A partire da quel che resta. Il disastro del Gleno tra storia e paesaggio, memoria e futuro (1923-2023)*, FrancoAngeli, Milano, pp. 151-186.

Burini, F. e Ghisalberti, A. (2024), *Le risorse idriche come trame di rigenerazione comunitaria: la diga del gleno tra memoria e innovazione in Valle di Scalve*, in «Documenti Geografici», 1, pp. 55-77.

Brew, A. (2006), *Research and teaching: beyond the divide*, Londra, Palgrave Macmillan.

Carayannis, E.G., Barth, T.D. and Campbell, D.F.J. (2012), *The Quintuple Helix innovation model*, in «Journal of Innovation and Entrepreneurship», 1 (2), https://doi.org/10.1186/2192-5372-1-2.

Casti, E. (1998), *L'ordine del mondo e la sua rappresentazione. Semiosi e autoreferenza cartografic*a, Milano, Unicopli.

Crutzen, P.J. and Steffen, W. (2003), *How long have we been in the Anthropocene era?*, in «Climate Change», n. 61, pp. 251-257.

Etzkowitz, H. and Leydesdorff, L. (2000), *The dynamics of innovation: from national systems and 'Mode 2' to a triple helix of university–industry–government relations*, in «Research Policy», 29 (2), pp. 109-123.

Ghisalberti, A. (2018), *Rigenerazione urbana e restituzione di territorio. Metodi e mapping di intervento in Lombardia*, Mimesis, Milano.

Griffiths, R. (2004), *Knowledge production and the research–teaching nexus: the case of the built environment disciplines*, in «Studies in Higher Education», 29 (6), pp. 709-726.

Lazzeroni, M. and Piccaluga, A. (2015), *Beyond 'town and gown': the role of the university in small and medium-sized cities*, in «Industry and Higher Education», 29 (1), pp. 11-23, https://doi.org/10.5367/ihe.2015.0241.

Lévy, J. (2003), *Capital spatial*, in Lévy, J. et Lussault, M. (2003, éds.), *Dictionnaire de la géographie et des espaces des sociétés*, Belin, Parigi, pp. 124-126.

Lévy, J. (2016, ed.), *A cartographic turn. Mapping and the spatial challenges in social sciences*, Routledge, Oxford.

Lussault, M. (2017), *Hyper-lieux: les nouvelles géographies politiques de la mondialisation*, Seuil, Parigi.

Lussault, M. et Mirza, V. (2023), *Il n'y a plus d'après: habiter le présent autrement*, in Gras, P., Lussault, M., Mirza, V. (2023, éds.), *Imaginer l'après. Vulnerabilité environnementale et décision publique en contexte post-catastrophe*, Editions deux-cent-cinq, Lione, pp. 7-12.

McNeill, J.R. e Engelke, P. (2018), *La grande accelerazione. Una storia dell'Antropocene dopo il 1945*, Einaudi, Torino.

Taylor, D.R.F. (2019), *Some recent developments in the theory and practice of cybercartography*, in Taylor, D.R.F., Anonby, E. and Murasugi, K. (2019, eds.), *Further developments in the theory and practice of cybercartography*, Elsevier, Amsterdam, pp. 55-68.

Tulloch, D. and MacDonald, J. (2021), *Integrating Big Data with artificial intelligence for geospatial analysis*, in «European Journal of Remote Sensing», 54 (1), pp. 133-152.

Zhang, Y. and Ratti, C. (2022), *AI and Big Data for urban geography: emerging trends and future directions*, in «Urban Science», 6 (3), p. 55.

Geospatial Data Visualization e Intelligenza Artificiale: concetti, modelli e rivoluzioni spaziali

Antonello Romano

1. Stessi dati, differenti cartografie: il ruolo della *geospatial data visualization*

Secondo Anbember (1970), la cartografia può essere definita come la scienza della logica, del metodo e della costruzione e produzione di carte e altre forme espressive geografiche. Essa non si occupa solo della rappresentazione di oggetti concreti, come montagne, fiumi o città, ma anche di fenomeni astratti nello spazio, come ad esempio le relazioni economiche, sociali e culturali, nella misura in cui questi possano essere rappresentati seguendo principi cartografici. La rappresentazione di concetti astratti attraverso strumenti visivi segue le stesse regole metodologiche di base, sottolineando sempre l'importanza della logica e del rigore scientifico nella produzione cartografica. L'International Cartographic Association (ICA) amplia questa visione, definendo la cartografia sia come una scienza che un'arte, quella del "map-making", il processo di creazione delle mappe, mentre Lapaine *at al.* (2021: 5) aggiungono a tale definizione il termine tecnologia*: cartography is the science, technology and art of cartographic mapping and using maps.* Questa tripla natura risulta particolarmente interessante perché consente di porre l'accento su dimensioni complementari della cartografia, che questo contributo intende approfondire al tempo dell'intelligenza artificiale (IA): la logica costruttiva e la dimensione comunicativa. La prima, come scienza della logica delle carte (Mazzanti, 2012), è quella che consente al cartografo di trasmettere all'utente una immagine più o meno conforme alla realtà spaziale; pertanto, la carta può essere definita come un veicolo di

informazione (Mazzanti, 2012, p. 15). Dall'altra parte, la componente artistica insita nelle carte "rivela un desiderio di riconsiderare il ruolo dell'estetica, del design e dell'espressione visiva nella cartografia" (Krygier, 1995). L'estetica, dunque, svolge un ruolo cruciale nel rendere le mappe accessibili e comprensibili, influenzando la percezione e l'interpretazione delle informazioni geografiche da parte degli utenti. Le scelte di colore, forma, dimensione dei simboli e disposizione degli elementi possono avere un impatto profondo su come le informazioni vengono processate, permettendo una comprensione più immediata e intuitiva dei fenomeni rappresentati.

Una carta, infatti, può essere definita inoltre come una rappresentazione simbolica della realtà geografica, che raffigura caratteristiche selezionate, risultanti dallo sforzo creativo dell'esecuzione delle scelte del suo autore, ed è progettata per l'uso quando le relazioni spaziali sono di primaria importanza (ICAI, 2022). Potremmo dire allora che una carta è un mezzo progettato per la comunicazione di informazioni e relazioni spaziali generalizzate (Lapaine *et al.*, 2021) sempre più utilizzato: le carte geografiche oggi vengono impiegate per prendere decisioni sui problemi più urgenti del mondo quali ad esempio il cambiamento climatico, la crisi dei rifugiati, la perdita di biodiversità, la crescente disuguaglianza, la diffusione di malattie pandemiche, ecc. (Griffin, 2020). In tal senso, le carte possono essere considerate come una forma di lessico sociale (Harley, 1989), in quanto capaci di parlare a chiunque, anche in assenza di qualsiasi conoscenza pregressa del fenomeno che la carta rappresenta o si pone di rappresentare, una sorta di linguaggio comune e senza tempo capace di agire da intermediario tra la scienza e il pubblico (Fields, 2018). Possiamo difatti osservare le carte realizzate 100 o 1.000 anni fa e comprendere, attraverso l'interpretazione del linguaggio simbolico che le caratterizza, il nostro passato e al contempo l'evoluzione stessa della società. Se differenti secoli fa queste ultime hanno mostrato come appariva la costa, dove si trovano le fortificazioni e così via, gli ultimi 10 anni hanno dato alle carte geografiche tutta una serie di nuovi poteri. Esse oggi possono mostrarci le dinamiche in atto nella società in modi che non abbiamo mai visto prima; possono mettere a fuoco sia i problemi che le soluzioni, e mostrarci il futuro (Dangermond, 2024). Di conseguenza, se da un punto di vista percettivo/visivo siamo tutti in grado di leggere una mappa, ciò

che non siamo spesso in grado di fare è adottare un approccio critico rispetto a chi le ha create, quali sono le fonti dei dati, quali sono le metodologie di analisi impiegate ancor prima della rappresentazione finale, quali sono le scelte personali del creatore della mappa e così via.

È chiaro che la cartografia ha una storia di migliaia di anni ed è stata originariamente sviluppata per mappe tangibili – incise su legno, disegnate a mano, stampate – con l'obiettivo primario di comunicare informazioni spaziali (Thrower, 1996). Tuttavia, con l'avvento dell'era digitale, il dinamismo e l'interattività hanno aperto nuove possibilità e sfide anche per la cartografia. Questa evoluzione ha portato inoltre alla nascita di una nuova terminologia per distinguere la cartografia tradizionale da quella multimediale (Cartwright e Peterson, 2007) e oggi potremmo dire chiunque abbia una connessione internet e un pc può creare mappe (Goodchild, 2008). In tale contesto, la "*geospatial data visualization*" si è evoluta con la transizione della cartografia nell'era digitale e resa possibile grazie all'interattività, una caratteristica distintiva che, secondo alcuni autori (Dykes *et al.*, 2005; Jiang e Li, 2005; Kraak, 2003) la differenzia dalla cartografia tradizionale, ma anche per via delle incrementate performance computazionali dei sistemi informativi geografici e la possibilità di utilizzare differenti tools e plugin sviluppati per creare *engagement* (Cheshire, 2014). Secondo Dodge *et al.* (2008: 2), la "visualizzazione geografica è l'applicazione di qualsiasi grafico progettato per facilitare una comprensione spaziale di cose, concetti, condizioni, processi o eventi nel mondo umano". Questo dominio specifico risulta interessante in quanto pone l'accento sul collegamento tra le innate capacità umane di estrarre informazioni dalle rappresentazioni visive e i compiti in cui i computer eccellono (Andrienko *et al.*, 2007).

In questo contesto, i lavori di Cheshire e Uberti (2014) e di Romano (2022) mostrano come sia possibile, con l'ausilio della *geospatial data visualization*, produrre rappresentazioni cartografiche a partire da ingenti quantità di dati e mostrare fenomeni altrimenti invisibili (figure 1 e 2).

È doveroso inoltre affermare che le mappe svolgono un ruolo cruciale nella comunicazione quando sono accurate e quando le persone possono fidarsi del loro contenuto (Prestby, 2023). In tali dinamiche entra in gioco la "credibilità" e la "fiducia": la prima per Flanagin e Metzger (2008) è intesa come una valutazione soggettiva, mentre la

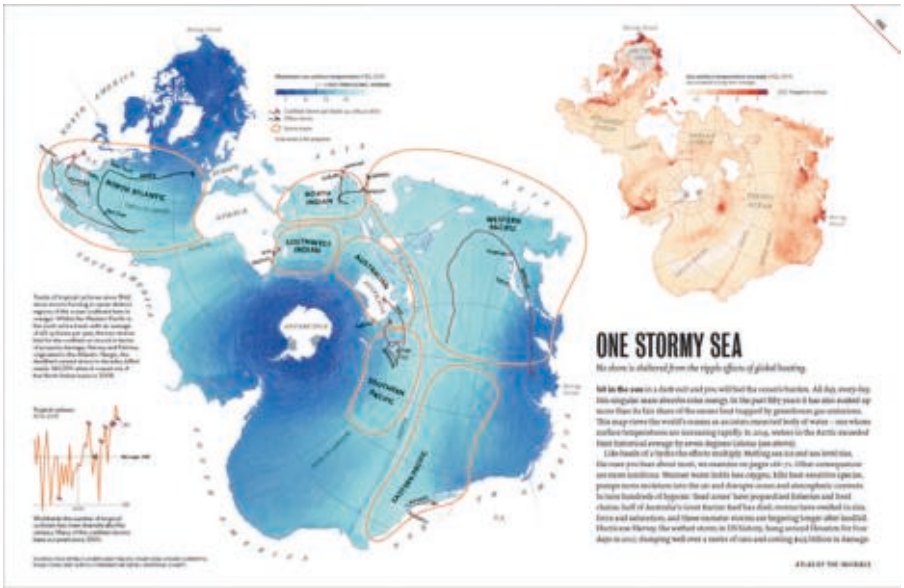


Figura 1 – Rappresentazione dei cicloni tropicali a partire dal 1942 e anomalie di temperatura oceanica. Fonte: Cheshire e Uberti (2021).

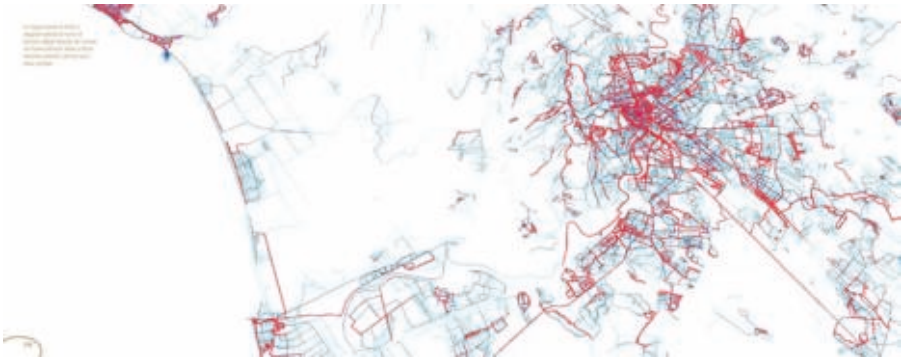


Figura 2 – Percorsi più utilizzati dagli utenti Strava. Fonte: Romano (2022).

fiducia in una carta è concettualizzata come un concetto orientato al futuro, riferendosi a una dipendenza più duratura nel tempo dall'informazione veicolata nella mappa e utilizzata per prendere decisioni o per un uso successivo. Per tali motivi risulta interessante approfondire il singolare caso di Google Maps "ingannato" (figura 3): l'idea nasce da un artista berlinese il quale ha volontariamente passeggiato in città

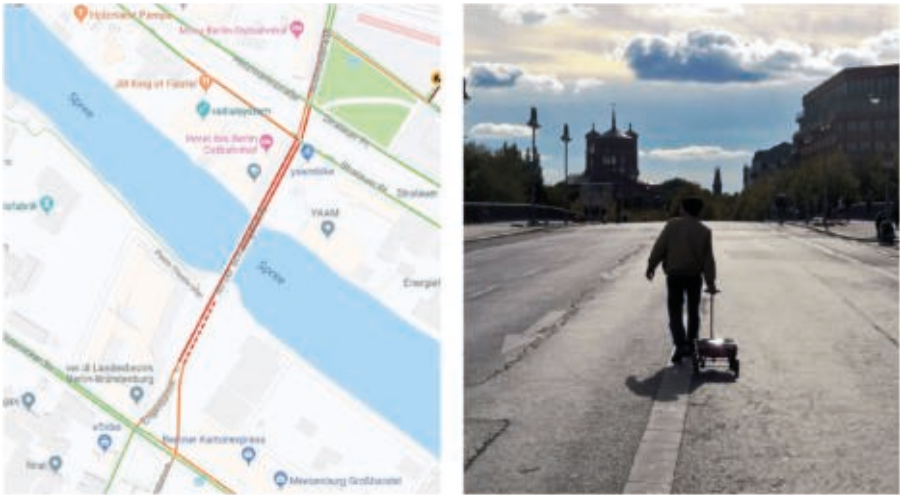


Figura 3 – Google maps "ingannato" da un artista di Berlino, 2020. Fonte: https://www.simonweckert.com/.

trainando un carretto contenente 99 smartphone, i quali offrivano/simulavano una congestione da traffico in punti specifici (figura 3). Come si può osservare nelle carte seguenti, molti automobilisti avrebbero dunque optato per strade alternative a seguito delle informazioni geografiche osservate via google maps/android auto. Si tratta dunque di una "installazione"(così definita dall'artista) che ben dimostra il potere delle mappe nell'era digitale e al contempo il grado di fiducia appunto che gli utenti ripongono nei loro confronti.

Le carte dunque possono anche essere utilizzate per veicolare disinformazione e/o misinformazione quando gli strumenti di analisi e gli elementi di design come la classificazione dei dati, le combinazioni cromatiche e la simbologia vengono utilizzati in modo errato o con poca consapevolezza, e dunque distorcere i fatti e propagare disinformazione (Prestby, 2023). Ad esempio, se osserviamo la figura 4 possiamo notare come a partire da uno stesso dataset, sia possibile ottenere differenti visualizzazioni a seconda della metodologia di classificazione statistica utilizzata pur mantenendo costanti il numero di classi, oppure come si possano produrre differenti visualizzazioni a parità di numero di classi, colore e metodo, ma variando lo 'spazio' di uno stesso contesto territoriale (figura 5).

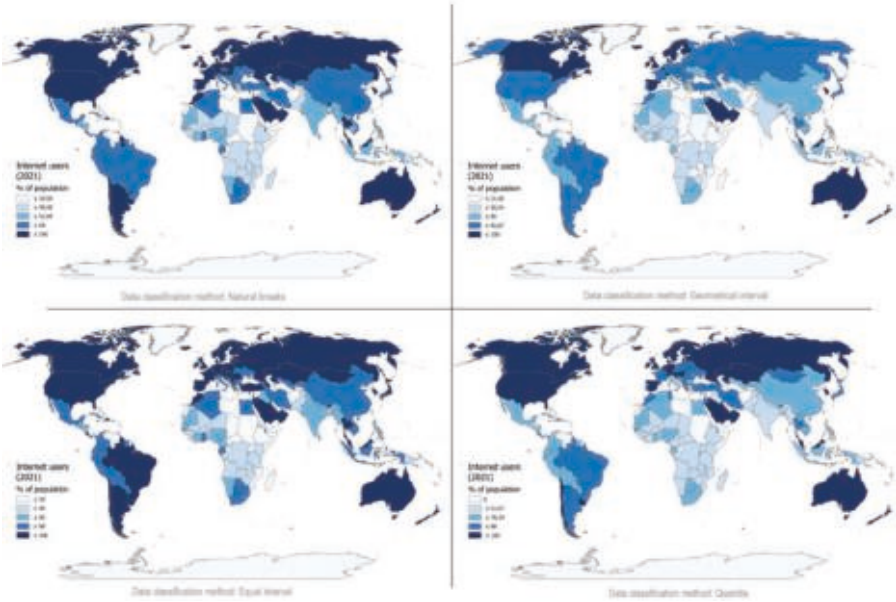


Figura 4 – Utenti che utilizzano Internet per Paese, 2022. Fonte: elaborazione dell'Autore.

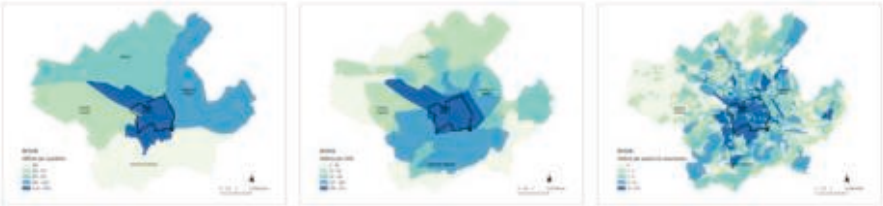


Figura 5 – Distribuzione degli Airbnb per quartiere, OMI, sezioni di censimento, Firenze. Fonte: elaborazione dell'Autore.

Questi aspetti, peraltro già noti in letteratura (si pensi al problema di MAUP[1]) si amplificano nel momento in cui tali rappresentazioni vengono diffuse via social media e piattaforme digitali come Facebook, X (ex-Twitter), Instagram ecc. Risulta difatti altrettanto dibattuto il caso della mappa degli incendi avvenuti in Australia tra dicembre 2019 e gennaio 2020, ossia una carta che diventa virale sui social media

[1] MAUP - Modifiable Areal Unit Problem.

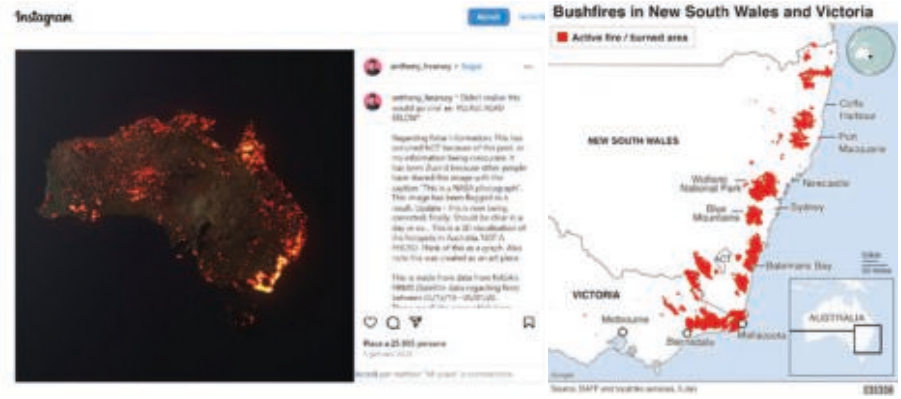


Figura 6 – Rappresentazione degli incendi in Australia. Fonte: Instagram e BBC.

(mappa a sinistra, figura 6). In dettaglio, la mappa mostra una sorta di immagine satellitare del Paese costruita sulla consultazione di dati storici e "disegnata" attraverso Adobe Illustrator e che non rappresenta affatto gli incendi che in quel dato momento si stavano invece sviluppando in un'area molto specifica del Paese (mappa a destra), così come in una rappresentazione della BBC. In conclusione, oggi strumenti di mappatura gratuiti, set di dati combinati con i vettori di diffusione come i social media/social networks consentono anche ai non esperti di cartografia di creare e quindi condividere rapidamente mappe con un pubblico molto vasto, talvolta suscitando un'attenzione particolarmente significativa tanto da diventare virali (Robinson, 2019).

2. Intelligenza artificiale, *Big Data* e cartografia

Negli ultimi anni, l'Intelligenza Artificiale (IA) è emersa come una tecnologia abilitante sempre più centrale nelle trasformazioni digitali contemporanee. Essa può essere intesa come un sistema automatizzato capace di elaborare input per generare output – come previsioni, decisioni o raccomandazioni – in grado di influenzare ambienti fisici o digitali. Pur affondando le sue radici in una lunga tradizione tecnico-scientifica (si pensi a Turing nel 1950), è solo con l'accelerazione recente dell'IA generativa – in particolare dopo il lancio di ChatGPT nel 2022 – che l'impatto di questi sistemi si è intensificato, incidendo

profondamente sulle dinamiche economiche, sociali e territoriali. Tali processi risultano sempre più orientati verso forme di "*strong AI*" (Gao *et al*., 2024), ossia processi che mirano a replicare o addirittura superare l'intelligenza umana per risolvere problemi e pianificare il futuro con auto-consapevolezza (Goertzel, 2014). Mentre l'IA "debole" riferisce alla realizzazione di compiti specifici, l'IA forte risulterebbe dunque capace di comprendere, ragionare e agire su problemi di ogni genere, in maniera del tutto similare all'intelligenza umana. Ciò che colpisce particolarmente in tale contesto, non sono soltanto le possibilità legate alla crescente diffusione e pervasività di tali modelli, ma la velocità con cui quest'ultimi si diffondono e vengono adottati: ChatGPT, ad esempio, ha raggiunto 1 milioni di utenti in 5 giorni dal suo lancio e oggi registra oltre 180 milioni di utenti (ottobre 2024).

In un panorama così dinamico e in continua evoluzione, emerge l'importanza di analizzare le implicazioni socio-spaziali di tali cambiamenti; in tal senso, l'approccio geografico può offrire chiavi di lettura fondamentali per comprendere gli effetti socio-spaziali dell'IA e, come verrà discusso in seguito, risultare utile ad orientare lo sviluppo di intelligenze artificiali che siano meno focalizzate sulle macchine e, al contrario, maggiormente incentrate sull'essere umano (cfr. *human-centered AI*). Risulta interessante osservare che la relazione stessa tra geografia e intelligenza artificiale non è affatto recente. Già nel 1986 Helen Couclelis esplora le implicazioni dell'IA in geografia, e in particolare discute quali i possibili effetti sui fondamenti teorici e metodologici della disciplina. Couclelis inserisce la questione in un contesto epistemologico e metodologico, affermando che l'IA si basa su una base matematica e teorica nascosta, strutturata attraverso una gerarchia di elementi formali che vanno dalla teoria degli insiemi ai linguaggi di programmazione concreti. Questo approccio ispira interrogativi circa la capacità dell'IA di estendere il dominio dei fenomeni geografici modellabili, superando la tradizionale metafora "uomo-computer", peraltro proponendo una visione evolutiva della modellizzazione geografica rispetto al punto di vista di Smith (1984), il quale appena due anni prima pubblica *Artificial Intelligence and Its Applicability to Geographical Problem Solving*.

Nel suo lavoro, Smith focalizza sull'applicabilità pratica dell'IA nella risoluzione dei problemi geografici, e dunque enfatizza l'aspetto ingegneristico dell'IA quale insieme di tecniche utili per 'automatizzare' dei

processi. In questo senso, se Smith si concentra sull'applicabilità pratica dell'IA, Couclelis offre una riflessione più profonda sulle implicazioni teoriche ed epistemologiche dell'introduzione di tali tecnologie nella disciplina. Tali concetti chiaramente si rifanno ad un'altra rivoluzione, quella dei personal computer, e riprendono e ampliano alcuni spunti sviluppati da autori quali Dobson (1983), Marble e Peuquet (1983), i quali sottolineano il ruolo crescente dei computer nelle scienze geografiche e l'importanza dell'integrazione di strumenti informatici per migliorare la ricerca in geografia. In tale dibattito, il concetto di "geografia automatizzata" (anche se non tratta prettamente di IA) anticipa molte delle discussioni successive sull'uso dell'IA allo scopo di modellare e analizzare i fenomeni spaziali. Questa duplice prospettiva, sia teorica che applicativa, evidenzia pertanto come l'IA non rappresenti solo un insieme di strumenti per la geografia, ma anche un'opportunità per ridefinire i confini del sapere geografico stesso, sollevando nuove questioni sulla modellizzazione dei fenomeni spaziali.

In sintesi, già negli anni '80 il legame tra geografia e IA inizia a svilupparsi in una direzione più contemporanea e attraverso la quale si inizia a riflettere sulle tecnologie di automazione e in che modo queste avrebbero influenzato l'analisi spaziale e la produzione cartografica. Tuttavia, con l'avvento dei Big Data e dell'automazione avanzata, la portata e la complessità di questi legami sono aumentate. Questi sviluppi si possono collegare alla cosiddetta rivoluzione quantitativa *data-oriented* (Kitchin, 2014), che ha messo in primo piano la raccolta, l'analisi e la rappresentazione di enormi quantità di dati prodotti quotidianamente sia da utenti sia da macchine. Secondo Kitchin (2014), i Big Data hanno rivoluzionato la società contemporanea, trasformando vari ambiti, dalla ricerca scientifica alla vita quotidiana, e offrendo nuove opportunità per analisi e applicazioni geografiche. Tuttavia, questa rivoluzione ha anche sollevato importanti questioni etiche, legali e sociali, come la sicurezza dei dati, la sorveglianza, l'accesso equo alle informazioni, e le disuguaglianze digitali, ampiamente discusse da autori come Graham e Dittus (2022), Zuboff (2019), Van Dijck *et al.* (2018), Sadowski (2019) e O'Neil (2017) e a cui si sono aggiunte successivamente questioni altrettanto significative che riguardano la tutela della privacy, la trasparenza nei processi decisionali *data-driven* e la qualità e accuratezza dei dati stessi, tutti aspetti cruciali e sempre più interconnessi alla

pervasività della rivoluzione quantitativa. Diversi studi hanno sottolineato l'importanza di un'epistemologia riflessiva e contestuale, che possa tener conto dei limiti e dei *bias* intrinseci nei Big Data e nelle tecniche utilizzate per analizzarli (Kitchin, 2013; Thatcher, 2014; Graham e Shelton, 2013). Questo approccio critico invita dunque a considerare non solo il potenziale innovativo dei dati, ma anche le implicazioni sociali e politiche legate alla loro raccolta e utilizzo, ponendo l'accento sulla necessità di metodologie trasparenti e di un accesso equo ai dati nell'era della digitalizzazione e dell'automazione.

In un *framework* così variegato, un particolare sottogruppo di Big Data ha catturato l'attenzione di diversi geografi: si tratta dei "Big Data spaziali", definiti come "contenuti geocodificati in modo nativo, metadati geografici o dati che si riferiscono a spazi e luoghi specifici, diventati parte integrante della vita quotidiana e delle pratiche sociali e spaziali" (Leszczynski e Crampton, 2016). Questi dati spaziali possono essere considerati come una ramificazione dei Big Data e che riguarda grandi volumi di dati geospaziali raccolti da fonti diversificate quali satelliti, sensori, dispositivi GPS, utenti, social media, piattaforme digitali ecc. La loro utilità si estende all'analisi avanzata di fenomeni geografici, comprendendo ambiti che spaziano dalla pianificazione urbana alla gestione delle risorse naturali, dalla mobilità alla gestione delle infrastrutture. Già Goodchild (2007), introducendo il concetto dei "dati generati dagli utenti" e dei "*citizen as sensors*" rivela una dinamica interessante, la quale ha poi giocato un ruolo chiave nella crescita esponenziale dei Big Data spaziali. Allo stesso modo, Batty (2013) esplorando il potenziale dei Big Data spaziali nelle "smart cities", mostra come la raccolta e l'analisi in tempo reale di dati geospaziali possa giocare un ruolo di primo piano per la pianificazione urbana e la gestione delle città, mentre Haklay si interroga sulla 'bontà' dell'informazione geografica volontaria (Haklay, 2010).

In maniera parallela a tali visioni e innovazioni, uno dei grandi cambiamenti si è attuato anche nella produzione e nella disponibilità stessa di dati utilizzati per la creazione di mappe (Çöltekin *et al.*, 2017). Le metodologie emergenti di analisi e rappresentazione dei dati spaziali si sono evolute, combinando i principi fondanti della geografia con quelli della *Data Science* e della *Data Visualization*. L'obiettivo di questo approccio integrato è duplice: da un lato, studiare e spiegare

fenomeni geografici complessi e, dall'altro, sfruttare le potenzialità dei Big Data spaziali per il processo di scoperta di modelli e relazioni precedentemente sconosciuti ma potenzialmente utili (Jiang e Shekhar, 2017). In particolare, la *Geographic Data Science* è emersa come un campo interdisciplinare che applica tecniche dalla *Data Science*, dall'analisi spaziale e dai Sistemi Informativi Geografici per esplorare, modellare e analizzare modelli spaziali e temporali nei dati geospaziali, al fine di acquisire conoscenza sui fenomeni geografici per risolvere complessi problemi spaziali (Singleton e Arribas-Bel, 2021). In tale contesto, la mappa stessa, come vedremo, diventa il risultato di una combinazione bidirezionale e positiva tra GIS e *Data Science* (Singleton e Arribas-Bel, 2021) e, allo stesso tempo, un mezzo informativo in cui la componente visiva gioca un ruolo di primaria importanza nella comprensione delle relazioni spazialmente in essa riferite. Tali approcci hanno radicalmente mutato il paesaggio stesso della geografia umana, e come evidenziato da Kitchin (2014), il modo in cui geografi e cartografi interagiscono con i dati per generare nuove conoscenze.

3. Cartografie prodotte dall'IA e il rischio di '*deep fake geographies*'

Secondo Fields (2018), il processo di *Mapmaking* è stato da sempre influenzato dal cambiamento tecnologico, e la stessa disciplina oggi sta vivendo una nuova età dell'oro. Emergenti metodologie di analisi e al contempo di rappresentazione di dati spaziali combinano sempre con maggiore frequenza i principi fondanti della geografia con quelli dell'informatica, della *Data Science*, della *Data Visualization*. La carta stessa diventa *output* di un processo cartografico evoluto e insieme strumento esplicativo ed informativo dinamico nel quale la componente visuale assume un ruolo di primaria importanza alla comprensione delle relazioni spazialmente riferite. Da un lato, l'avanzamento delle tecnologie digitali ha determinato la trasformazione dei sistemi stessi di produzione cartografica (es. dalla carta al GIS, dal desktop GIS al Web mapping), dall'altro, attraverso la carta è possibile cogliere e rendere visibili dinamiche territoriali di grande attualità e di difficile declinazione (quali ad esempio la relazione tra automazione algoritmica e spazialità).

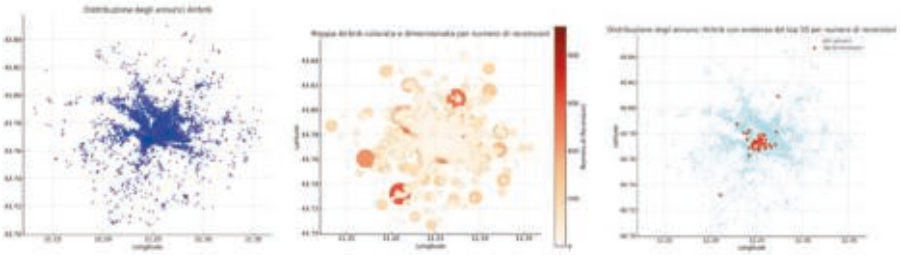


Figura 7 – Rappresentazioni dell'offerta di Airbnb a Firenze realizzate con chatGPT. Fonte: elaborazione dell'Autore.

La visualizzazione di dati geografici emerge come tecnica per visualizzare e comunicare informazioni geografiche e dati allo scopo di presentare modelli spaziali, relazioni e approfondimenti in modo chiaro, informativo e visivamente accattivante, rendendo i fenomeni geografici complessi più accessibili e comprensibili. Recentemente, la *Geospatial Artificial Intelligence* (GeoAI) applica tecniche di Intelligenza Artificiale (AI) ai dati geospaziali. Può essere definita come un campo multidisciplinare che combina i principi e le tecniche dell'Intelligenza Artificiale, tra *machine learning* e *deep learning*, con le scienze geospaziali e i Big Data. Secondo Liu e Biljecki (2022), «la GeoAI funziona come una promettente soluzione tecnologica per problemi geospaziali che richiedono dati o calcoli intensivi, grazie all'aiuto dell'IA, del calcolo ad alte prestazioni e dei Big Data spaziali» (p. 2). Secondo Lavallin e Downs (2021), l'IA si incentra su Big Data, algoritmi complessi e un'enorme potenza computazionale per affrontare problemi reali, pertanto, non sorprende che abbiamo assistito all'integrazione dell'IA nella geografia, in particolare nella GIScience, nei sistemi informativi geografici (GIS) e nel telerilevamento, dando vita a una nuova e entusiasmante area disciplinare chiamata GeoAI.

Oltre però al potenziale legato allo sviluppo dell'IA per l'analisi geospaziale, che sta rivoluzionando la produzione cartografica stessa, ad esempio attraverso la creazione di mappe a partire da un prompt testuale (*text-to-map*), per Zaho *et al.* (2021), «la convergenza emergente tra intelligenza artificiale e GIScience ha sollevato preoccupazioni sull'emergere della geografia deep fake e dei suoi potenziali nel trasformare la percezione umana del mondo geografico». In particolare, lo

Figura 8 – Dati sintetici geografici creati a partire dalla distribuzione di Airbnb a Firenze. Fonte: elaborazione dell'Autore.

studio suggerisce di coltivare una alfabetizzazione critica sui dati geospaziali per comprendere gli impatti dei deep fake in geografia e del *location spoofing* (Zhao *et al.*, 2021). Da un lato si assiste a una crescente diffusione di siti e servizi online che potremmo quindi definire come providers di "mappe AI-generated" che promettono di realizzare rappresentazioni cartografiche in pochi secondi. Dall'altro, sistemi maggiormente utilizzati come chatGPT, permettono, a partire dalla compilazione di un prompt testuale, l'analisi e la rappresentazione di dati geografici in pochissimi passaggi e effettuare analisi e rappresentazioni geospaziali apparentemente più dettagliate (figura 7), fino a rischiare di arrivare a produrre *'fake geographies'* (figura 8). Ciò si realizza attraverso l'utilizzo di comandi testuali e la creazione, ad esempio, di dataset sintetici geografici, ossia di dati spaziali che simulano le caratteristiche degli originali, con tutta una serie di questioni aperte circa la loro qualità e accuratezza (Romano, 2025). In tale scenario, il rischio di produrre delle cartografie inconsapevoli dal punto di vista della qualità e accuratezza, risulta assai elevato in quanto il processo di produzione e i meccanismi su cui si erge risultano totalmente al buio per gli utenti; al contrario, la facilità di utilizzo e la dimensione digitale e virale del prodotto finale rischiano di velocizzare non solo il processo di produzione a scapito della qualità dell'output cartografico, ma anche

di diffondere delle *deep fake geographies* nei vari canali online, si pensi ai social networks e alle piattaforme digitali.

4. Il futuro della cartografia nella società degli algoritmi

Il presente contributo ha tentato di esplorare il concetto dell'IA in legame con la cartografia ed in particolare il ruolo della visualizzazione di dati spaziali, provando infine a ragionare su quali implicazioni per la società in un momento storico fortemente orientato all'automazione dei processi. Come difatti prontamente osservato, il dominio geografico si colloca all'incrocio tra tecnologie in rapido cambiamento e la società, e ha una lunga tradizione nel fornire informazioni per decisioni consapevoli relative agli ambienti fisici e umani (Nelson *et al.*, 2024). L'intelligenza artificiale, e in particolare l'IA generativa e i modelli linguistici di grandi dimensioni (LLM) come ChatGPT, è destinata a trasformare drasticamente la società, in modo simile al modo in cui la macchina a vapore, l'elettricità e Internet hanno modificato le strutture economiche, ambientali e sociali globali in passato. Dato il solido legame della GIScience con la tecnologia, diventa sempre più imperativo per il dominio geografico non solo adattarsi a queste nuove tecnologie emergenti, ma anche assumere un ruolo di leadership nel plasmarle affinché siano appropriate per gli approcci geografici. Difatti, come argomentato nei paragrafi precedenti, il cambiamento tecnologico ha da sempre apportato modificazioni in cartografia e anche nei modelli di rappresentazione spaziale. Le mappe oggi non sono solo un mezzo per rappresentare il territorio, ma anche strumenti dinamici che possono evidenziare fenomeni temporali e spaziali complessi, permettendo di mettere a fuoco tanto i problemi quanto le soluzioni (Dangermond, 2023). Pertanto, se da un lato i progressi tecnici dell'IA potrebbero contribuire alla risoluzione di questioni geografiche complesse, dall'altro emergono avvisaglie sui pericoli che le tecnologie di IA pongono al processo di produzione cartografica stesso.

Uno degli aspetti più critici legati all'uso dell'IA nella visualizzazione geografica è il rischio di generare mappe che diffondano misinformazione: mappe prodotte attraverso providers di "mappe AI-generated" sembrano opporre velocità e automazione alle regole car-

tografiche di base. Risulta quindi necessario un approccio critico alla produzione cartografica per assicurarsi che le mappe restino strumenti di comunicazione accurata e affidabile e non mezzi per diffondere informazioni errate. Tali aspetti risultano cruciali in un momento in cui la ESRI, uno dei maggiori produttori di Geographic Information Systems a livello globale, sta sperimentando l'implementazione di IA nei suoi software con la potenzialità di automatizzare il processo di produzione cartografica, e dall'altro rischiare di produrre delle cartografie a partire da prompt testiale e in qualche modo al buio, ossia prive di pieno controllo sui meccanismi/metodi e finalizzate dunque solo alla rapida produzione dell'output.

Come sottolinea Kamrowska-Załuska (2021), anche se le tecnologie associate all'IA e ai Big Data hanno il potenziale di offrire numerosi vantaggi non dovrebbero essere adottate ciecamente. I processi che stanno alla base dell'IA stessa (es. *Graph neural network*, *Geographically convolutional neural network*, ecc.) impatteranno decisamente su talune epistemologie consolidate e sui principi fondazionali stessi della disciplina tanto da richiamare la necessità di "ripensare la natura della scienza nell'era della GeoAI" (Hu *et al*., 2023). Per tali motivi, come sottolineato da Li *et al*. (2024), la comunità geospaziale dovrebbe stare all'erta per quanto l'uso di tali modelli porrà sfide riguardanti la loro interpretabilità, riproducibilità e responsabilità sociale. Piuttosto che essere semplici utilizzatori finali di questi modelli, dovremmo allora concentrarci sull'identificazione di domande e soluzioni fondamentali nella ricerca geospaziale che sfruttino i loro punti di forza e allo stesso tempo affrontare i potenziali impatti negativi (Li *et al.*, 2024).

Sebbene quindi l'intelligenza artificiale generativa abbia il potenziale per assistere il processo di progettazione cartografica, solleva anche notevoli questioni etiche ed epistemologiche. Il futuro della cartografia sarà caratterizzato da un'evoluzione tecnologica continua, con l'integrazione di nuove tecnologie: la sfida sarà garantire l'accuratezza dei dati, la scientificità dei metodi mentre si esplorano nuove frontiere nella rappresentazione e di conseguenza nella descrizione / spiegazione / interpretazione del nostro mondo, in un momento in cui il passaggio da forme di controllo – automazione – autonomia rischia di sfuggire un intero sistema di regole cartografiche consolidate. Allo stesso tempo, è anche necessario sottolineare che la cartografia ha

finora dimostrato una notevole capacità di adattamento ai nuovi sviluppi tecnologici, che spesso rimodellano le sue fondamenta teoriche e pratiche, fornendo nuovi paradigmi per la rappresentazione spaziale (Varanka e Usery, 2018). Passeremo dalla cartografia fatta da pochi a quella fatta da molti (Fields, 2019) e dalla cartografia realizzata dall'uomo a quella dalle macchine? In tale scenario, può risultare utile diffondere il più possibile i principi e le regole cartografiche di base allo scopo di contrastare la diffusione potenziale di (geo)misinformation tecno-IA-mediata e al fine di co-progettare una società in cui le carte, come da millenni, restino prerogativa dell'essere umano.

Riferimenti bibliografici

Andrienko, G., Andrienko, N., Dykes, J., Fabrikant, S.I. and Wachowicz, M. (2007), *Geovisualization of dynamics, movement, and change: key issues and developing approaches in visualization research*, in «Information Visualization», 7 (3-4), pp. 173-180.

Arnberger, E. (1970), *Die Kartogrphie als Wissenschaft und ihre Beziehung zur Geographie und Geodäsie*, in «Grundsatzfragen der Kartographie», Geogr. Gesell, pp. 1-28.

Batty, M. (2013), *Big data, smart cities and city planning*, in «Dialogues in human geography», 3 (3), pp. 274-279.

Cartwright, W. and Peterson, M.P. (2007), *Multimedia cartography*, in Cartwright, W., Peterson, M.P. and Gartner, G. (2007, eds.), *Multimedia cartography*, pp. 1-10, Springer.

Cheshire, J. and Uberti, O. (2014), *London the information capital. 100 maps and graphics that will change how you view the city*, Penguin Books.

Cheshire, J. and Uberti, O. (2021), *Atlas of the Invisible. Maps & graphics that will change how you see the world*, Penguin Books, London.

Çöltekin, A., Bleisch, S., Andrienko, G. and Dykes, J. (2017), *Persistent challenges in geovisualization – a community perspective*, in «International Journal of Cartography», 3 (sup1), pp. 115-139.

Couclelis, H. (1986), *Artificial intelligence in geography: conjectures on the shape of things to come*, in «The professional geographer», 38 (1), pp. 1-11.

Dangermond, J. (2024), *The power of where: a geographic approach to the world's greatest challenges*, Esri Press, Redlands.

Dobson, J. (1983), *Automated Geography*, in «Professional Geographer», 35, pp. 135-143.

Dodge, M., McDerby, M. and Turner, M. (2008), *Geographic visualization: concepts, tools and applications*, John Wiley & Sons, New Jersey.

Dykes, J., MacEachren, A.M. and Kraak, M.-J. (2005), *Exploring geovisualization*, Elsevier, Amsterdam.

Field, K. (2018), *Cartography: the definitive guide to making maps*, Esri Press, Redlands.

Flanagin, A.J. and Metzger, M.J. (2008), *The credibility of volunteered geographic information*, in «GeoJournal», 72, pp. 137-148.

Fuhrmann, S. and Pike, W. (2005), *User-centered design of collaborative geovisualization tools*, in *Proceedings of the Ninth International Conference on Information Visualisation*, IEEE, pp. 49-54.

Gao, S., Hu, Y. and Li, W. (2024), *Introduction to geospatial artificial intelligence (GeoAI)*, in *Handbook of geospatial artificial intelligence*, CRC Press, pp. 3-16.

Goertzel, B. (2014), *Artificial general intelligence: concept, state of the art, and future prospects*, in «Journal of Artificial General Intelligence», 5 (1).

Goodchild, M.F. (2007), *Citizens as sensors: the world of volunteered geography*, in «GeoJournal», 69, pp. 211-221.

Goodchild, M.F. (2008), *Spatial accuracy 2.0*, in *Proceedings of the 8th international symposium on spatial accuracy assessment in natural resources and environmental sciences*, World Academic Press.

Graham, M. and Dittus, M. (2022), *Geographies of digital exclusion: data and inequality*, Pluto Press, London.

Graham, M. and Shelton, T. (2013), *Geography and the future of big data, big data and the future of geography*, in «Dialogues in Human geography», 3 (3), pp. 255-261.

Griffin, A.L. (2020), *Trustworthy maps*, in «Journal of Spatial Information Science», 2020 (20), pp. 5-19.

Haklay, M. (2010), *How good is volunteered geographical information? A comparative study of OpenStreetMap and Ordnance Survey datasets*, in «Environment and Planning B: Planning and Design», 37 (4), pp. 682-703.

Harley, J.B. (1989), *Deconstructing the map*, in «Cartographica: The international journal for geographic information and geovisualization», 26 (2), pp. 1-20.

Hu, Y., Goodchild, M., Zhu, A.X., Yuan, M., Aydin, O., Bhaduri, B. and Newsam, S. (2024), *A five-year milestone: reflections on advances and limitations in GeoAI research*, in «Annals of GIS», 30 (1), pp. 1-14.

Jankowski, P. (2009), *Towards participatory geographic information systems for community-based environmental decision making*, in «Journal of Environmental Management», 90 (6), pp. 1966-1971.

Jiang, Z. and Shekhar, S. (2017), *Spatial big data science*, Springer International Publishing AG, Cham.

Kamrowska-Załuska, D. (2021), *Impact of AI-based tools and urban big data analytics on the design and planning of cities*, in «Land», 10 (11).

Kitchin, R. (2013), *Big data and human geography: opportunities, challenges and risks*, in «Dialogues in human geography», 3 (3), pp. 262-267.

Kitchin, R. (2014), *The data revolution: big data, open data, data infrastructures and their consequences*, Sage.

Kraak, M.-J. (2003), *Geovisualization illustrated*, in «ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing», 57 (5-6), pp. 390-399.

Krygier, J.B. (1995), *Cartography as an art and a science*?, in «The Cartographic Journal», 32 (1), pp. 3-10.

Lapaine, M., Midtbø, T., Gartner, G., Bandrova, T., Wang, T. and Shen, J. (2021), *Definition of the Map*, in «Advances in Cartography and GIScience of the ICA», 3, pp. 1-6.

Lavallin, A. and Downs, J.A. (2021), *Machine learning in geography – Past, present, and future*, in «Geography Compass», 15 (5), e12563.

Leszczynski, A. and Crampton, J. (2016), *Introduction: spatial big data and everyday life*, in «Big Data & Society», 3 (2).

Li, W., Arundel, S.T., Gao, S., Goodchild, M., Hu, Y., Wang, S. and Zipf, A. (2024), *GeoAI for science and the science of GeoAI*, in «Journal of spatial information science», 29, pp. 1-17.

Lin, H. and Chen, M. (2015), *Virtual geographic environments (VGEs): a new generation of geographic analysis tool*, in «Earth-Science Reviews», 150, pp. 243-276.

Liu, P. and Biljecki, F. (2022), *A review of spatially-explicit GeoAI applications*, in «Urban Geography. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation», 112, p. 102936.

Marble, D.F. and Peuquet, D.J. (1983), *The computer and geography: some methodological comments*, in «The Professional Geographer», 35 (3), pp. 343-344.

Mazzanti, R. (2012), *Le carte geografiche: teoria e storia*, Felici Editore, Pisa.

Metzger, M.J. and Flanagin, A.J. (2007), *Digital media, youth, and credibility*, The MIT Press, Cambridge (MA).

Nelson, T., Frazier, A.E., Kedron, P., Dodge, S., Zhao, B., Goodchild, M. and Wilson, J. (2024), *A Research Agenda for GIScience in a Time of Disruptions*, in «International Journal of Geographical Information Science».

O'Neil, C. (2017), *Weapons of math destruction*, Penguin Books, London.

Prestby, T.J. (2023), *Trust in maps: what we know and what we need to know*, in «Cartography and Geographic Information Science», 52 (1), pp. 1-18.

Robinson, A.C. (2019), *Elements of viral cartography*, in «Cartography and Geographic Information Science», 46 (4), pp. 293-310.

Romano, A. (2022), *La geografia delle piattaforme digitali. Mappe, spazi e dati dell'intermediazione digitale*, Firenze University Press, doi: 10.36253/978-88-5518-602-5.

Romano, A. (2025), *Synthetic geospatial data and fake geography: an empirical study on critical implications in a data-intensive society*, in «Digital Geography and Society», 8.

Sadowski, J. (2019), *When data is capital: datafication, accumulation, and extraction*, in «Big data & society», 6 (1).

Singleton, A. and Arribas-Bel, D. (2021), *Geographic data science*, in «Geographical Analysis», 53 (1), pp. 61-75.

Smith, T.R. (1984), *Artificial intelligence and its applicability to geographical problem solving*, in «The Professional Geographer», 36 (2), pp. 147-158.

Thatcher, J. (2014), *Big data, big questions| Living on fumes: digital footprints, data fumes, and the limitations of spatial big data*, in «International Journal of Communication», 8, 19.

Thrower, N.J.W. (1996), *Maps & civilization: cartography in culture and society*, University of Chicago Press, Chicago.

Turing, M.A. (1950), *Computing machinery and intelligence*, in «Mind», LIX, pp. 433-460.

Turner, A. (2006), *Introduction to Neogeography*, O'Reilly Media.

Van Dijck, J., Poell, T. and De Waal, M. (2018), *The platform society: public values in a connective world*, Oxford University Press.

Varanka, D.E. and Usery, E.L. (2018), *The map as knowledge base*, in «International Journal of Cartography», 4 (2), pp. 201-223.

Zuboff, S. (2019), *The age of surveillance capitalism: the fight for a human future at the new frontier of power*, PublicAffairs, New York.

Parte seconda

Casi di studio e ambiti di applicazione

Historical GIS: strumenti per interpretare, rappresentare, pianificare il territorio*

Camillo Berti e Massimiliano Grava

1. Un po' di storia

L'origine degli Historical GIS (HGIS) risale agli anni in cui i Sistemi Informativi Geografici iniziano a consolidarsi come strumenti di ricerca in diversi ambiti delle scienze umane e ambientali (Vrana, 1989; Goerke, 1994; Atkins e Mitchell, 1996; Siebert, 2000), anche in relazione alla diffusione su larga scala delle tecnologie informatiche e dei personal computer. Sebbene l'applicazione dei GIS a problemi diacronici si diffonda già nei primi anni Novanta, una vera e propria sistematizzazione teorica emerge solo nei Duemila, grazie soprattutto alla ricerca accademica anglosassone.

Il numero speciale della rivista *History and Computing*, curato nel 2001 da Paul S. Ell e Ian N. Gregory (2001), è dedicato all'esplorazione delle potenzialità dei GIS nella ricerca storica e geografico-storica, mentre l'anno successivo, Anne K. Knowles (2002) pubblica una raccolta di casi studio dedicati all'applicazione dei GIS in diversi ambiti di ricerca, quali storia militare, migrazioni, agricoltura, ambiente, demografia, archeologia, religione, economia. Nello stesso volume, Knowles (p. XII) introduce per la prima volta la locuzione "Historical GIS" per indicare quegli strumenti che combinano la geografia e la storia per analizzare i cambiamenti nel tempo e nello spazio: «Geography is the study of spatial differentiation, history the study of temporal differentiation. Historical GIS provides the tool to combine them to study patterns of change over space and time». Questa definizione, subito utilizzata anche da Gregory (2002) in suo saggio a carattere metodologico, ha aperto, per i

* Gli Autori dichiarano che non è stato fatto uso di Large Language Model (LLM) per il lavoro editoriale generativo e per la creazione autonoma di contenuti e che a loro stessi va attribuita la responsabilità umana per la versione finale del testo. Dichiarano altresì di aver utilizzato strumenti di IA generativa per attività di brainstorming e di revisione linguistica e che sono comunque rispettate le restrizioni etiche, di copyright e dei termini di utilizzo.

geografi e per gli storici e successivamente per altri studiosi di discipline umanistiche, la strada a un nuovo modo di fare ricerca, basato sulla possibilità di visualizzare, gestire e analizzare dati storici in un contesto geografico. Negli anni successivi, studi di sintesi affrontano il tema in modo sistematico, contribuendo a una teorizzazione metodologica e evidenziando i principali vantaggi dell'uso dei GIS nelle ricerche con approccio diacronico in diversi ambiti tematici, in particolare la capacità di integrare e visualizzare graficamente dati provenienti da fonti multiple e di analizzare le dinamiche storiche, anche attraverso strumenti statistici (Knowles, 2002; Gregory e Ell, 2007; Gregory e Healey, 2007; Knowles e Hillier, 2008; DeBats e Gregory, 2011). Viene pertanto maturando una definizione più ampia di HGIS («a geographic information system that may display, store and analyze data of past geographies and track changes in time», da Wikipedia[1]), che amplia l'ambito di applicazione di questi strumenti a tutte le discipline dell'ambito umanistico, contribuendo a predisporre strumenti e tecniche in grado di aggiungere la dimensione spaziale all'analisi massiva di dati storici. Questo, ad esempio, ha contribuito a focalizzare l'attenzione su nuove fonti, come le opere letterarie, e su tematiche quali la percezione e la rappresentazione cognitiva e sociale dello spazio (Murrieta-Flores e Martins, 2019).

In questo contesto, gli stessi "inventori" degli HGIS si sono interrogati sull'inquadramento di questo approccio metodologico nel contesto più ampio delle *Digital Humanities*: Knowles (2016) ha sottolineato le sfide future della disciplina, tra cui l'integrazione di dati quantitativi e qualitativi e il tentativo di coniugare la percezione sociale dei luoghi con la loro rappresentazione cartografica; Gregory e Geddes (2014) hanno proposto un ripensamento del termine, suggerendo l'adozione della più ampia definizione di *Spatial Humanities*. Tuttavia, questa proposta non ha ricevuto un'adesione unanime, come dimostrano i numerosi studi che continuano a utilizzare il termine HGIS per indicare un approccio focalizzato sulle fonti geostoriche e sulla loro analisi diacronica (Grava *et al.*, 2020; Lawson e Bavaj, Struck, 2022). Lo stesso Gregory ha più recentemente confermato che HGIS "remains at the core of Spatial History" (Gregory *et al.*, 2018: 1), ribadendo la centralità del metodo nella ricerca storico-geografica.

[1] https://en.wikipedia.org/wiki/Historical_geographic_information_system.

Negli anni in cui nel mondo anglosassone maturava la concettualizzazione degli HGIS, in Italia esisteva da tempo una tradizione consolidata di studi geografico-storici sulla quale, a partire dalla metà degli anni Novanta del Novecento, si è inserita proficuamente l'adozione dei GIS per la ricostruzione di passati assetti territoriali, con contributi significativi da parte di geografi, archeologi, architetti, urbanisti. Tra i primi ad adottare queste tecnologie, oltre ai geografi, vi sono stati proprio gli archeologi, che hanno utilizzato i GIS per mappare siti archeologici e analizzare i cambiamenti nel paesaggio nel corso del tempo (si vedano, ad esempio, la rivista *Archeologia e Calcolatori* e il volume curato da Maurizio Forte nel 2002).

L'ambiente di ricerca italiano ha saputo integrare stimoli internazionali e sviluppare approcci specifici degli Historical GIS. In particolare, sono da segnalare alcune iniziative che hanno favorito la condivisione di esperienze e risultati, come la serie di workshop "Beni culturali e ambientali e GIS" coordinati da Margherita Azzari dell'Università di Firenze, dedicati alla presentazione di casi di studio basati sull'utilizzo dei GIS in ambito storico, geografico e ambientale, e i seminari "Dalla mappa al GIS", promossi dal CISGE e dall'Università Roma Tre, che a partire dai primi anni Duemila hanno rappresentato un punto di incontro per gli studiosi della cartografia storica e delle sue applicazioni digitali. Inoltre, le conferenze ASITA hanno previsto dalla seconda metà degli anni Duemila una sessione specifica sulle metodologie geomatiche applicate alla cartografia storica. Anche alcune riviste scientifiche hanno dato spazio a studi in questo ambito, come *Geostorie* e il *Bollettino della Associazione Italiana di Cartografia*, pubblicando numerosi lavori sul processamento digitale delle carte storiche e sulla cartografia tematica (Grava *et al.*, 2020: 5).

2. Una pluralità di interpretazioni e di approcci metodologici

Con l'intento di fornire una sintesi che tenga conto dell'evoluzione propria del settore e dei diversi contesti geografici possiamo affermare che «gli Historical GIS possono essere definiti come quei progetti di ricerca interdisciplinare che integrano i più avanzati metodi e

strumenti propri delle scienze dell'informazione geografica con le fonti e gli interrogativi della ricerca geostorica e storica, al fine di enfatizzare l'importanza dei contesti e delle relazioni spaziali per la comprensione delle dinamiche storiche» (Grava *et al.*, 2020: 3).

Al di là delle diverse definizioni e delle molteplici interpretazioni, ci sembra che all'interno delle ricerche riconducibili agli Historical GIS possano essere individuati almeno tre approcci metodologici.

Il primo, più diffuso in ambito storico e nelle altre discipline umanistiche, consiste nella costruzione di archivi di dati georeferenziati a partire da fonti di varia natura. Questo approccio prevede l'aggiunta di coordinate geografiche ai database relazionali tradizionali, utilizzati per archiviare dati riferiti al passato e derivati da serie documentarie testuali, come censimenti, registri catastali, rilevazioni statistiche, letteratura odeporica o altra documentazione da cui è possibile estrapolare informazioni georeferenziate. L'obiettivo principale è digitalizzare e organizzare le informazioni affinché possano essere facilmente interrogate, analizzate, oltre che visualizzate cartograficamente.

In altri casi, invece, i GIS non sono funzionali soltanto all'archiviazione, ma costituiscono strumenti per condurre "ragionamenti spaziali" su fenomeni storici. In questo caso, si sviluppano veri e propri sistemi informativi geografici finalizzati a descrivere e comprendere dinamiche storico-territoriali nei diversi ambiti tematici, come, ad esempio, l'evoluzione dei confini amministrativi, l'uso del suolo, le trasformazioni del paesaggio e la distribuzione degli insediamenti. Oltre alla visualizzazione cartografica dei dati, questo tipo di analisi può consentire l'identificazione di pattern e tendenze, la creazione di modelli spaziali, la quantificazione dei cambiamenti, risultando particolarmente utile per indagare le interazioni tra spazio e tempo nei processi storici.

Un'ulteriore tipologia specifica è rappresentata da geodatabase a scala nazionale dei confini amministrativi storici con dati censuari associati, come quello "pionieristico" realizzato a partire dagli anni Novanta del secolo scorso nel Regno Unito, e divenuto *Great Britain Historical GIS* (https://www.visionofbritain.org.uk/). In seguito anche negli Stati Uniti – ma anche in Canada e in Cina – l'HGIS ha trovato applicazione in studi demografici e sociali a scala nazionale: ad esempio, il *National Historical Geographic Information System* (NHGIS) statutinitense fornisce dati censuari storici e cartografici (https://www.nhgis.org/).

Analogamente, in Francia, è stato implementato un sistema informativo storico dei confini amministrativi con dati demografici associati, basato sulla Carta di Cassini (http://cassini.ehess.fr/). Questi progetti, che prevedono la digitalizzazione di cartografie storiche, la mappatura dei confini amministrativi e l'integrazione di dati censuari, possono essere utilizzati per studiare l'evoluzione delle circoscrizioni amministrative, le dinamiche demografiche e altri fenomeni storici a livello nazionale.

3. Funzioni degli Historical GIS

Come si è detto, un Historical GIS rappresenta uno strumento fondamentale per la gestione e l'analisi dei dati storici in un contesto geografico. Le principali funzioni svolte da un HGIS sono molteplici e riguardano vari aspetti della ricerca storica e geografica.

Già nel 2001 Gregory, Kemp e Mostern, in uno dei primi contributi sugli Historical GIS, avevano individuato tre principali vantaggi nell'applicazione del GIS alla ricerca storica. In primo luogo, la capacità di gestire grandi quantità di dati e database georeferenziati derivati da fonti storiche. In secondo luogo, la possibilità di rappresentare cartograficamente tali informazioni e, infine, la capacità di effettuare analisi statistiche e spaziali sui dati. Infatti, la funzione del GIS non si limita alla mera visualizzazione dei risultati, ma si configura essa stessa come un vero e proprio strumento di ricerca.

A partire da questa prima teorizzazione, è possibile affermare che, in primo luogo, un HGIS si occupa dell'acquisizione e digitalizzazione delle fonti storiche direttamente riferite al territorio, come carte e piante storiche e altri documenti cartografici, che forniscono informazioni georeferenziate, essenziali per la ricostruzione dei paesaggi storici e per l'analisi delle trasformazioni territoriali nel tempo. A queste si aggiungono fonti indirettamente collegate al territorio, come documenti storici, registri catastali e censimenti. Sebbene non siano di natura cartografica, queste fonti contengono dati, riferiti al territorio, ai quali possono essere associate delle coordinate geografiche. La loro integrazione consente di arricchire la ricostruzione storica con informazioni relative alla popolazione, alle attività economiche e alla distribuzione sociale (Gregory e Ell, 2007).

Una volta raccolti, i dati possono essere organizzati in geodatabase, in modo da archiviare le informazioni in modo efficiente per facilitarne la gestione, creando relazioni tra le diverse entità e normalizzando le informazioni per garantire l'accessibilità e la coerenza.

Come è proprio anche del metodo geostorico, un aspetto centrale della ricerca attraverso gli HGIS è l'integrazione delle diverse fonti di dati. In questo modo, è possibile creare un quadro territoriale completo e coerente, colmando eventuali lacune nei dati e ottenendo una visione più articolata dei fenomeni del passato. L'analisi comparata delle fonti consente, infatti, di analizzare l'evoluzione dei fenomeni in modo multidimensionale, mettendo in evidenza correlazioni tra diversi aspetti del territorio e delle dinamiche sociali.

Un'altra funzione chiave di un HGIS è l'analisi della distribuzione spaziale dei fenomeni storici. Attraverso modelli statistici e tecniche di analisi spaziale, è possibile identificare e visualizzare pattern e tendenze, fornendo nuovi spunti per la comprensione delle dinamiche storiche. L'analisi spaziale permette, ad esempio, di studiare l'evoluzione dei confini, la distribuzione della popolazione o i cambiamenti nell'uso del suolo (Bodenhamer *et al.*, 2010).

La possibilità di rappresentare cartograficamente i dati storici costituisce non solo una parte integrante di questo approccio scientifico, ma anche un efficace strumento di comunicazione che consente di rendere accessibili i risultati delle ricerche a un pubblico ampio, tra cui ricercatori, studiosi e anche il pubblico generale. In generale, la produzione di cartografia tematica storica, finalizzata alla rappresentazione di aspetti specifici come l'uso del suolo, i confini amministrativi o le dinamiche demografiche, fornisce uno strumento utile per analizzare e comprendere i fenomeni storici in chiave geografica che altrimenti non sarebbe possibile. Inoltre, la pubblicazione di queste informazioni su piattaforme online permette una condivisione dinamica e collaborativa dei dati storici.

Infine, l'uso di tecnologie tridimensionali per la ricostruzione dei paesaggi storici rappresenta un'ulteriore evoluzione nel campo degli HGIS. Grazie a modelli 3D, è possibile, infatti, realizzare ricostruzioni immersive che offrono una rappresentazione più dettagliata e realistica di edifici, ambienti urbani, paesaggi. Questa tecnologia, pur con quale necessaria approssimazione, può rivelarsi particolarmente utile per

visualizzare e interpretare contesti spaziali molto lontani nel tempo, completamente trasformati o scomparsi, arricchendo la possibilità di comprensione delle dinamiche storico-territoriali (Landi, 2019; Azzari *et al.*, 2021).

In sintesi, gli HGIS offrono un ampio ventaglio di strumenti che permettono di gestire, analizzare e visualizzare dati storici in un contesto geografico, facilitando l'analisi e la comprensione delle dinamiche spaziali e temporali dei fenomeni storici. È dunque senz'altro possibile affermare che l'uso di queste tecnologie ha aperto nuove frontiere nella ricerca storica, rendendo possibile una visione più integrata e completa del passato.

4. Dalle fonti ai sistemi informativi geografici storici

La costruzione di un Historical GIS richiede, da una parte, la conoscenza del contesto geografico di riferimento, dall'altra, una corretta contestualizzazione e interpretazione delle fonti storiche, attraverso l'applicazione di metodi scientifici e approcci di ricerca consolidati nelle scienze storiche e geografico-storiche, come l'esegesi e l'analisi filologica e critica del documento, fondamentali per garantire l'accuratezza e l'affidabilità dei dati storici utilizzati. Come ricorda anche Anne Knowles, infatti, «using GIS intelligently requires a grounding in geographical knowledge. Applying the technology to history requires knowing how to contextualize and interpret historical sources» (Knowles, 2002: XII). Questo significa che, per applicare efficacemente la tecnologia GIS allo studio dei processi storici, è necessario saper contestualizzare e interpretare correttamente le fonti. Solo così è possibile creare un HGIS che sia non solo tecnicamente valido, ma anche storicamente accurato e significativo (Azzari, 2010; Dai Prà, 2018; Grava *et al*. 2020; Gabellieri *et al*., 2022).

La valutazione critica dei documenti cartografici e, più in generale, di tutte le fonti considerate consente di comprendere il contesto di produzione, le intenzioni degli autori e la qualità delle informazioni fornite. Come è stato sottolineato da molti studiosi, questo processo implica la piena comprensione sia degli elementi tecnici, che degli aspetti storico-culturali, che deve partire da un'analisi approfondita delle modalità

di produzione delle mappe storiche, tra cui le tecniche di misurazione utilizzate e le convenzioni grafiche adottate, ma anche le capacità e le conoscenze degli autori. D'altro canto, è opportuno valutare anche il contesto di realizzazione, la committenza e le finalità per cui ogni singolo documento è stato redatto, per comprendere come e perché determinate informazioni geografiche sono state selezionate – o eventualmente enfatizzate o distorte – e quali tecniche grafiche siano state privilegiate, in relazione a possibili influenze politiche, culturali e ideologiche. Questo tipo di analisi è imprescindibile per valutare l'attendibilità e i limiti delle fonti cartografiche, oltre alla loro accuratezza geometrica. Ogni carta storica è il risultato di un processo di misurazione, di una specifica percezione del territorio e di una precisa volontà di rappresentazione in un particolare momento storico, e, come tale, deve essere esaminata criticamente per capire in che misura rispecchia la realtà geografica del periodo considerato (Harley, 1989; Rombai, 2010).

In sintesi, la costruzione di un HGIS richiede una combinazione di competenze tecniche e conoscenze storiche. L'integrazione di metodi scientifici e approcci di ricerca delle scienze storiche e geografico-storiche è essenziale per garantire che i dati storici siano accurati, affidabili e contestualizzati correttamente. Ci sembra, dunque, che proprio questo approccio interdisciplinare permetta di sfruttare appieno il potenziale degli HGIS per la ricerca storica e geografica.

Dal punto di vista strettamente tecnico, ricordiamo che l'acquisizione dei dati all'interno di un sistema informativo geografico storico comprende due operazioni fondamentali: digitalizzazione e georeferenziazione. La digitalizzazione consiste nella trasformazione di un documento fisico in formato digitale immateriale. Tale processo può avvenire secondo due modalità principali, ognuna delle quali può essere utilizzata a seconda delle caratteristiche dei documenti e di specifiche esigenze di ricerca. In primo luogo, si può procedere con l'acquisizione diretta dell'originale, che implica, in genere, la conversione del supporto materiale in formato immagine, come avviene – ad esempio – attraverso i dispositivi di scansione. In secondo luogo, è possibile digitalizzare le informazioni contenute nel documento fisico (direttamente o dopo la sua conversione in formato immagine), trasferendo testi e altri particolari in formato testuale (ad esempio, attraverso editor di testo, database, fogli di calcolo) o geografico di tipo vettoriale.

La georeferenziazione consiste nell'associare ai dati (anche storici) delle coordinate geografiche, il che permette di collocarli in un contesto spaziale. Si tratta, evidentemente, di una fase essenziale per la costruzione di un sistema informativo geografico storico, poiché permette di visualizzare e analizzare i dati in relazione alla loro posizione geografica, di eseguire operazioni di analisi spaziale e di realizzare di carte tematiche di sintesi. Anche in questo caso, si può procedere in vari modi in relazione alle caratteristiche delle fonti e degli obiettivi di ricerca: la georeferenziazione diretta prevede l'assegnazione di coordinate geografiche ai dati digitali, ad esempio utilizzando strumenti di rilevamento come il GPS oppure attraverso le funzionalità dei software GIS; la cosiddetta georeferenziazione "indiretta" (o geocodifica), invece, si basa sull'assegnazione di coordinate a dati che non hanno una componente geografica intrinseca stabilendo una relazione con informazioni georeferenziate. Infine, è possibile effettuare la georeferenziazione di dati non geografici tramite l'uso di strati informativi di supporto, che contengono dati geografici di riferimento, associando quindi coordinate geografiche a dati che originariamente non le possiedono.

5. Ambiti operativi e campi di applicazione

Nel corso degli ultimi decenni, gli HGIS sono divenuti una tecnologia ampiamente utilizzata nel settore delle Digital Humanities poiché permettono di integrare dati spaziali e temporali. Questa capacità ha offerto nuove prospettive di ricerca e di applicazione, sia nel contesto accademico che in quello della divulgazione, in molti ambiti disciplinari, dalla pianificazione urbanistica alla valorizzazione del patrimonio culturale e paesaggistico e alla gestione delle risorse naturali. Solo per fare alcuni esempi, gli HGIS possono essere utilizzati per l'analisi dei cambiamenti del paesaggio nel corso del tempo, per studiare l'impatto delle attività umane sull'ambiente e per sviluppare strategie per la gestione sostenibile delle risorse naturali. Nel campo della pianificazione urbanistica, gli HGIS possono essere impiegati per approfondire gli studi sull'evoluzione delle città nel corso del tempo e per supportare gli interventi di sviluppo in modo più informato e sostenibile. Inoltre,

la digitalizzazione, la georeferenziazione e la pubblicazione online di carte e documenti storici può aiutare a preservare e a diffondere informazioni non altrimenti accessibili.

Gli Historical GIS trovano applicazione in diversi ambiti operativi, ognuno dei quali sfrutta le potenzialità di questi strumenti per scopi specifici.

Nel settore pubblico, infatti, vengono utilizzati per la gestione del patrimonio culturale e per la pianificazione urbanistica, dato che offrono strumenti avanzati per l'analisi spaziale di dati storici e permettono di visualizzare e analizzare i cambiamenti nel tempo, supportando decisioni informate e contribuendo a preservare la memoria storica e l'identità locale. Nell'ambito della divulgazione, gli Historical GIS possono essere impiegati per realizzare cartografie interattive e altre applicazioni, come quelle basate sulle rappresentazioni tridimensionali, che avvicinano la storia del territorio a un pubblico più vasto rispetto a quello degli specialisti e degli amministratori. Ad esempio, attraverso applicazioni web e mostre virtuali, è possibile rendere consultabile il patrimonio cartografico storico o acquisire consapevolezza delle trasformazioni territoriali in modo coinvolgente e intuitivo. Nel contesto della ricerca accademica, gli HGIS costituiscono un approccio ormai consolidato che permette l'integrazione di dati storici georeferenziati provenienti da diverse fonti, facilitando lo studio delle dinamiche diacroniche e la comprensione di fenomeni complessi. Sono appunto impiegati proficuamente da geologi, naturalisti, forestali, storici, geografi, archeologi – ma ormai anche dagli studiosi di tutte le discipline altre umanistiche – per sviluppare nuove ipotesi e verificare teorie esistenti. Infine, in ambito didattico, i sistemi informativi geografici storici, sia in versione desktop, sia grazie alle molte applicazioni online, sono proficuamente utilizzati come risorse educative per insegnare la geografia e la storia. Gli studenti infatti possono interagire con i dati geografici storici in modo dinamico attraverso attività di esplorazione e di correlazione.

6. Alcuni esempi applicativi

Come si è detto, le possibili applicazioni degli HGIS riguardano un ampio ventaglio di contesti operativi (pubblico, privato, didattico,

scientifico, divulgativo) e ambiti disciplinari, che spaziano dalla geografia storica e la storia del territorio alla pianificazione urbanistica, dalla storia alle scienze naturali, dalla tutela e valorizzazione del patrimonio culturale all'agronomia e alle scienze forestali. Alla luce di quanto esposto finora, ci sembra opportuno illustrare alcuni esempi che mostrano come gli Historical GIS possano essere impiegati in ambiti specifici, anche al fine di evidenziarne le potenzialità e i contesti applicativi.

Gli archivi digitali di carte geografiche storiche, raccolti e custodite nel tempo da biblioteche, archivi, università, musei, ma anche fondazioni private, offrono accesso a raccolte documentali, spesso arricchite e corredate da metadati dettagliati. In molti casi, queste cartografie sono state anche georeferenziate e, attraverso applicativi webgis, sovrapposte a dati geografici contemporanei, facilitando così studi comparativi in ambiti come la storia urbana, la geografia storica e l'archeologia. Talvolta, questa documentazione può essere non solo consultata online o tramite geoservizi WMS, ma anche scaricata e utilizzata in ambiente desktop tramite WCS. Nonostante alcune criticità che riguardano, in particolare, la standardizzazione dei formati dei dati e dei metadati, la georeferenziazione di patrimoni materiali e la sostenibilità (preservazione) a lungo termine degli archivi digitali costituiscono un'importante risorsa, sia per gli studiosi e per i tecnici, che per tutti i cittadini, fornendo una base conoscitiva di facile accesso sulla storia del territorio, oltre che uno strumento per l'efficace divulgazione della documentazione conservata negli archivi e nelle biblioteche pubbliche e private.

A livello internazionale, progetti pubblici come il *British Library's Georeferencer* (https://britishlibrary.oldmapsonline.org/start), le collezioni cartografiche della *Library of Congress* (https://www.loc.gov/maps/) e di alcune importanti università statunitensi (Harvard, https://library.harvard.edu/libraries/harvard-map-collection), il portale *Gallica* della *Bibiliotèque Nationale de France* (https://gallica.bnf.fr/), archivi digitali privati come la *David Rumsey Map Collection* (https://www.davidrumsey.com/) e il portale *OldMapsOnline* (https://www.oldmapsonline.org/), i quali offrono gratuitamente online carte geografiche di ampio arco temporale, catalogate e spesso georeferenziate, consentendo di effettuare ricerche storiche e geografiche, di consultare quantità notevolissime di carte digitalizzate che spaziano tra differenti tipologie (atlanti, mappe, carte topografiche e piante urbane,

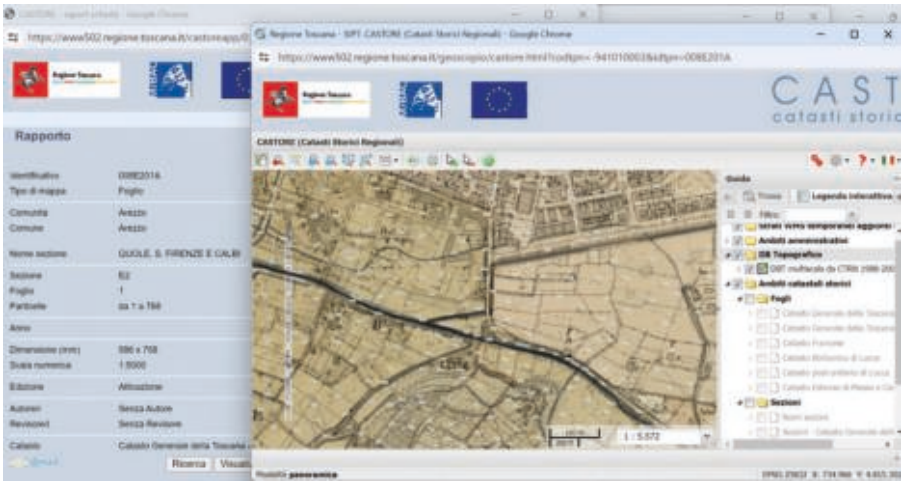


Figura 1 – Il sistema informativo Catasti Storici Regionali (Ca.Sto.Re.) della Regione Toscana: scheda descrittiva delle cartografie e webGIS con le mappe georeferenziate sovrapposte alla Carta Tecnica Regionale. Fonte: Regione Toscana (https://www502.regione.toscana.it/castoreapp/).

ecc.). In Italia, alcune biblioteche e alcuni archivi hanno digitalizzato – e talvolta georeferenziato – una parte delle loro collezioni cartografiche, che sono consultabili attraverso i portali istituzionali e tramite il portale *Internet Culturale* (https://www.internetculturale.it/it/770/carte-geografiche), promosso dall'Istituto Centrale per il Catalogo Unico.

Tra gli archivi cartografici digitali pubblici, uno degli esempi più significativi in Italia è il portale Cartografia Storica Regionale (Ca.Sto. Re). Questo archivio, promosso dalla Regione Toscana e implementato con il supporto scientifico delle Università di Firenze, Pisa e Siena, fornisce accesso a una vasta collezione di carte storiche digitalizzate (e in gran parte geolocalizzate) relative al territorio toscano, conservate negli Archivi di Stato e in alcune biblioteche. Le mappe coprono un arco cronologico che va dal XVI al XIX secolo, relative a una grande varietà di tipologie cartografiche. Una sezione specifica è dedicata alle mappe a grande scala dei catasti ottocenteschi (Catasto Generale della Toscana per l'area già compresa nel Granducato, Catasto Borbonico per il territorio lucchese, Catasto Estense per Massa e Carrara) che sono state tutte georeferenziate e rese disponibili tramite webgis e in formato WMS (https://www.regione.toscana.it/-/castore). L'intero

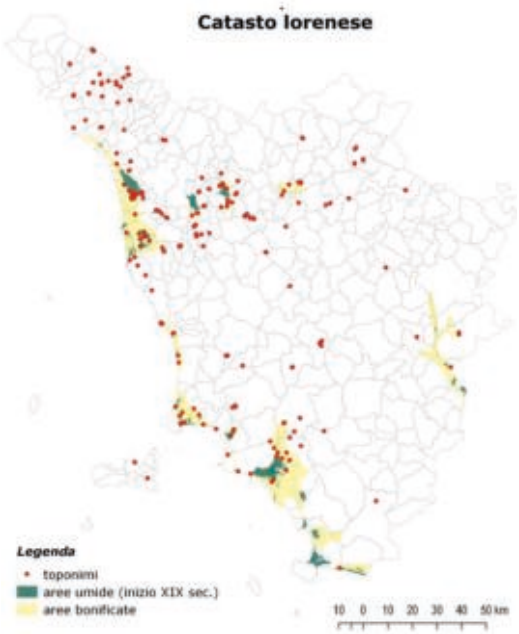


Figura 2 – Un esempio di ricerca basata sul Repertorio Toponomastico Regionale: distribuzione del toponimo *padul- / palud-* in Toscana. Fonte: Regione Toscana, Re.To.Re. (https://www502.regione.toscana.it/searcherlite/retore_start.html).

archivio è accessibile gratuitamente e offre strumenti avanzati per la visualizzazione e l'analisi delle mappe, consentendo agli utenti di studiare la storia del territorio toscano in modo dettagliato e interattivo e di disporre di una base informativa utile anche per la per la pianificazione territoriale e la valorizzazione del paesaggio storico (Sassoli, 2011).

I Sistemi Informativi Geografici Storici possono essere proficuamente impiegati anche per lo studio della toponomastica storica, permettendo di analizzare e di visualizzare graficamente la distribuzione, l'evoluzione e le trasformazioni dei nomi di luogo nel tempo. Grazie alla georeferenziazione di carte storiche e all'integrazione di fonti di diversa origine, sono state realizzate apposite banche dati che consentono di effettuare ricerche sui toponimi storici di epoche passate e di studiarne la persistenza o la scomparsa.

Un esempio significativo è il già citato progetto *Great Britain Historical GIS*, che documenta l'evoluzione dei nomi di località britanniche tra il XIX e il XX secolo, evidenziando, ad esempio, cambiamenti

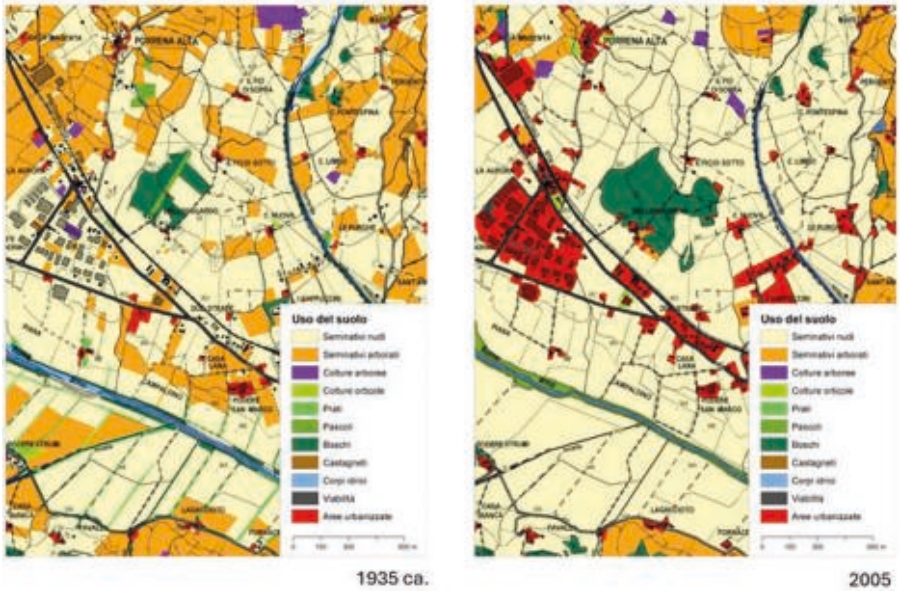


Figura 3 – L'evoluzione dell'uso del suolo come indicatore del paesaggio storico nel territorio di Poppi in provincia di Arezzo. Fonte: elaborazione di C. Berti.

legati all'industrializzazione e alla modernizzazione del territorio. Nel contesto italiano, un'interessante applicazione è il *Repertorio Toponomastico Toscano* (Re.To.Re.), una banca dati che integra in modo sistematico i toponimi riportati in diverse basi cartografiche a grande scala, redatte tra il XIX e il XX secolo (catasti ottocenteschi, "tavolette" IGM, catasto vigente, cartografia tecnica regionale). L'archivio (https://www.regione.toscana.it/-/retore-repertorio-toponomastico-regionale) permette di analizzare l'evoluzione della toponomastica toscana e di effettuare ricerche e analisi su toponimi specifici, ambiti semantici e referenti territoriali, consentendo di studiare la distribuzione e le trasformazioni dei nomi di luogo (Grava *et al.*, 2018).

L'uso degli Historical GIS permette di ricostruire l'evoluzione dei limiti amministrativi e della distribuzione della popolazione nel tempo, integrando dati cartografici, censuari e archivistici. In questo modo, è possibile visualizzare i cambiamenti territoriali dovuti a riforme politiche, accorpamenti o frammentazioni di unità amministrative, nonché analizzare le dinamiche demografiche a diverse scale spaziali e temporali. Un esempio applicativo è il progetto *Great Britain Historical GIS*,

che ha ricostruito le variazioni dei confini amministrativi e della distribuzione della popolazione nel Regno Unito dal XIX secolo ai giorni nostri, evidenziando tra l'altro l'impatto della rivoluzione industriale e dell'urbanizzazione (Gregory e Southall, 2002; Gregory *et al.*, 2002). Nel contesto italiano, anche chi scrive ha intrapreso l'analisi dell'evoluzione delle circoscrizioni comunali in Toscana dall'Unità ad oggi (Berti *et al.*, 2023).

Un ambito di applicazione particolarmente proficuo e praticato riguarda la ricostruzione e l'analisi del paesaggio storico, sia agrario che urbano. Attraverso l'integrazione di fonti cartografiche (cartografia del passato, catasti storici, carte topografiche), fonti iconografiche (incisioni, dipinti, fotografie d'epoca) e fonti testuali (letteratura odeporica, statistiche, censimenti, rapporti, descrizioni, corografie, ecc.), è possibile costruire banche dati utili per ottenere una visione d'insieme delle trasformazioni territoriali nel corso del tempo. In particolare, l'analisi dell'evoluzione dell'uso del suolo permette di ricostruire i cambiamenti nella distribuzione delle colture, nell'organizzazione dei campi, nella presenza di infrastrutture agricole e nell'espansione degli insediamenti urbani. La comprensione delle dinamiche storiche che hanno influenzato il paesaggio, evidenziando le interazioni tra uomo e ambiente, è fondamentale per interpretare le trasformazioni attuali e per pianificare interventi futuri (si vedano ad esempio: Grava *et al.*, 2020: 19-52; Berti, 2012).

La ricostruzione virtuale tridimensionale dei paesaggi storici e dei contesti urbani, favorita anche dai progressi tecnologici, costituisce attualmente uno strumento di largo impiego nel settore del patrimonio culturale. Infatti, la possibilità di ricreare ambienti del passato con notevoli livelli di dettaglio permette agli utenti una visione immersiva e interattiva che supera i limiti delle tradizionali rappresentazioni bidimensionali. Oltre all'integrazione di dati provenienti da fonti diverse, come rilievi archeologici, mappe antiche, iconografie e documenti storici, che consentono di ricostruire spesso con buona precisione la morfologia del territorio e gli edifici, la possibilità di ottenere una visualizzazione immersiva dei paesaggi storici scomparsi si rivela particolarmente importante per la valorizzazione e la fruizione del patrimonio culturale, poiché permette di creare percorsi di visita virtuali, mostre interattive e applicazioni didattiche, rendendo il patrimonio accessibile a un pubblico più ampio.

Figura 4 – Ricostruzione virtuale della "filiera" di Capostrada lungo il torrente Ombrone presso Pistoia. Fonte: Berti e Landi (2019, elaborazione di F. Landi).

Un esempio interessante a questo riguardo è costituito dal progetto "Disegni d'Acqua" che ha visto la realizzazione di una mostra interattiva permanente (https://www.disegnidacqua.it/mostra/index.html). Nell'ambito del progetto sono state utilizzate ricostruzioni virtuali tridimensionali per offrire una visione immersiva del legame della città di Pistoia e del suo territorio con le acque e degli elementi del patrimonio culturale legato all'acqua, come canalizzazioni, gore, mulini, opifici idraulici (Berti e Landi, 2020).

Gli Historical GIS rappresentano uno strumento utile anche per analizzare la storia degli opifici idraulici, quelle strutture che per secoli hanno plasmato il paesaggio e l'economia di interi territori. A partire da un'ampia varietà di fonti, cartografiche e documentarie, è possibile mappare la distribuzione degli opifici nel corso nel passato, individuare le aree di maggiore concentrazione e analizzare le variazioni legate a fattori geografici, economici e tecnologici. Inoltre, l'HGIS facilita l'analisi delle complesse relazioni tra gli opifici, i corsi d'acqua, gli insediamenti e le infrastrutture, rivelando le dinamiche territoriali e le reti economiche. Esempi di ricerche svolte da chi scrive sono basate sullo studio del *Catasto Generale della Toscana* (1817-1832) e della *Carta idrografica del Regno d'Italia* (Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio, 1893). Si tratta di due casi in cui è stato possibile, a partire

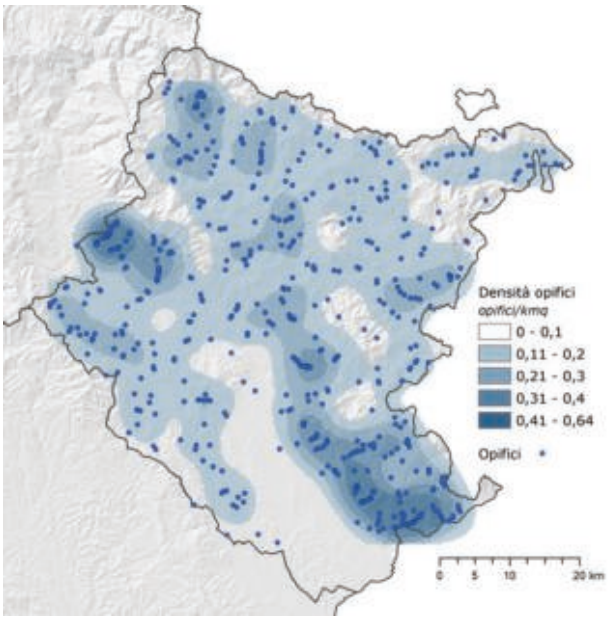


Figura 5 – Densità degli opifici idraulici alla fine del XIX secolo in provincia di Arezzo sulla base della Carta idrografica del Regno d'Italia. Fonte: Berti e Grava (2020a).

da una base cartografica omogenea, costruire una banca dati organica, per tutto il territorio toscano (Berti e Grava, 2020a; 2020b).

Un altro settore di ricerca piuttosto promettente, che si pone per così dire a cavallo tra gli Historical e i Literary GIS, è quello che sfrutta le potenzialità dei sistemi informativi geografici per studiare e valorizzare la letteratura odeporica (Taylor *et al.*, 2018; Dai Prà e Gabellieri, 2021). Pur tenendo conto del dibattito sull'attendibilità dei resoconti di viaggio come fonte per la storia del territorio e sulla necessità di un approccio critico nei confronti degli autori e delle loro narrazioni, la possibilità di georeferenziare i luoghi descritti nei testi e di tracciare i percorsi dei viaggiatori offre nuove chiavi di lettura della letteratura di viaggio secondo un'ottica geografico-storica. Inoltre, «l'utilizzo di un software GIS può contribuire a sistematizzare le informazioni, classificare secondo una scheda omogenea, e procedere a comparazione e analisi grazie alla loro localizzazione» con l'obiettivo di «contribuire ad aumentare la comprensione della storia del paesaggio a scala topografica, attraverso le osservazioni ambientali e sociali» (Dossche e Gabellieri,

Figura 6 – L'itinerario del viaggio di Jean-Claude Richard de Saint-Non nella Sicilia settentrionale, descritto nel *Voyage pittoresque ou Description des royaumes de Naples et de Sicile* (1781-1785). Fonte: elaborazione di A. Gallia.

2024: 110). Infine, la possibilità di creare carte interattive dei percorsi e dei luoghi visitati e di collegare le descrizioni dei viaggiatori con informazioni storiche, geografiche e culturali costituisce una base, oltre che per applicazioni divulgative e didattiche, anche per la realizzazione di itinerari culturali che consentono ai visitatori di oggi di ripercorrere i passi dei viaggiatori del passato.

7. Conclusioni

Considerando quanto sottolineato anche in precedenza, ci sembra quasi superfluo sottolineare che le opportunità offerte dagli strumenti e dalle metodologie che rientrano nella definizione di Historical GIS sono molto significative, dato che consentono di analizzare dati storici riferiti in chiave geografica, e di aprire nuove strade per la ricerca e l'analisi, favorendo la collaborazione tra gli studiosi di diversi ambiti disciplinari. Condizioni necessarie per la qualità dei risultati sono la valutazione critica delle fonti e il rigore metodologico nel loro pro-

cessamento, che richiedono risorse significative in termini di tempo e competenze tecniche.

Ci sembra, infine, opportuna un'ulteriore riflessione sulla collocazione degli Historical GIS nell'ambito delle Digital Humanities. Infatti, dopo una fase iniziale tra gli anni Novanta del secolo scorso e primi anni Duemila, si registra nel contesto internazionale una progressiva valutazione degli Historical GIS come una componente secondaria nel contesto delle Digital Humanities, dato che avrebbero una natura essenzialmente strumentale (Grava, 2022). Riteniamo, invece, che sia opportuno considerare gli HGIS non solo come meri strumenti tecnici, bensì come un approccio metodologico che può consentire una migliore comprensione dei processi territoriali in chiave diacronica. Analizzare dal punto di vista spaziale fenomeni complessi può consentire di stabilire connessioni interdisciplinari e di mettere in luce interrelazioni e correlazioni tra elementi diversi proprio in virtù della dimensione geografica dell'analisi.

Riconoscimenti

Gli autori ringraziano gli amici e colleghi Nicola Gabellieri e Arturo Gallia con i quali dialogano costantemente sui temi trattati e ai quali devono alcune elaborazioni riportate nel presente contributo.

Riferimenti bibliografici

Atkins, P. and Mitchell, G. (1996), *Yesterday's and today's data*, in «GIS Europe», 5, pp. 24-26.

Azzari, M. (2010), *Prospettive e problematiche d'impiego della cartografia del passato in formato digitale*, in «Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia», 138, pp. 217-224.

Azzari, M., Bologna, V. and Deguy, P. (2021), *Virtual reconstruction of historical landscapes: a 3D environment to contextualise data in space and time*, in *Abstracts of the International Cartographic Association*, 3, 17 (30th International Cartographic Conference, 14-18 December 2021, Florence, Italy), 2021.

Berti, C. (2012), *Territorio e società in una comunità dell'Appennino toscano. Poppi dal medioevo all'età contemporanea*, Società Storica Aretina, Arezzo.

Berti, C. e Grava, M. (2020a), *L'uso dei GIS in geografia storica: il caso studio delle manifatture toscane in epoca preunitaria*, in «Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia», 168, pp. 4-18.

Berti, C. e Grava, M. (2020b), L*a Carta idrografica d'Italia come fonte per la storia degli opifici idraulici alla fine dell'Ottocento. Il caso toscano*, in «Bollettino della Società Geografica Italiana», 14 (3), pp. 87-96.

Berti, C., Grava, M., Guarducci, A., Macchi Janica, G. e Tarchi, G. (2023), *Trasformazioni amministrative e demografiche: la Toscana dalla fine del Settecento ai giorni nostri*, in Lazzeroni, M., Morazzoni, M., Zamperlin, P. (2023, a cura di), *Geografia e tecnologia: transizioni, trasformazioni, rappresentazioni*, Società di Studi Geografici ("Memorie Geografiche", N.S. 22), Firenze, pp. 93-102.

Berti, C. e Landi, F. (2019, a cura di), *Disegni d'acqua. Acque e trasformazioni del territorio*, Laboratorio di Geografia applicata-Phasar, Università degli Studi di Firenze, Firenze.

Bodenhamer, D.J., Corrigan, J. and Harris, T.M. (2010), *The Spatial Humanities. GIS and the Future of Humanities Scholarship*. Indiana University Press, Bloomington.

Dai Prà, E. (2018), *Per una geografia storica applicata: prolegomeni a un Centro per lo studio, la valorizzazione e la fruizione attiva della cartografia storica*, in «Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia», 162, pp. 108-122.

Dai Prà, E. and Gabellieri, N. (2021), *Mapping the Grand Tour Travel Writings: a GIS-Based Inventorying and Spatial Analysis for Digital Humanities in Trentino-Alto Adige, Italy (XVI-XIX c.)*, in «Literary Geographies», 7 (2), 251-274.

DeBats, D.A. and Gregory, I.N. (2011), *Introduction to Historical GIS and the Study of Urban History*, in «Social Science History», 35 (4), pp. 455-463.

Dossche, R. e Gabellieri, N. (2024), G*eostoria del bosco e fonti odeporiche: sperimentazioni di Historical GIS nel caso studio della Val di Fiemme e Val di Fassa (XIX secolo)*, in «Bollettino della Società Geografica Italiana», 14, 7 (1), pp. 109-123.

Ell, P.S. and Gregory, I.N. (2001), *Adding a New Dimension to Historical Research with GIS*, in «History and Computing», 13 (1), pp. 1-6.

Forte, M. (2002), *I Sistemi Informativi Geografici in archeologia*, MondoGIS, Roma.

Gabellieri, N., Dai Prà, E. e Scanu, N. (2022), *Dalla mappa al geodatabase: un modello di raccolta, digitalizzazione e analisi sincronica e diacronica in ambiente GIS del patrimonio toponomastico del territorio trentino da fonti cartografiche storiche (XIX-XXI secolo)*, in «Il capitale culturale», 25, pp. 603-633.

Goerke, M. (1994), *Coordinates for Historical Maps*, Max-Planck-Institut für Geschichte, Gottingen.

Grava, M. (2022), *Perché è necessario (e conveniente) non considerare gli Historical GIS quale componente ancillare nelle Digital Humanities*, in «Semestrale di Studi e Ricerche di Geografia», 34 (1), pp. 45-58.

Grava, M., Berti, C., Gabellieri, N. e Gallia, A. (2020), *Historical GIS. Strumenti digitali per la geografia storica in Italia*, Edizioni Università di Trieste, Trieste.

Grava, M., Lucchesi, F., Macchi Jánica, G., Trevisani, M., Sassoli, U. e Peri, A. (2018), *RE.TO.RE.: il REpertorio TOponomastico REgionale della Toscana*, in *Atti della Conferenza ASITA*, Milano, pp. 561-568.

Gregory, I.N., Bennett, C., Gilham, V.L. and Southall, H.R. (2002), *The Great Britain Historical GIS Project: From Maps to Changing Human Geography*, in «The Cartographic Journal», 39 (1), pp. 37-49.

Gregory, I.N., DeBats, D. and Lafreniere, D. (2018, eds.), *The Routledge Companion to Spatial History*, Routledge, Oxon-New York.

Gregory, I.N. and Ell, P.S. (2007), *Historical GIS: technologies, methodologies, and scholarship*, Cambridge University Press, Cambridge.

Gregory, I.N. and Geddes, A. (2014), *Towards Spatial Humanities: Historical GIS and Spatial History*. Indiana University Press, Bloomington.

Gregory, I.N. and Healey, R.G. (2007), *Historical GIS: Structuring, Mapping and Analysing Geographies of the Past*, in «Progress in Human Geography», 31 (5), pp. 638-653.

Gregory, I.N., Kemp, K. and Mostern, R. (2003), *Geographical Information and historical research: current progress and future directions*, in «History and Computing», 13, pp. 7-22.

Gregory, I.N. and Southall, H. (2002), *Mapping British Population History*, in Knowles, A.K. (2002, ed.), *Past Time, Past Place: GIS for history*, ESRI Press, Redlands.

Harley, J.B. (1989), *Deconstructing the Map*, in «Cartographica», 26 (2), pp. 1-20 [trad. it. in Minca, C. (2001, a cura di), *Introduzione alla geografia post-moderna*, CEDAM, Milano, pp. 237-258].

Knowles, A. (2002), *Past Time, Past Place: GIS for History*, ESRI Press, Redlands.

Knowles, A. (2016), *Historical GIS and Social Science History*, in «Social Science History», 40 (4), pp. 741-750.

Knowles, A.K. and Hillier, A. (2008), *Placing History: How Maps, Spatial Data, and GIS Are Changing Historical Scholarship*, ESRI Press, Redlands.

Landi, F. (2019), *Virtual landscaping e conoscenza del territorio*, in Berti, C. e Landi, F. (2019, a cura di), *Disegni d'acqua. Acque e trasformazioni del territorio*, Laboratorio di Geografia applicata-Phasar, Università degli Studi di Firenze, Firenze, pp. 15-18.

Lawson, M.K., Bavaj, R. and Struck, B. (2022), *A Guide to Spatial History: Areas, Aspects, and Avenues of Research*, Olsokhagen Publishing, Edinburgh.

Murrieta-Flores, P. and Martins, B. (2019), *The Geospatial Humanities: Past, Present and Future*, in «International Journal of Geographical Information Science», 33 (12), pp. 2424-2429.

Rombai, L. (2010), *Le problematiche relative all'uso della cartografia storica*, in «Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia», 138, pp. 69-89.

Sassoli, U. (2011), *I catasti storici della Toscana e il progetto Castore*, in «Rassegna degli Archivi di Stato», VII, 1-2-3, pp. 113-119.

Siebert, L. (2000), *Using GIS to Document, Visualize, and Interpret Tokyo's Spatial History*, in «Social Science History», 24, pp. 537-574.

Taylor, J., Donaldson, C.E., Gregory, I.N. and Butler, J.O. (2018), *Mapping Digitally, Mapping Deep: Exploring Digital Literary Geographies*, in «Literary Geographies», 4 (1), 10-19.

Vrana, R. (1989), *Historical Data as an Explicit Component of Land Information Systems*, in «International Journal of Geographical Information Systems», 3, pp. 33-49.

I GIS quale potente strumento a supporto della cartografia tematica: un esempio di carta a isoterme

Sergio Pinna e Massimiliano Grava

1. Introduzione

È evidente che la precisione di una carta a isoterme dipende dalla quantità di stazioni disponibili nell'area oggetto di studio; quando il numero è elevato, l'incertezza sull'andamento delle curve è ovviamente molto contenuta, ma se la loro densità è bassa, sorgono dei problemi notevoli quando si deve operare a grande scala. La presente ricerca si propone di ottenere un affinamento di questo tipo di carte utilizzando una metodologia GIS. Tale affinamento è basato sul preliminare calcolo dei gradienti termici verticali, dato che, quando non sussistono considerevoli differenze latitudinali, è logico ritenere che la quota sia il fattore geografico dominante per le variazioni di temperatura.

Nel caso in esame, sono stati elaborati i dati (temperature e altimetria) delle 55 stazioni termometriche disponibili nel dataset dell'Unità Agrometeorologica della Regione Siciliana, unitamente al modello digitale della morfologia del terreno dell'isola; partendo da questa base, si è così cercato di apprezzare in dettaglio – tramite appunto l'impiego di metodologie GIS – gli effetti presumibilmente prodotti dall'orografia sui valori termici.

2. Le carte delle temperature medie, derivanti dalle 55 stazioni disponibili

Utilizzando il tool *Radial Basis Functions* di ArcGIS con la funzione *Spline with tension*, sono state disegnate le carte a isoterme delle temperature medie (anno, gennaio e agosto), relativamente ai dati delle 55 stazioni sopra citate (figura 1).

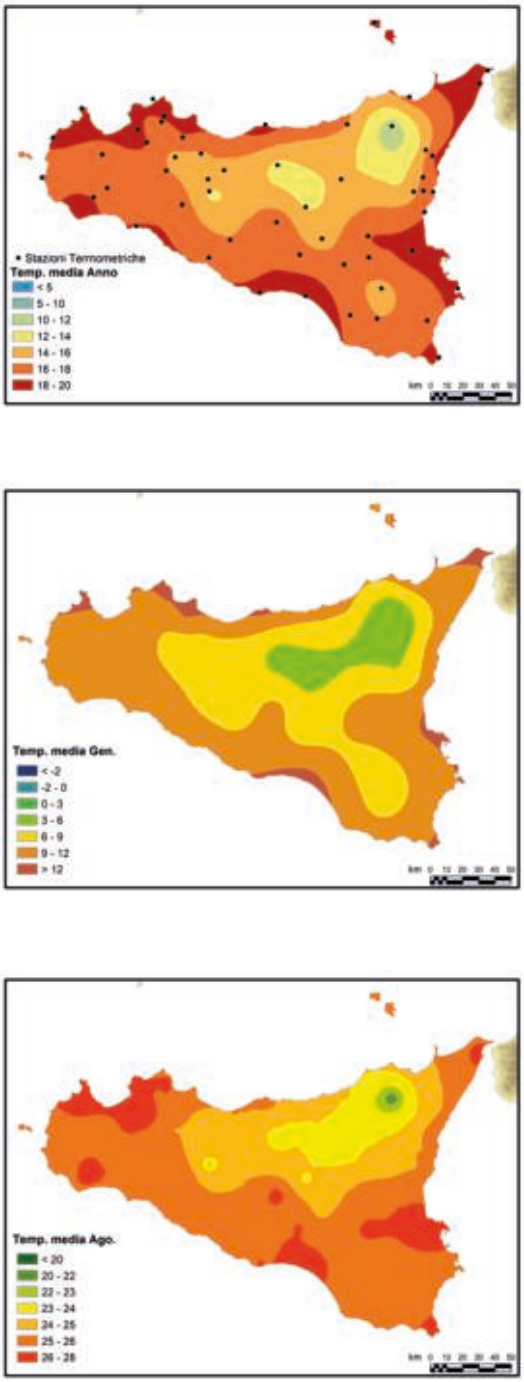


Figura 1 – Carte ad isoterme, in base ai dati delle 55 stazioni.

Si noti che nelle legende delle immagini appaiono degli intervalli che non sono rappresentati sulle carte; questo dipende dall'opportunità di avere le stesse classi di valori utilizzate nelle successivamente carte affinate, onde poter fare dei confronti significativi. Gli intervalli assenti sono quelli più bassi, in quanto nessuna delle 55 stazioni è posta a quota superiore ai 1300 m.

L'andamento delle isolinee evidenzia una distribuzione geografica delle temperature piuttosto semplificata, con i dati più alti lungo le fasce costiere e una tendenza alla diminuzione procedendo verso l'interno; si constata che l'orografia influisce in modo piuttosto generico con le isoterme che si chiudono sui valori minori nel settore nord-orientale dell'isola.

3. La procedura di affinamento delle carte

Data l'approssimazione delle carte inizialmente ottenute, si è allora proceduto all'applicazione di un metodo che ne consentisse una correzione. Questo si è fondato in primis sull'inserimento di un elevato numero di stazioni aggiuntive (285), onde arrivare ad una copertura molto più fitta del territorio siciliano (figura 2). Ad ognuna di esse è stato associato il valore reale Q dell'altimetria, ricavato dal modello digitale del terreno con equidistanza di 20 m. Il passo successivo è consistito, per ciascuna di queste, nella stima del valore teorico di temperatura (T_{st}), derivante dai modelli raster di cui alla figura 1.

È di certo logico ritenere che le T_{st}, derivando da un'interpolazione sulle 55 stazioni originarie, siano fortemente influenzate dall'altitudine di queste ultime; il passaggio seguente è quindi consistito nell'assegnare ai punti aggiuntivi una quota stimata (Q_{st}) calcolata in un modello raster della morfologia, prodotto dalle sole 55 altezze stazioni termometriche (figura 3).

In definitiva, ogni punto sarà così caratterizzato da una differenza $Q\text{-}Q_{st}$ che potrà essere tradotta in termini di correzione del valore della T_{st} quando si conoscano i gradienti termici verticali.

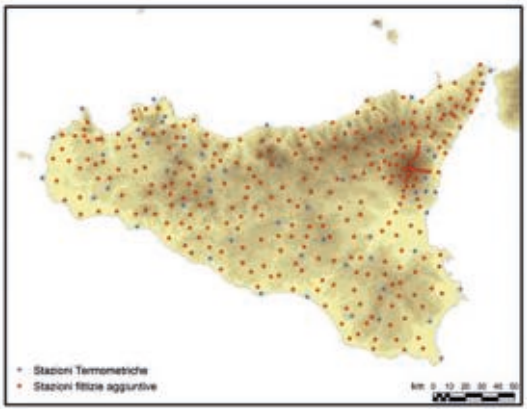


Figura 2 – Stazioni reali e aggiuntive, in rapporto alla morfologia reale.

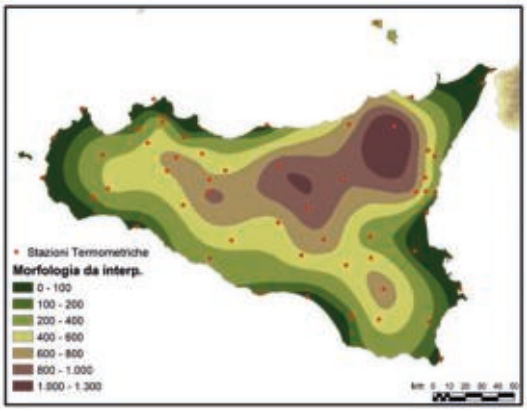


Figura 3 – Modello raster della morfologia, realizzato sulla base delle 55 altezze.

4. I gradienti altimetrici delle temperature

Sono state effettuate le correlazioni lineari fra le temperature medie delle 55 stazioni e le relative quote; per le medie annue il gradiente è risultato di 5,1°/km, per quelle di gennaio di 6,9°/km e per quelle di agosto di 3,3°/km.

In effetti, i gradienti medi presentano marcate variazioni nel corso dell'anno, secondo regimi assai diversi fra differenti parti del nostro territorio. Nelle regioni settentrionali, non direttamente influenzate dal mare, i valori sono minimi nei mesi più freddi (a causa delle frequenti

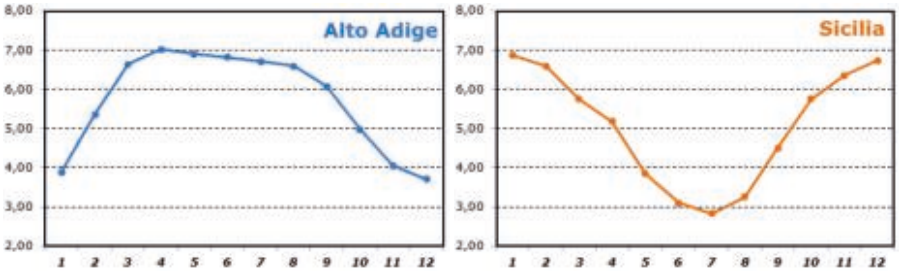


Figura 4 – L'andamento intermensile dei gradienti altimetrici (C°/km) delle temperature medie mensili della Sicilia, in raffronto con quello dell'Alto Adige.

situazioni di inversione termica nei bassi strati dell'atmosfera) e tendono a raggiungere i massimi in primavera-estate; di contro, al Sud e nelle isole maggiori si osserva un andamento praticamente invertito, con dati molto alti in inverno e assai bassi in estate (figura 4).

5. Le carte ottenute con la procedura di affinamento

Nella figura 5 sono riportate le carte derivanti dall'applicazione della procedura di correzione a quelle di cui alla figura 1.

Il confronto fra le carte iniziali e quelle corrette mette in luce come le seconde presentino una distribuzione geografica molto più articolata dei fenomeni, in quanto evidenziano l'influenza del rilievo sulle temperature in modo molto più netto rispetto a quanto rilevabile nelle prime; si può notare in proposito che le isoterme si chiudono su valori bassi in corrispondenza delle Madonie, dei Nebrodi e dei Peloritani. Merita sottolineare come il metodo adottato abbia fatto emergere la situazione termometrica dell'Etna che, in ragione dei suoi oltre 3300 m d'altezza, ha delle temperature di gran lunga più basse di tutto il resto dell'isola; queste condizioni termiche non apparivano invece nelle carte della figura 1. In corrispondenza delle parti più elevate del grande edificio vulcanico appaiono i colori delle due prime classi che, come già notato precedentemente, non erano presenti nelle carte inizialmente disegnate.

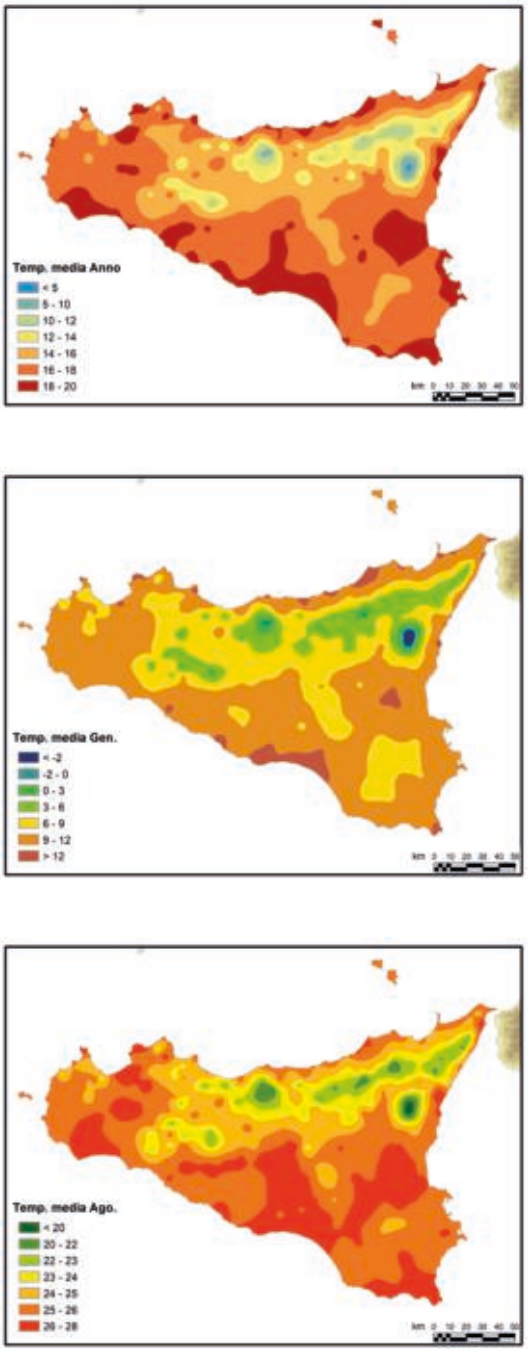


Figura 5 – Carte a isoterme costruite utilizzando anche i valori termici delle stazioni aggiuntive.

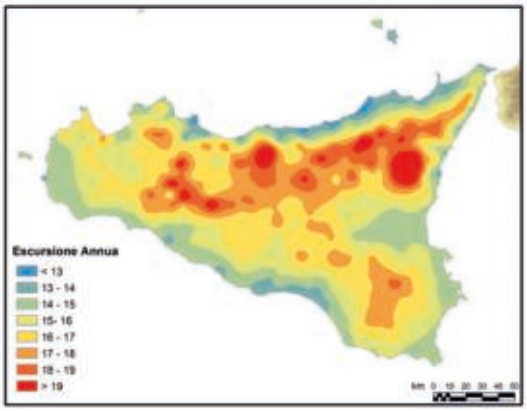


Figura 6 – Carta dell'escursione annua ottenuta col metodo descritto nel testo.

6. Brevi note conclusive

Il metodo di affinamento utilizzato in questo lavoro sembra aver portato a dei primi risultati abbastanza soddisfacenti. Gli strumenti GIS hanno infatti consentito di ottenere in tempi assai ridotti quel tipo di correzioni che una volta veniva effettuato manualmente, verificando i caratteri (e quindi l'influenza) dell'orografia, durante la procedura di tracciamento delle isolinee.

Senza dubbio, quanto ottenuto non può certo essere considerato esaustivo, in quanto sarà necessario sia condurre altre prove con differenti tool cartografici, sia applicare le procedure proposte a ulteriori regioni geografiche, nonché eventualmente scegliere modi diversi di infittimento dei dati.

In ogni caso è importante sottolineare che – pur senza trascurare le ovvie approssimazioni connesse col complesso del metodo – si sono potute tracciare carte climatiche di un certo dettaglio, partendo da un contenuto numero di stazioni.

La figura 6 costituisce un significativo esempio di quanto ora detto. Per arrivare infatti alla costruzione della carta dell'escursione annua è stato necessario anzitutto elaborare le medie dei due mesi estremi (nel caso della Sicilia, gennaio e agosto) per poi rappresentare le loro differenze.

Riferimenti bibliografici

A.A.V.V. (1998), *Climatologia della Sicilia*, Assessorato Agricoltura e Foreste, Regione Siciliana, Palermo.

AA.VV. (1996), *Linee guida del piano territoriale paesistico regionale*, Assessorato dei Beni Culturali, Ambientali e della Pubblica Istruzione, Regione Siciliana, Palermo.

Colella, G. (2009), *Meteorologia Aeronautica*, IBN Editore, Roma.

Kamińska, A. and Grzywna, A. (2014), *Comparison of deterministic interpolation methods for the estimation of groundwater level*, in «Journal of Ecological Engineering», 15 (4), pp. 55-60.

Mennella, C. (1973), *Il clima d'Italia*, F.lli Conte Editori, Napoli.

Petrasova, A., Harmon, B., Petras, V., Tabrizian, P. and Mitasova, H. (2018), *Tangible modeling with open source GIS*, Springer International Publishing, New York.

Pinna, M. (1977), *Climatologia*, UTET, Torino.

Wang, F. (2006), *Quantitative methods and applications in GIS*, Taylor & Francis, Boca Raton, Florida.

Un approccio *location intelligence* sui *Big Data* della mobilità

Dario Bertocchi

1. Introduzione

La geografia, disciplina da sempre orientata alla comprensione delle relazioni spaziali e dei modelli naturali e antropici, ha beneficiato dei progressi tecnologici per migliorare le analisi territoriali e i processi decisionali. Negli ultimi anni, la convergenza tra intelligenza artificiale (AI) e Big Data ha aperto nuove prospettive per la ricerca geografica, rivoluzionando l'analisi spaziale e i sistemi di supporto decisionale (Batty, 2021). Tradizionalmente, la raccolta e l'analisi dei dati erano processi manuali e dispendiosi in termini di tempo. Tuttavia, l'espansione dell'AI e la crescita esponenziale dei Big Data hanno introdotto metodologie innovative in grado di velocizzarne l'elaborazione e migliorare l'interpretazione delle complesse dinamiche spaziali (Chen e Fisher, 2020).

L'utilizzo dei Big Data ha così trasformato anche lo studio della mobilità e la creazione di cartografie, offrendo nuove opportunità per comprendere i flussi e i comportamenti spaziali. La disponibilità di dati di massa, come quelli provenienti da antenne di telefonia mobile, ha permesso di ottenere una risoluzione e una granularità senza precedenti, migliorando significativamente le analisi territoriali (Kitchin, 2013). L'utilizzo di Big Data offre vantaggi significativi per la geografia umana, tra cui una maggiore precisione spaziale e temporale e l'utilizzo di dati eterogenei, non ufficiali e velocemente aggiornabili. Tuttavia, emergono diverse sfide e limitazioni all'utilizzo di queste fonti di dati (Dodge e Kitchin, 2007) come per esempio questioni epistemologiche (come interpretare i dati senza dipendere esclusivamente dai dati stessi e senza cadere in approcci empiristici superficiali), etiche (garantire la privacy degli individui e l'uso responsabile dei dati), metodologiche (sviluppare modelli e tecniche per l'analisi di dataset complessi e dinamici) e di accessibilità (la maggior parte dei Big Data è

generata da aziende private e/o governi, che possono scegliere di limitarne la consultazione).

Nonostante le questioni critiche e i limiti derivanti da questa fonte di dati, è ormai scientificamente accettato che le informazioni sulla mobilità derivate dai Big Data delle compagnie telefoniche posseggono delle caratteristiche come volume, velocità, varietà, esaustività, granularità, relazionalità e flessibilità (Boyd e Crawford, 2012; Mayer-Schönberger e Cukier, 2013) che stanno rivoluzionando lo studio della geografia umana, contribuendo a rappresentazioni e a decisioni basate su dati più esaustivi (Chen *et al.*, 2020; Goodchild, 2021; Guan *et al.*, 2019).

Anche la cartografia, intesa come disciplina, deve evolvere per sfruttare appieno il potenziale di questi dati, promuovendo approcci critici per le analisi spaziali e per il settore della mobilità, mettendo in luce le sfide, le tendenze e le recenti evoluzioni tecnologiche.

La visualizzazione grafica dei dati rappresenta uno degli aspetti più interessanti nel trattamento dei Big Data nel settore della mobilità e dei trasporti. La capacità di rappresentare visivamente grandi volumi di dati non solo aiuta a comprendere meglio fenomeni complessi, ma facilita anche il processo decisionale e la pianificazione strategica. Torre-Bastida *et al.* (2018) sottolineano come le tecniche di visualizzazione avanzate siano cruciali per trasformare i *raw* data in *insights* comprensibili e operativi. Queste tecniche consentono a ricercatori, analisti e decisori di osservare i *pattern* di mobilità (urbana ed extra-urbana), le tendenze di comportamento e le variazioni temporali dei flussi di movimento, che sono fondamentali per migliorare la pianificazione delle infrastrutture urbane. L'evoluzione delle tecnologie GIS (*Geographic Information System*) e dei sistemi di cartografia basati sui Big Data ha aperto nuove frontiere nella modellazione e nell'analisi dello spostamento delle persone. L'integrazione dei Big Data con le tecnologie geospaziali permette di realizzare mappe dettagliate che rappresentano non solo la geografia fisica, ma anche le dinamiche umane e di mobilità. Queste mappe dinamiche sono essenziali per monitorare e gestire l'efficienza del sistema trasportistico, analizzare l'accessibilità delle infrastrutture e prevedere le necessità future di mobilità urbana. L'obiettivo principale è trasformare grandi volumi di dati complessi in informazioni comprensibili e accessibili per facilitare la capacità decisionale. Tra le principali tecniche utilizzate vi sono:

- Mappe interattive e geo-visualizzazione: l'uso di sistemi GIS permette di rappresentare visivamente i flussi di traffico, la densità di mobilità urbana e le variazioni nei modelli di spostamento nel tempo.
- Analisi spaziale e temporale: l'integrazione di dati provenienti da sensori, social media e dispositivi mobili consente di analizzare il comportamento degli utenti in tempo reale e prevedere le tendenze future.
- Visualizzazione multidimensionale: l'uso di tecnologie come la realtà aumentata e le rappresentazioni in 3D consente una comprensione più dettagliata delle relazioni spaziali tra le infrastrutture di trasporto e il comportamento degli utenti.

Alcuni esempi sono legati alla cartografia descrittiva o adattiva, cioè l'uso di algoritmi di machine learning capaci di aggiornare dinamicamente le mappe in base alle condizioni del traffico, agli eventi meteorologici e ad altri fattori ambientali, oppure alla cartografia predittiva, basata su tendenze storiche di Big Data analizzati in modo da prevedere i flussi di mobilità futuri e ottimizzare il trasporto pubblico e privato, o infine alla cartografia prescrittiva, che che permette, attraverso l'identificazione di tendenze nei dati, di suggerire strategie ottimali per la gestione della mobilità. Le tecniche e i metodi utilizzati nell'implementazione delle analisi dei Big Data nei trasporti e nella mobilità possono essere quindi classificati nella seguente tassonomia suggerita da Torre-Bastida *et al.* (2018):

- Analisi e cartografie descrittive, che includono elementi di apprendimento automatico non supervisionato (ad esempio, clustering, rilevamento di anomalie), riconoscimento di modelli e statistiche per scoprire modelli regolari nei dati. In sostanza, i modelli che rientrano in questa categoria tentano di riassumere, condensare e/o spiegare i dati raccolti, rimuovendo tutte le informazioni inutili e inferendo regolarità (cioè modelli) sotto forma di gruppi o distribuzioni statistiche adattate.
- Analisi e cartografie predittive, dove algoritmi di apprendimento sono applicati su esempi di dati supervisionati per catturare la relazione tra un insieme di caratteristiche osservate o predittori e una variabile target. Una volta addestrati, tali modelli sono in grado di prevedere il valore di una variabile target sconosciuta per nuovi dati

di input, non necessariamente uguali agli esempi storici su cui è stato costruito il modello.

- Analisi e cartografie prescrittive, che suggeriscono la migliore azione o decisione da prendere tra una gamma di possibilità grazie a tecniche di ottimizzazione, sistemi esperti e altri elementi dell'intelligenza computazionale, della programmazione matematica e della ricerca operativa.

Queste tecniche avanzate di analisi dei dati consentono di identificare con precisione alcune mobilità che caratterizzano lo spostarsi nei territori: dal fenomeno del pendolarismo (spostamenti casa-lavoro/scuola) agli spostamenti per fini vacanzieri, dai problemi di congestione di infrastrutture e servizi di trasporto alla valutazione dell'impatto ambientale delle varie modalità di spostamento, sia a carattere urbano che interregionale/nazionale.

Questo capitolo esplora l'applicazione dei Big Data nello studio della mobilità regionale in Friuli Venezia Giulia, evidenziando i vantaggi dell'applicazione dei dati sulla mobilità, analizzata grazie alle celle telefoniche e le sfide metodologiche di analisi. Lo scopo del presente lavoro è di descrivere la possibilità di studiare la mobilità delle persone tramite cartografie, evidenziare rapidamente su mappa comportamenti differenti, stagionalità, profili e tipologie di spostamento. Le implicazioni sono molteplici: dall'illustrazione dell'uso dei Geo Big Data per lo studio della mobilità, alla produzione di approfondimenti su vari comportamenti e di informazioni utili ai pianificatori regionali circa il ripensamento di clusterizzazioni spaziali, quali per esempio i sistemi locali del lavoro e gli ambiti turistici.

2. Dati e Metodologia di analisi

I dati utilizzati in questa analisi sono forniti da una soluzione innovativa chiamata "Data Analytics" della compagnia telefonica WindTre, uno strumento che supporta la trasformazione digitale della Regione Friuli Venezia Giulia attraverso l'elaborazione di approfondimenti basati sui dati delle antenne di telefonia mobile. WindTre, infatti, detiene la maggiore quota di mercato in Italia (27,3%) in termini di SIM

"umane" (cioè, quelle utilizzate attivamente dagli individui). Di contro, per garantire un dataset rappresentativo nell'analisi dei comportamenti di mobilità e delle caratteristiche demografiche delle persone in movimento, le SIM *machine-to-machine* (quelle utilizzate, per esempio, in automobili, autobus o treni con connessione Internet) vengono escluse.

Grazie a questi dati è possibile misurare, sulla base della rete della telefonia mobile, tutti gli eventi generati dal traffico dati delle SIM italiane e straniere. Tali eventi sono caratterizzati da un'elevata frequenza (oltre un *record* al minuto) e da un utilizzo diffuso, risultando particolarmente accurati per rilevare la mobilità e la presenza delle persone sul territorio. Gli eventi di traffico dati vengono generati e registrati su tutte le frequenze operative della rete (2G, 3G e 3G LTE, 4G e 4G LTE, 5G) e sono elaborati escludendo utenti duplicati, tramite algoritmi della compagnia telefonica. Per la localizzazione degli utenti, il territorio è suddiviso geograficamente in comuni, mappati sulla base delle aree di copertura della rete di telecomunicazione, con alcuni aggiustamenti per i comuni contigui in cui la localizzazione delle antenne sul territorio e la relativa copertura non garantisce con affidabilità un'adeguata sovrapposizione delle aree amministrative. Per le grandi città (Trieste, Udine, Pordenone, Gorizia e Monfalcone), la granularità spaziale dell'analisi è effettuata anche a livello di Aree di Censimento (ACE), come definite dalla cartografia ISTAT.

Per ogni giorno dell'intero anno 2023, sono stati stimati i flussi di mobilità per ogni coppia Origine/Destinazione (O/D) nel sistema di zonizzazione regionale. I movimenti sono determinati contando tutte le SIM che risultano attive e stazionarie sia nella zona di origine sia in quella di destinazione per un minimo di 30 minuti all'interno di ogni intervallo temporale (ad esempio, fascia oraria e/o giorno). Per tutte le coppie O/D e per ogni giorno del periodo di osservazione, sono calcolati gli intervalli temporali (fasce di 3 ore: 0.00-3.00, 3.00-6.00, 6.00-9.00, 9.00-12.00, 12.00-15.00, 15.00-18.00, 18.00-21.00, 21.00-24.00), la frequenza dei movimenti e le durate dei viaggi.

Questo metodo di classificazione del movimento di una persona apre già molte prospettive differenti dai modelli classici, soprattutto rispetto a quelli statistici. Il metodo della matrice O/D è ampiamente utilizzato nell'analisi della mobilità, sia urbana che regionale per studiare la mobilità delle persone e pianificare i trasporti (per esempio

tramite il cosiddetto PUMS – piano urbano della mobilità sostenibile). Questo approccio consente di rappresentare e analizzare i flussi di persone tra diverse aree geografiche in un determinato periodo di tempo. La matrice O/D è strutturata come una tabella in cui le righe rappresentano i punti di origine e le colonne i punti di destinazione. Ogni cella della matrice contiene il numero di viaggi effettuati dall'origine alla destinazione corrispondente. Uno degli esempi più utilizzati e conosciuti di utilizzo delle matrici O/D si trova nelle indagini sviluppate dall'ISTAT (Istituto Nazionale di Statistica Italiano), che raccoglie (prima periodicamente – tramite censimento ogni dieci anni – ora tramite censimento continuo) e analizza dati sulla mobilità delle persone, nello specifico nell'ambito delle indagini sui pendolari. Questi dati aiutano a comprendere l'impatto legato allo spostamento delle persone tra il luogo di residenza e quello di lavoro o studio, fornendo informazioni essenziali, ma piuttosto statiche (sia in termini spaziali che in quelli temporali) rispetto alla pianificazione di servizi e infrastrutture per il trasporto pubblico.

In letteratura si trovano altri esempi di applicazione delle matrici O/D per lo studio della mobilità, che si soffermano sulle modifiche della mobilità in risposta a eventi specifici (es. COVID-19) o cambiamenti infrastrutturali, oppure su strumenti funzionali alla clusterizzazione di aree e di tipi di spostamento (Guo *et al.*, 2012). La tecnologia e l'innovazione hanno portato nuovi metodi di raccolta e analisi dei dati per le matrici O/D. Ad esempio, l'uso di dati GPS (per esempio Ge e Fukuda, 2016) e dati mobili ha permesso una raccolta di dati più granulare e in tempo reale, che può essere utilizzata per aggiornare le matrici O/D con maggiore frequenza e precisione (Caceres *et al.*, 2007; Iqbal *et al.*, 2014; Bachir *et al.*, 2019; Fekih *et al.*, 2021; Osorio Arjona, 2024; Nalin *et al.*, 2024).

La definizione dei modelli di mobilità della popolazione all'interno della Regione Friuli Venezia Giulia consente di identificare il numero di spostamenti da e verso ogni singolo comune, escludendo i viaggi che iniziano o terminano al di fuori di questo territorio (ad esempio, nella vicina Regione Veneto o in paesi non italiani). Il numero di viaggi stimati per ciascuna coppia OD è stato prodotto con le seguenti caratteristiche e suddivisioni:

Per tutte le SIM:

- Suddivisione per fascia oraria.
- Durata media dei viaggi.
- Classificazione dell'origine (SIM italiane e straniere).

Per le sole SIM italiane, è possibile rilevare ulteriori informazioni sugli utenti e creare diversi cluster di persone, classificati in base a:

- Localizzazione della residenza (residenti nell'area di origine o destinazione, in un altro comune della regione, in un'altra regione italiana).
- Genere (maschio e femmina).
- Fascia d'età (18-24, 25-34, 35-44, 45-54, 55-64, oltre 65 anni).
- Nazionalità (italiana o straniera ma con SIM italiana).

Per le SIM straniere è possibile classificare gli utenti in base alla nazionalità utilizzando il codice del Paese della SIM. La localizzazione della residenza è stata calcolata in base alla cella notturna più frequente nei sei mesi precedenti il periodo analizzato, applicando lo stesso algoritmo già utilizzato in altre ricerche sui dati di telecomunicazione.

Il dataset creato per questa ricerca rappresenta tutti i movimenti all'interno della Regione Friuli Venezia Giulia, concentrandosi esclusivamente sui viaggi tra i comuni interni alla regione. I movimenti che originano o terminano al di fuori dei confini regionali, in base al tempo di stazionarietà, non sono registrati. Complessivamente, sono stati effettuati 439.687.220 movimenti da 86.414.223 viaggiatori unici, inclusi utenti italiani e stranieri. Per quanto riguarda la distribuzione di genere, i viaggi effettuati da utenti di sesso femminile rappresentano il 42% del totale. Questa percentuale scende al 36,9% considerando i movimenti di utenti con SIM italiane, ma di nazionalità straniera. La distribuzione dei viaggi totali per fascia d'età, applicabile solo ad utenti con sim italiana, mostra queste differenze: le persone tra i 18 e i 24 anni effettuano solamente il 3,79%, quelle tra i 25 e i 34 il 12,78% dei viaggi totali, analogamente agli utenti tra i 35 e i 44 anni, che rappresentano il 18,16% dei viaggi totali in regione. Le fasce d'età che registrano un

maggior numero di spostamenti sono quelle comprese tra i 45 e i 54 anni (27,72%) e tra i 55 e i 64 anni (21,09%). Gli over 65 effettuano il 16,45% dei viaggi totali. Per gli utenti stranieri, le principali nazionalità (le prime dieci) che effettuano spostamenti in regione sono: Slovenia (3.648.363 viaggi), Austria (2.151.202), Germania (878.435), Regno Unito (809.537), Polonia (720.138), Francia (688.093), Romania (628.268), Croazia (482.299), Spagna (352.363) e Olanda (258.355).

I dati sul comportamento di viaggio rivelano diverse tendenze e pattern tra i tipi di viaggiatori, con variazioni in termini di volume e tempistiche che probabilmente riflettono sia i modelli di mobilità stagionali sia le dinamiche più caratteristiche della regione. I viaggiatori sono stati successivamente raggruppati in quattro diverse categorie in base al loro comportamento di viaggio e alla loro residenza telefonica (luogo di abitazione temporanea):

1. Pendolari (spostamenti da e verso casa): persone che si spostano da o verso la loro residenza, all'interno della provincia di residenza o della regione.
2. Viaggiatori all'interno della propria comunità: persone che si spostano tra due comuni che non corrispondono alla loro residenza, ma all'interno della provincia di residenza.
3. Viaggiatori occasionali o per vacanza: persone italiane che si spostano tra due comuni che non corrispondono alla loro residenza, al di fuori della provincia di residenza o viaggiatori italiani che non risiedono in FVG.
4. Viaggiatori stranieri: persone con sim straniera.

Come descritto, l'utilità di utilizzare i dati provenienti dalla telefonia mobile permette di studiare la mobilità in maniera più dettagliata, sia temporalmente, non solo con dati a livello giornaliero (e possibili aggregazioni per giorni della settimana e fine settimana, mesi, stagioni, festività), ma anche per fascia oraria, che spazialmente, tramite un'aggregazione del territorio (regione, province, territori, sistemi locali e comunità, aree interne, comuni, aree di censimento). Inoltre, la possibilità di aggiungere informazioni socio-demografiche, quali nazionalità, sesso ed età, o informazioni sul comportamento (spostamento da e verso il luogo di abitazione, spostamento in un luogo di vacanza) offrono molti

spunti utili allo studio delle persone in movimento ma sollevano diverse criticità nella rappresentazione cartografica delle stesse. La visualizzazione di queste molte informazioni e variabili è facilitata da modelli di rappresentazione dinamica tramite dashboard interattive (Zaccomer e Bertocchi, 2022) e strumenti web come gli osservatori (Bertocchi, Camatti eVan der Borg, 2020).

3. La mobilità in Regione FVG

I viaggi all'interno della Regione Friuli Venezia Giulia da parte dei viaggiatori locali mostrano una crescita costante da gennaio a novembre, con picchi nei mesi di luglio e agosto. Questo andamento suggerisce un'elevata mobilità regionale durante i mesi estivi, probabilmente legata a viaggi di vacanza o eventi regionali. La figura 1 riporta i dati relativi ai flussi di viaggiatori in FVG nel corso del 2023, suddivisi in quattro principali categorie di spostamento. I dati evidenziano un'analisi dettagliata dei movimenti di persone, sia residenti che non, all'interno della regione e sulle sue destinazioni turistiche. Sono abbastanza evidenti le similitudini degli spostamenti dei pendolari e dei viaggiatori all'interno della propria comunità, caratterizzati da una stagionalità annuale (si vede il calo nei mesi estivi soprattutto in agosto, e durante le festività natalizie a gennaio e dicembre) e settimanale (alto numero di viaggi nei giorni lavorativi e più contenuto nel fine settimana). Gli altri due gruppi, i viaggiatori italiani occasionali o di vacanza e gli stranieri, hanno tendenze similari, con dei picchi di mobilità durante festività e ponti (Pasqua, 1 maggio, 2 giugno, la Pentecoste) e nel periodo estivo (soprattutto agosto per gli italiani, giugno-settembre per gli stranieri).

La categoria che registra il maggior numero di spostamenti è quella relativa agli abitanti, con movimenti da e verso le proprie residenze. Questo flusso si conferma come predominante nel panorama delle mobilità, con un totale annuale di 299.730.111 spostamenti, pari a una media giornaliera di 818.935. Il volume di spostamenti mensili risulta piuttosto stabile, con valori che oscillano tra i 22,6 milioni di movimenti a febbraio e i 26,9 milioni a ottobre, riflettendo l'attività quotidiana di pendolarismo e di frequenza dello spostamento dei residenti.

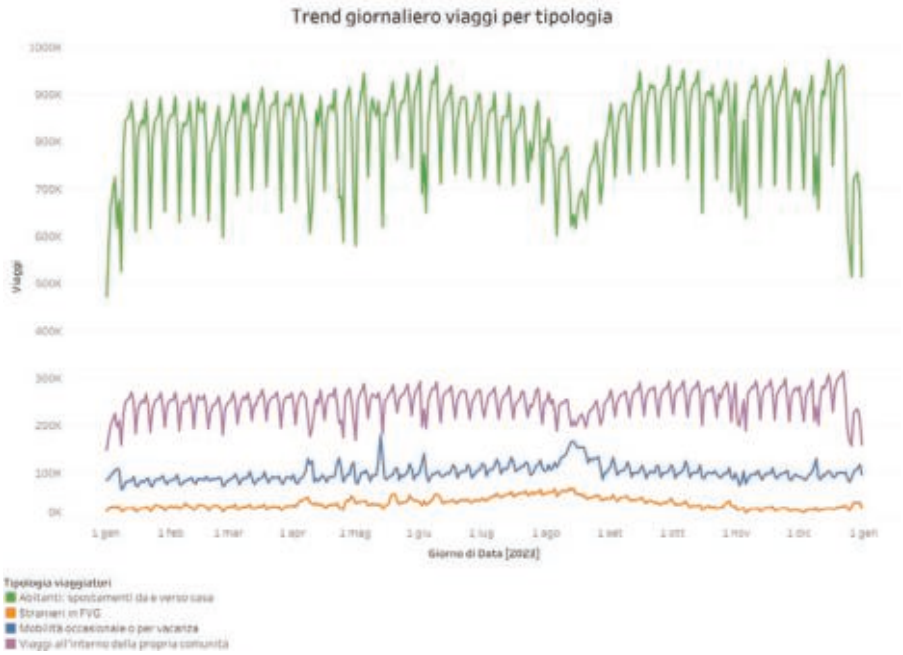


Figura 1 – Distribuzione dei viaggi a livello giornaliero per 4 classi di utenti utilizzando dati della telefonia mobile. Anno 2023. Fonte: elaborazione dell'autore.

La seconda categoria si riferisce ai viaggi all'interno della propria comunità, che comprendono spostamenti locali per motivi sociali, di lavoro o di altro tipo all'interno della provincia di residenza. I numeri sono inferiori rispetto alla prima categoria, ma comunque significativi, con un totale annuo di 90.811.329 spostamenti. I valori mensili variano tra i 6,7 milioni di viaggi a febbraio e gli 8,2 milioni a settembre. Questi spostamenti sono indicativi di un'alta mobilità locale, che include attività come commissioni quotidiane, visite sociali o necessità professionali.

La mobilità occasionale, legata a viaggi per motivi di svago o vacanza, registra un incremento significativo durante i mesi estivi. Il totale annuale per questa categoria è di 36.296.150 spostamenti, con una media giornaliera di circa 99.170. I mesi di maggiore intensità sono aprile, maggio, giugno e agosto, con picchi che raggiungono i 4 milioni di movimenti a luglio e agosto. Tale aumento è verosimilmente legato all'effetto stagionale delle vacanze e all'afflusso di turisti durante il periodo estivo.

La categoria dei visitatori stranieri in FVG evidenzia un notevole flusso di turisti, soprattutto durante i mesi di alta stagione. I dati in-

dicano che i movimenti di stranieri sono particolarmente alti nei mesi di luglio e agosto, con valori che superano il milione e mezzo di spostamenti al mese. Il totale annuale di spostamenti registrato da questa categoria è pari a 12.849.630, con una media giornaliera di circa 35.108 movimenti. Sebbene numericamente inferiori rispetto agli altri gruppi, i turisti stranieri contribuiscono in maniera rilevante alla dinamica complessiva degli spostamenti nella regione.

Nel complesso, il numero totale di spostamenti registrato nella regione Friuli Venezia Giulia nel 2023 ammonta a 439.687.220, con una media giornaliera di 1.201.331 spostamenti. Questo dato evidenzia una mobilità elevata e diversificata, che include sia i flussi quotidiani della popolazione residente, sia i viaggi turistici e occasionali. L'analisi dei dati mensili mostra una variabilità stagionale significativa, con un picco nei mesi estivi, che riflette le dinamiche turistiche e le abitudini di viaggio legate alla stagione delle vacanze.

4. La distribuzione della mobilità: alcune cartografie

In questa sezione si rappresenta la distribuzione della mobilità per le 4 categorie costruite a partire dal comportamento e dal luogo di residenza delle persone in movimento. Nella creazione delle figure a seguire sono stati adottati diversi criteri: quello spaziale, con granularità a livello di area amministrativa comunale per illustrare i luoghi di destinazione dei viaggi; quello temporale, basato sull'aggregazione dei viaggi giornalieri dapprima su base mensile e successivamente su base stagionale; e infine quello comportamentale, che distingue i viaggi dei pendolari, delle persone residenti in FVG con spostamenti limitati alla propria provincia di residenza, dei residenti in FVG con spostamenti al di fuori della propria provincia e degli altri utenti italiani e, infine, delle persone stranieri.

Le figure 2, 3, 4 e 5 mostrano la distribuzione delle destinazioni di tutti i viaggi effettuati all'interno del perimetro regionale nell'estate 2023 (giugno-agosto) e permettono di evidenziare anche i flussi turistici degli stranieri. Le diverse colorazioni indicano gruppi di 2.500 viaggi ciascuno: le tonalità più chiare segnalano un numero ridotto di spostamenti verso un determinato comune, mentre quelle più scure indicano

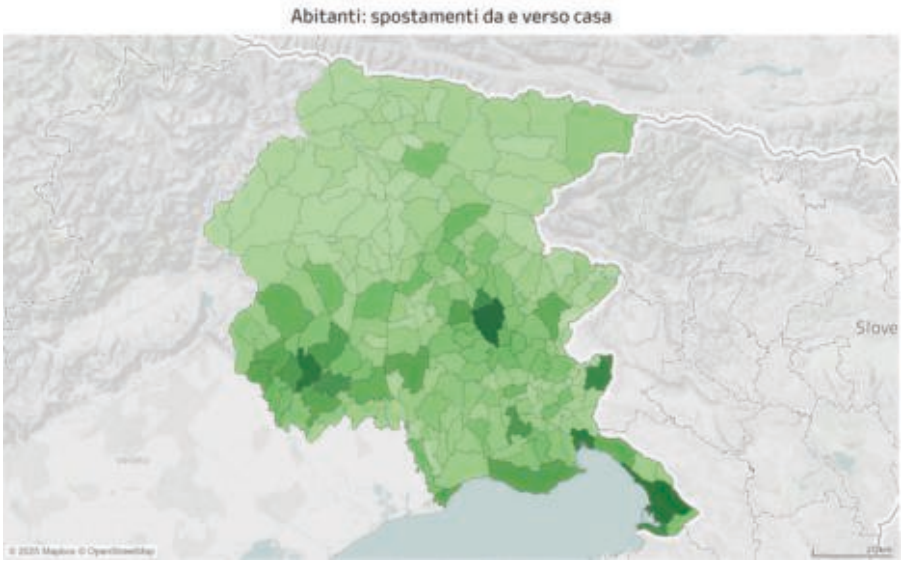


Figura 2 – Destinazioni della mobilità da e verso il luogo di residenza tramite dati della telefonia mobile. Estate 2023. Fonte: elaborazione dell'autore.

una concentrazione maggiore di viaggi terminati in quell'area. La scelta di questi contenitori omogenei consente, nonostante i volumi di viaggio differenti evidenziati nella figura 1, un primo confronto tra le diverse mobilità di utenti. Ogni mappa illustra chiaramente le differenze significative nella distribuzione geografica di ogni tipo di viaggio, offrendo uno spaccato dettagliato delle abitudini di mobilità in Friuli Venezia Giulia. Per i viaggi di pendolarismo effettuati dagli abitanti (figura 2), si evidenzia la corrispondenza tra destinazione del viaggio e luogo di residenza. I comuni con un maggior numero di residenti, come Trieste, Udine, Gorizia e Monfalcone, sono rappresentati con un colore più scuro, così come le aree limitrofe e di cintura che orbitano nel sistema metropolitano (come, per esempio, Tavagnacco e Martignacco per il comune di Udine) degli stessi capoluoghi delle ex-province (ben visibile nell'area di Pordenone, a sud-ovest della regione). Si distinguono anche altre città di secondo livello abitativo come Cervignano, Cividale, Gemona e i comuni destinazione balneari come Grado e Lignano Sabbiadoro.

Gli utenti stranieri in regione rappresentati in figura 3 e classificati in base al luogo di destinazione del loro spostamento e a quello, presumibilmente, di vacanza, mostrano una distribuzione concentrata nelle

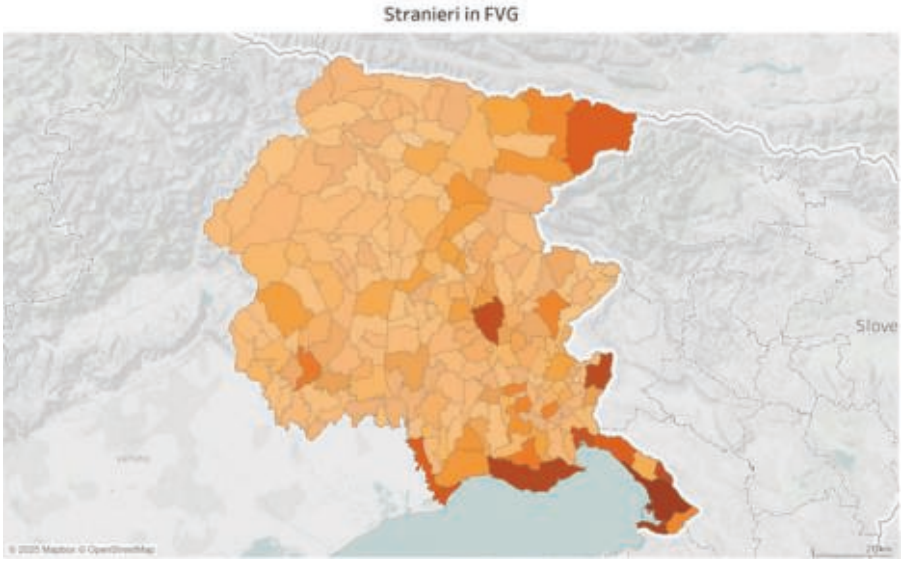


Figura 3 – Distribuzione della mobilità degli stranieri in FVG tramite dati della telefonia mobile. Estate 2023. Fonte: elaborazione dell'autore.

maggiori destinazioni turistiche della regione, sia quelle balneari come Grado, Lignano Sabbiadoro, Duino, ma anche le maggiori città come Udine e Pordenone o città transfrontaliere quali Trieste e Gorizia. È possibile, inoltre, osservare l'interesse degli utenti stranieri verso destinazioni iscritte nella lista del patrimonio UNESCO, come Aquileia e Cividale del Friuli. Infine, anche i territori montani sono attrattivi per gli stranieri che si recano in regione, con una concentrazione maggiore nei territori a nord-est come i comuni di Tarvisio, Malborghetto Valbruna e Chiusaforte. Da sottolineare il comune di Monfalcone, non tanto come destinazione turistica in sé, quanto per la presenza dell'aeroporto internazionale Ronchi dei Legionari.

I viaggi all'interno della propria comunità, effettuati in estate 2023, evidenziano una mobilità differente rispetto alle altre categorie (figura 4). Questi spostamenti, caratterizzati da motivazioni e destinazioni miste, comprendono attività quotidiane come acquisti, sport, cultura, visite ad amici, che però non partono dal luogo di residenza. Sono spostamenti legati alla micro-mobilità quotidiana o dei fine settimana, che i sistemi di indagine statistica non riescono a rilevare con precisione. La mappa in viola mostra in maniera evidente la cintura, o

Figura 4 – Distribuzione dei viaggi all'interno della propria comunità (provincia) tramite dati della telefonia mobile. Estate 2023. Fonte: elaborazione dell'autore.

la cosiddetta FUA - *fuctional urban area* (secondo la definizione OCSE del 2012 è un'area urbana funzionale costituita da una città e dalla sua zona di pendolarismo) dei comuni di Pordenone e di Udine. Inoltre, è interessante sottolineare la presenza dei comuni di Gemona del Friuli e di Tolmezzo, che fungono da luoghi di aggregazioni di imprese e servizi (si pensi al *Carnia Industrial Park* di Tolmezzo).

I viaggi occasionali e di vacanza rappresentano i viaggi dei residenti della regione ma con origine e destinazione al di fuori della propria provincia di residenza e gli altri utenti italiani residenti nelle altre regioni della nazione (figura 5). Sebbene Trieste, Udine, Pordenone, Monfalcone e Gorizia restino le principali destinazioni, la loro influenza risulta minore rispetto ad altre categorie. Si evidenziano inoltre i due comuni balneari con maggiore attrattività turistica, Grado e Lignano Sabbiadoro.

La natura di questi dati permette di analizzare la mobilità delle persone non solo in base al comportamento, ma anche utilizzando informazioni socio-demografiche. La figura 6 mostra le differenze di mobilità e di distribuzione nel territorio in base alla nazionalità della sim, tramite il country code, anche se questo non permette di stabili-

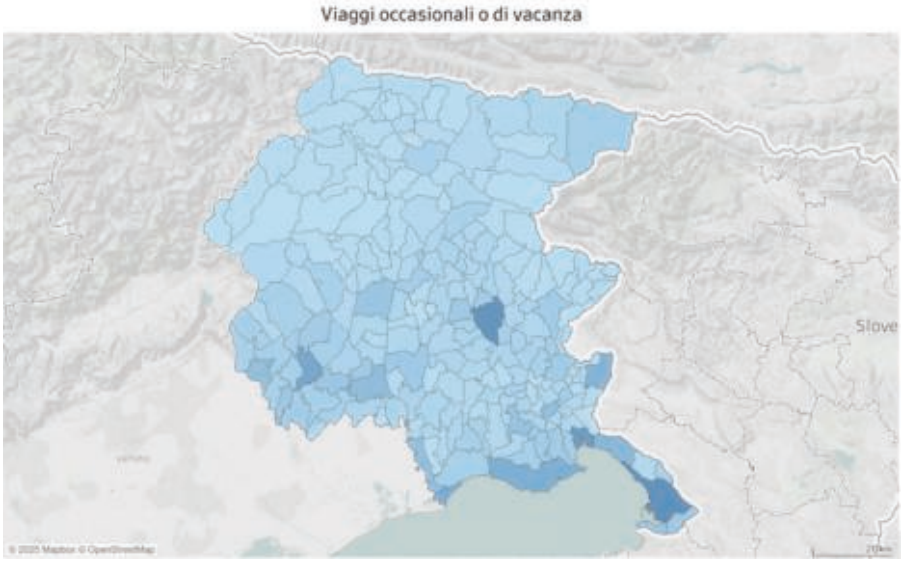


Figura 5 – Distribuzione della mobilità occasionale o vacanziera tramite dati della telefonia mobile. Estate 2023. Fonte: elaborazione dell'autore.

re con certezza la provenienza effettiva dell'utente (un utente italiano con sim slovena, per esempio, sarà classificato come sloveno). Ciò nonostante, questa informazione può risultare un buon proxy avallato per le indagini sul turismo anche da ISTAT (Cavallo *et. al.*, 2022). La distribuzione tra utenti statunitensi, sloveni e austriaci nel mese di giugno 2023 è totalmente differente e mostra diversi *pattern* di mobilità. Gli americani si concentrano maggiormente nella zona di Aviano, sede della base americana, mostrando non tanto un comportamento di vacanza, quanto piuttosto un pendolarismo e una distribuzione, anche residenziale, nei dintorni della base. Altri comuni interessati dalla mobilità statunitense sono Trieste e Udine, le due città più grandi, Monfalcone (sede dell'aeroporto) e Grado (destinazione balneare). La distribuzione degli sloveni in FVG durante il mese di giugno 2023 è caratterizzata da un comportamento di mobilità transfrontaliera, con un'alta concentrazione nelle principali destinazioni vicine al confine, come Gorizia, Trieste, Muggia, Monrupino a sud est e Tarvisio a nord est (e in montagna). Si segnala l'assenza di sloveni nell'area delle Dolomiti Friulane, che non sembrano essere un territorio attrattivo per le persone di questa nazionalità. Infine, il comportamento

Figura 6 – Distribuzione della mobilità degli statunitensi, sloveni e austriaci in FVG tramite dati della telefonia mobile. Giugno 2023. Fonte: elaborazione dell'autore.

degli austriaci è prevalentemente condizionato dai comportamenti di vacanza, evidenziando come principali destinazioni due località balneari, Grado e Lignano Sabbiadoro e l'area montane del tarvisiano. Le due città più grandi, Trieste e Udine, sono anch'esse interessate dallo spostamento degli austriaci, così come i territori UNESCO di Aquileia e Cividale del Friuli.

5. Conclusioni

L'uso dei Big Data per la visualizzazione tramite cartografia e l'analisi della mobilità rappresenta un'opportunità senza precedenti per evidenziare *pattern* di mobilità al fine di migliorare la gestione dei territori e di modernizzare le infrastrutture. L'adozione di tecniche avanzate di visualizzazione e modellizzazione spaziale consente e consentirà sempre di più (ad esempio tramite intelligenza artificiale e metodi di *machine learning*) di affrontare in modo più efficace le sfide della mobilità contemporanea, supportando lo sviluppo di soluzioni innovative per il trasporto pubblico e privato. L'evoluzione delle tecnologie di cartografia digitale rende possibile la creazione di mappe intelligenti che integrano dati eterogenei per studiare la mobilità delle persone. Inoltre, grazie alle caratteristiche dei dati utilizzati e illustrati nelle sezioni precedenti, le cartografie non sono più statiche, ma divengono dinamiche attraverso l'introduzione di un ventaglio di filtri possibili, come quelli della granularità temporale (che consente di analizzare i dati su base giornaliera, settimanale, mensile, stagionale e annuale, con dettagli specifici per fasce orarie e distinzione tra giorni

feriali e festivi). Anche i focus per tipologia di utente in movimento, come lo studio dei pendolari o dei turisti, permette di ridefinire alcune aggregazioni spaziali basate sul comportamento di mobilità, come per esempio i sistemi locali del lavoro e le aree destinazioni turistiche. Infine, lo spaccato per provenienza, genere o fascia d'età permette di avere informazioni inedite sulla distribuzione di diversi utenti nel territorio.

La visualizzazione della mobilità resta ancora una sfida metodologica e strategica, utile a supportare tanto i gestori del trasporto pubblico e privato quanto le amministrazioni pubbliche, al fine di migliorare l'accessibilità dei territori e sviluppare proposte sostenibili e di mobilità green e di ridurre l'impatto ambientale.

Riferimenti bibliografici

Bachir, D., Khodabandelou, G., Gauthier, V., El Yacoubi, M. and Puchinger, J. (2019), *Inferring dynamic origin-destination flows by tranalsport mode using mobile phone data*, in «Transportation Research Part C: Emerging Technologies», 101, pp. 54-275.

Bertocchi, D., Camatti, N. and Van der Borg, J. (2020), *Tourism observatories for monitoring MED destinations performance. The case of ShapeTourism project*, in «Tourism: An International Interdisciplinary Journal», 68, 4, pp. 466-481.

Boyd, D. and Crawford, K. (2012), *Critical questions for big data*, in «Information, Communication & Society», 15 (5), pp. 662-679.

Caceres, N., Wideberg, J.P. and Benitez, F.G. (2007). *Deriving origin–destination data from a mobile phone network*, in «IET Intelligent Transport Systems», 1 (1), pp. 15-26.

Cavallo, L., Cerasti, E, Di Torrice, M. *et al.* (2022), *Exploring mobile network data for tourism statistics: the collaboration between Istat and Vodafone Business Italia*, in «Rivista Di Statistica Ufficiale 3», 3, pp. 43-76.

Dijkstra, L. and Poelman, H. (2012), *Cities in Europe: the new OECD-EC definition*, Regional focus, 1, pp. 1-13.

Dodge, M. and Kitchin, R. (2007), *Outlines of a world coming into existence: pervasive computing and the ethics of forgetting*, in «Environment and Planning B: Planning and Design», 34 (3), pp. 431-445.

Fekih, M., Bellemans, T., Smoreda, Z., Bonnel, P., Furno, A. and Galland, S. (2021), *A data-driven approach for origin–destination matrix construction from cellular network signalling data: a case study of Lyon region (France)*, in «Transportation», 48, pp. 1671-1702.

Ge, Q. and Fukuda, D. (2016), *Updating origin–destination matrices with aggregated data of GPS traces*, in «Transportation Research Part C: Emerging Technologies», 69, pp. 291-312.

Guo, D., Zhu, X., Jin, H., Gao, P. and Andris, C. (2012), *Discovering spatial patterns in origin–destination mobility data*, in «Transactions in GIS», 16 (3), pp. 411-429.

Iqbal, M.S., Choudhury, C.F., Wang, P. and González, M.C. (2014), *Development of origin–destination matrices using mobile phone call data*, in «Transportation Research Part C: Emerging Technologies», 40, pp. 63-74.

Kitchin, R. (2013), *Big data and human geography: opportunities, challenges and risks*, in «Dialogues in Human Geography», 3 (3), pp. 262-267.

Lv, Y. *et al.* (2015), *Traffic flow prediction with deep learning*, in «IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems», 16 (2), pp. 865-873.

Mayer-Schönberger, V. and Cukier, K. (2013), *Big Data: a revolution that will transform how we live, work, and think*, John Murray, London.

Nalin, A., Vignali, V., Lantieri, C., Cappellari, D., Zamengo, B. and Simone, A. (2024), *Assessing veracity of big data: an in-depth evaluation process from the comparison of Mobile phone traces and groundtruth data in traffic monitoring*, in «Journal of Transport Geography», 118, 103930.

Osorio Arjona, J. (2024), *Analyzing post-COVID-19 demographic and mobility changes in Andalusia using mobile phone data*, in «Scientific Reports», 14 (1), 14828.

Torre-Bastida, A.I., Del Ser, J., Laña, I., Ilardia, M., Bilbao, M.N. and Campos-Cordobés, S. (2018), *Big Data for transportation and mobility: recent advances, trends and challenges*, in «IET Intelligent Transport Systems», 12 (8), pp. 742-755, doi: 10.1049/iet-its.2018.5188.

Zaccomer, G.P. e Bertocchi, D. (2022), *Le potenzialità turistiche delle aree interne italiane: un'analisi cartografica ottenuta dalle classificazioni ufficiali*, in «Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia», 176, pp. 72-86.

Un approccio cartografico allo studio della sicurezza energetica italiana

Giorgia Bressan

1. Introduzione

La carta geografica è uno degli strumenti più caratteristici della geografia. Anche se si differenzia da altre modalità di rappresentazione della realtà in quanto non c'è un intervento volontario dell'immaginazione, la carta non è una rappresentazione neutrale (Palagiano *et al.*, 2022). Si tratta del risultato di una serie di scelte e selezioni di chi la produce. Dunque, non solo è una rappresentazione ridotta, approssimata e simbolica della superficie terrestre, con tutte le conseguenze che ne derivano, ma nasce per avere una finalità che condiziona i suoi contenuti.

Anche il tema della sicurezza energetica dà modo di riflettere sulle opportunità e limiti che le carte ci offrono in termini di rappresentazione del fenomeno. La fase attuale vede una forte volontà delle istituzioni di modificare il mix delle fonti di approvvigionamento energetico, passando da una situazione in cui un ruolo importante è assunto dai combustibili fossili a una in cui vi è una prevalenza di produzione da fonti rinnovabili, che garantiscono un minore impatto sull'ambiente (Bressan, 2024a). A questo quadro si aggiungono considerazioni sulla sicurezza della disponibilità di energia, poiché la domanda energetica interessa praticamente tutti gli ambiti della vita sulla Terra, rendendo quindi prioritario garantire la continuità nell'approvvigionamento. Le opportunità per i geografi di inserirsi come protagonisti nella discussione sono molteplici, visto che il passaggio alle rinnovabili determina anche la creazione di una nuova geografia della produzione energetica (Deshaies, 2020).

L'obiettivo del contributo è quello di riflettere dei vari contenuti informativi della carta geografica nel dominio energetico. Infatti, parlare di energia vuol dire considerare la complessità, non soltanto a causa dell'eterogeneità delle fonti e delle provenienze geografiche, ma anche in relazione alla varietà delle trasformazioni territoriali legate

alle diverse filiere energetiche. Infatti, a una domanda di energia corrisponde anche un impatto ambientale derivante dai processi necessari alla sua produzione (Pasqualetti, 2011). La classica carta geografica statica e le sue evoluzioni permettono di condensare molteplici tipologie di informazioni, offrendo una lettura quanto più completa possibile del fenomeno.

L'Italia è il contesto geografico considerato per studiare in questo contributo il legame tra cartografia ed energia. Si tratta di un caso interessante perché le sue elevate importazioni di gas estero, che si traducono in 143,03 TWh di produzione lorda proveniente dal gas, valore massimo nel 2022 in Europa (Unione Europea, 2024), ci ricordano come il suo fabbisogno energetico sia soddisfatto principalmente attraverso trasformazioni territoriali che avvengono al di là dei suoi confini. È noto la transizione energetica in corso, che si basa sulle rinnovabili intermittenti, sta cambiando tale quadro e richiederà che sempre più la produzione di energia pulita avvenga domesticamente, attraverso l'installazione di infrastruttura che occupa suolo.

In questo, un ruolo chiave è attribuito all'elettricità prodotta da rinnovabili. Ad ogni modo, dati di Terna[1] evidenziano che nel 2023, in Italia, la produzione lorda degli impianti da fonti rinnovabili sia caratterizzata da notevoli differenze regionali. Il 49% della produzione viene infatti dalle regioni settentrionali, con il grande contributo in questo contesto della fonte idrica (57% della produzione delle macro-ripartizioni), seguito dal fotovoltaico (23%). In un secondo livello si colloca l'Italia meridionale, con circa il 37% della produzione lorda rispetto il totale nazionale da impianti a fonti rinnovabili, dove la risorsa principale risulta l'eolico (53% rispetto al totale dell'area). L'Italia centrale si caratterizza invece per il geotermico, proprio della Toscana, e per il fotovoltaico, anche se in termini assoluti questo valore è inferiore ai dati delle altre due macro-ripartizioni. In complesso, però, il fotovoltaico è la seconda fonte in termini di produzione per l'Italia, seconda solo all'idrico. Guardando però ai dati degli anni precedenti la situazione è piuttosto cambiata. Mentre la produzione idrica rispetto al 2018 si è mantenuta pressoché costante, sia l'eolico e il solare

[1] Fonte: Dati Statistici sull'energia elettrica di Terna: https://download.terna.it/terna/05_PRODUZIONE_8dd07bd5bba8a9e.pdf (ultima consultazione 16 dicembre 2024).

sono cresciuti notevolmente, con un incremento del 34% e 39%, che alla luce delle considerazioni precedenti, riguarda in diverso modo il territorio italiano. Questo quadro è destinato a mutare notevolmente, visti gli ambiziosi target fissati all'interno del Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima. A riguardo, come ricorda la stessa Terna[2], entro il 2030 sarà necessaria l'installazione di circa 40 GW di nuova capacità, tramite quasi esclusivamente il contributo dell'eolico e del fotovoltaico.

I target di decarbonizzazione portano alla necessità di ragionare sempre più su dove collocare tale infrastruttura ma anche a considerare la questione dell'accettabilità delle comunità verso questa tipologia di copertura del suolo. Prima delle intermittenti, i paesaggi dell'energia in Italia erano casistiche isolate, soprattutto in ambito alpino con la produzione di energia elettrica dalla fonte idrica, mentre nel futuro saranno sempre più frequenti. Fra l'altro, in un Paese in cui il territorio più accessibile ha un'elevata densità di popolazione, la presenza delle rinnovabili intermittenti è destinata ad essere sempre più frequente. Dunque, il tema è rilevante non solo sotto il profilo geopolitico e, come è facile immaginare, tecnico, considerando la necessità di progettare una rete capace di supportare la progressiva decarbonizzazione e favorire un'integrazione sempre maggiore delle rinnovabili, tenendo al contempo conto di fattori quali efficienza e sicurezza degli approvvigionamenti, ma anche sotto il profilo geografico.

Il contributo prosegue presentando una sequenza di carte, di produzione propria o di enti, che serviranno per rispondere a una specifica domanda: con la carta, cosa si vuole sostenere e quali rivendicazioni vengono fatte? Con questo testo si intende, da un lato, accogliere l'invito dei curatori a rappresentare la complessità attraverso le carte e, dall'altro, rispondere a un quesito sollevato in una special issue di Energy Research & Social Science circa il contributo dell'analisi sistematica delle carte alla comprensione della sfida energetica globale (Castán Broto *et al.*, 2018; Bridge, 2018).

[2] Fonte: https://www.terna.it/it/sistema-elettrico/ruolo-terna/insight (ultima consultazione 18 dicembre 2024).

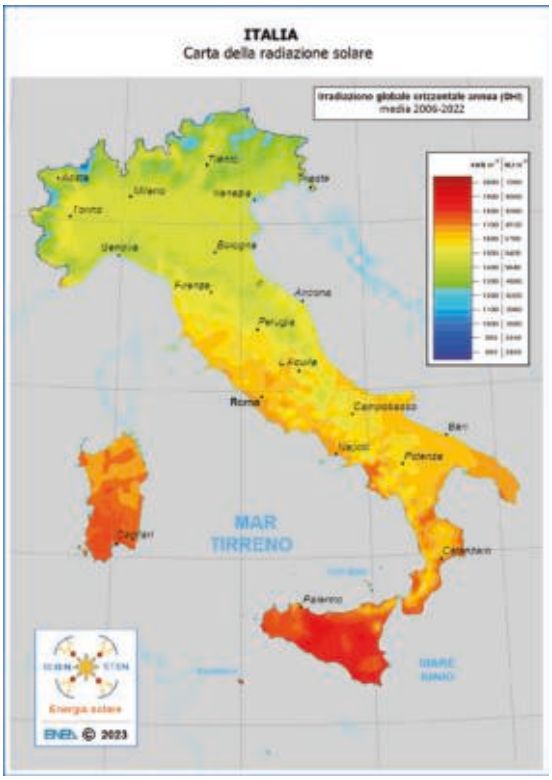


Figura 1 – Carta dei valori medi annui della radiazione solare globale orizzontale nel periodo 2006-2022. Fonte: Enea, Atlante Italiano della radiazione solare, http://solaritaly.enea.it/Radiazione/Mappe/GHI_2006%C3%B72022.png (ultima consultazione 13 dicembre 2024).

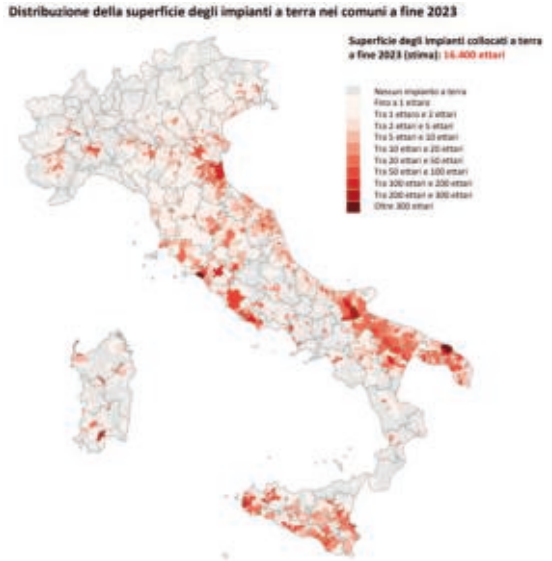


Figura 2 – Stima della distribuzione della superficie degli impianti a terra nei comuni italiani a fine 2023. Fonte: GSE, 2024: 28.

2. Rappresentare la questione energetica attraverso le carte

Le carte geografiche si prestano in molti casi a descrivere la distribuzione spaziale di molti aspetti inerenti alla questione energetica. Una condizione fisica su cui si ha molto interesse quando si parla di rinnovabili è l'irraggiamento, presentato nella figura 1. In questo caso il valore attribuito ad ogni punto è l'esito di elaborazioni effettuate da Enea sull'irradiazione globale orizzontale annua in un arco temporale piuttosto lungo. Ne emerge un Paese che è diversamente irradiato dal sole, dal momento che la scala cromatica evidenzia un chiaro vantaggio del Sud rispetto al Nord. Tali informazioni geografiche rivestono importanza non soltanto sotto il profilo descrittivo, ma in particolare per i tecnici impegnati nella valutazione dell'impatto degli investimenti.

La carta in questione riguarda le potenzialità e, da sola, non trasmette il messaggio che il potenziale solare ha bisogno di una infrastruttura per diventare elettricità. Tale passaggio è centrale nella letteratura sulla geografia delle risorse, la quale, in particolare per i combustibili fossili, sottolinea la necessità di valutare la trasformazione di una risorsa in energia anche alla luce della sua dimensione culturale (Bridge, 2009). Dunque, per diventare tale, anche l'energia solare necessita, in primo luogo, di una decisione a monte presa della società di far uso di tale risorsa e poi l'esistenza di una infrastruttura che permetta che tale potenziale diventi realtà.

La figura 2 presenta una carta elaborata dal Gestore dei Servizi Energetici (GSE), ente che, in quanto responsabile dell'erogazione di incentivi e servizi nel settore del fotovoltaico in Italia, dispone di un ampio patrimonio informativo. I dati amministrativi di gestione raccolti includono sistematicamente elementi come il numero di impianti, la produzione e la capacità installata; per tali variabili è pertanto possibile garantire un elevato livello di affidabilità e una regolare attività di diffusione. Esistono tuttavia altri aspetti, come l'adesione a comunità energetiche, l'impiego dell'agrivoltaico, la presenza di sistemi di accumulo, la localizzazione a terra o su edifici e le condizioni di irraggiamento, che non sono sempre oggetto di raccolta. Di conseguenza, per tali dimensioni non vengono pubblicate statistiche aggregate e, allo stato attuale, sono disponibili unicamente stime. Ritornando ai contenuti della figura 2 questa ci descrive le superfici a fotovoltaico.

Figura 3 – Gasdotti in entrata nel territorio italiano (2024). Fonte: elaborazioni dell'Autrice. La ricostruzione possibile dei tracciati dei gasdotti è stata effettuata dall'Autrice sulla base di dati georeferenziati tratti da Global Energy Monitor, Global Gas Infrastructure Tracker (versione del dicembre 2023).

Consente di classificare i comuni in base all'estensione delle superfici dedicate alla produzione di energia solare, ma non fornisce elementi utili alla valutazione delle potenze installate, rilevanti per la sicurezza energetica. Da notare che questa carta presenta nella legenda delle classi caratterizzate per una diversa gradazione di colori a cui corrispondono un valore minimo e massimo, fatto che ogni produttore di carte tematiche dà per scontato. Nell'edizione precedente del 2023 (GSE, 2023: p. 28), in un'analoga carta, non erano riportati valori numerici, ma unicamente una scala cromatica dalla quale era possibile desumere

l'intensità. Il passaggio dalla carta dell'irraggiamento (e, dunque, sulle potenzialità) a quella della superficie a terra del fotovoltaico (quindi, sulla situazione di fatto in termini di superficie utilizzata per fini energetici) evidenzia che esistono, come già osservato, diverse condizioni che portano lo sfruttamento di una risorsa.

Attualmente l'Italia conta fortemente sulle forniture estere di combustibile fossile (Unione Europea, 2024). In particolare, l'invasione dell'Ucraina da parte della Russia nel 2022 ha reso evidente come la sicurezza energetica possa risultare facilmente compromessa. Il focus della figura 3 è in questo caso le infrastrutture che consentono l'afflusso di gas in Italia tramite gasdotti. La carta mette in risalto come i gasdotti attraversino confini terrestri, ma anche costruiscano ponti fra continenti, visto le ridotte distanze che separano l'Italia dall'Africa e dai Balcani. Questa carta allude agli aspetti più caratteristici della geografia delle risorse, cioè, da un lato, la localizzazione fissa delle dotazioni energetiche, che posseggono una loro materialità, e le implicazioni di carattere politico (Bakker e Bridge, 2006), dall'altro lato, la distribuzione spaziale omogenea della domanda, che porta alla creazione di specifiche reti di produzione tra il luogo di produzione e di consumo (Bridge, 2008). Sotto questo aspetto, la carta mostra anche la posizione favorevole dell'Italia, che la porta ad essere un nodo strategico per il gas proveniente da contesti geografici diversificati.

Questa carta però non ci dice nulla sulle quantità. Per caratterizzare la situazione italiana, sarebbe necessario prendere in considerazione i dati Snam sugli ingressi di gas ai punti di entrata. In particolare, la consultazione dei bilanci consuntivi mensili aiuta a delineare i vari flussi in entrata e riflettere, in particolare, se in questi anni ci sia stata una variazione nell'importanza relativa dei vari punti di entrata. Nel contesto italiano, però non sono solo i gasdotti a permettere la sicurezza energetica al Paese. I terminali per l'importazione di gas naturale liquefatto sono sempre più essenziali per soddisfare la domanda energetica. La possibilità di convertire il gas dallo stato gassoso a liquido per il trasporto marittimo, insieme alla presenza di adeguati investimenti nei terminali di rigassificazione, costituisce una condizione indispensabile per garantire l'arrivo di gas su lunghe distanze, superando i limiti dei gasdotti.

Analizzando i dati relativi all'anno precedente e a quello successivo all'invasione, si osserva che, in condizioni non belliche, i flussi di gas

dai gasdotti superavano i 650.000 milioni di kWh, mentre dai terminali ammontavano a circa 110.000 milioni di kWh. Successivamente all'invasione, i flussi dai gasdotti sono diminuiti a 550.000 milioni di kWh, mentre quelli dai terminali sono saliti a 150.000 milioni di kWh. Anche l'importanza dei punti di ingresso è variata. Ad esempio, Tarvisio, che prima della guerra era tra i nodi principali, ha visto ridursi la propria rilevanza. Questi dati evidenziano come le variabili spaziali e temporali siano entrambe fondamentali per descrivere fenomeni con impatti energetici significativi.

Così, ritornando ancora una volta sulla figura 3, si può osservare che la carta mostra anche la posizione favorevole dell'Italia. Non soltanto perché è un nodo strategico di gas proveniente da contesti geografici diversificati, verso cui siamo collegati da brevi distanze, ma anche perché il Paese possiede numerosi chilometri di confini marittimi che offrono collegamenti con siti di produzione ancora più distanti per il tramite dei rigassificatori.

Il focus sui gasdotti evidenzia un ulteriore aspetto: la carta rappresenta la situazione in un momento specifico. In Italia, come in altri Paesi europei, sono in corso progetti di espansione della capacità infrastrutturale, indicando che, nonostante l'attenzione alla transizione energetica, il gas continua a svolgere un ruolo fondamentale come combustibile ponte.

Il gasdotto costituisce solo un'infrastruttura; è necessario poi considerare anche altri elementi, in particolare quelli relativi alla provenienza del gas. Attualmente, gli Stati Uniti rappresentano uno dei principali fornitori per la sicurezza energetica europea (Unione Europea, 2024), mediante la produzione di gas non convenzionale. Va però sottolineato che i diversi territori di questo paese nordamericano sono diversamente partecipi alla rete di produzione. Non solo c'è una diversa geografia dei giacimenti, e dunque il potenziale è distribuito in forma disomogenea, ma la produzione non è sempre proporzionale al potenziale. Si veda il caso dello Stato federale di New York, dove, diversamente dal vicino Stato della Pennsylvania, esiste un divieto nella pratica della fratturazione idraulica che serve per l'estrazione di questo combustibile fossile. Ciò consente di comprendere pienamente le osservazioni di Ciccantel (2020), secondo cui il gas presente sotto la superficie terrestre non è, di per sé, una risorsa utilizzabile socialmente.

3. Come includere gli impatti sociali nelle carte sull'energia?

Gli esempi sul fotovoltaico e sul gas mostrano come la complessità del settore energetico sia legata alla varietà di materiali e tecnologie coinvolte. Ad ogni modo, è necessario introdurre ulteriori riflessioni sui limiti delle carte perché importanti questioni che coinvolgono la geografia dell'energia sono difficilmente rappresentabili attraverso il ricorso a simboli.

Uno di questi riguarda il concetto di densità di potenza (Smil, 2015) che serve a quantificare la quantità di energia che può essere prodotta su un'unità di area da una fonte di energia e viene definita come il rapporto tra la quantità di energia prodotta da un convertitore di energia (termico, idroelettrico, eolico, pannello fotovoltaico, ecc.) e le aree necessarie alla produzione. Le fonti rinnovabili hanno una bassa densità di potenza rispetto ai combustibili fossili. Dunque, se si vogliono sostituire questi ultimi con le fonti rinnovabili, non solo è necessario avere a disposizione della superficie, ma "molta" superficie. Dunque, sarà sempre più necessario ragionare in termini di usi multifunzionali del medesimo suolo, al fine di accoppiare lo sviluppo energetico con altre funzionalità (Pasqualetti e Stremke, 2018).

Questo ci porta alla questione degli impatti. Si prenda l'esempio del gas. L'Italia, pur inserita nella rete globale di produzione del gas, presta particolare attenzione soprattutto agli impatti dei rigassificatori sulle località costiere ospitanti. Tuttavia, se si guarda a tutta la rete nel suo complesso, gli effetti sono ben più numerosi. La prima constatazione è che, se c'è un luogo di arrivo del gas liquefatto, ci sarà pure un luogo di origine, dunque un analogo problema di accettazione può sussistere anche dove hanno origine le esportazioni (Benham, 2022). La crescente domanda di energia ha alimentato interesse mondiale per il gas naturale non convenzionale di cui gli Stati Uniti sono fra i principali paesi produttori. L'esistenza di questa tipologia di gas è nota da decenni, ma solo la recente disponibilità di tecnologie dirompenti come la fratturazione idraulica ha reso il recupero economicamente fattibile. Esiste però un'estrema cautela nel loro sfruttamento commerciale. L'estrazione di gas non convenzionale può essere vantaggiosa per i Paesi che dispongono di tali risorse, soprattutto in relazione alla sicurezza energetica. Tuttavia, il loro prelievo dal sottosuolo è spesso problematico a causa

di condizioni geologiche sfavorevoli e della necessità di grandi quantità di acqua. Inoltre, l'estrazione genera impatti irreversibili per la regione dotata di queste risorse, e solo in casi molto puntuali genera delle opportunità a livello locale (Bressan e Deshaies, 2022).

Nel caso dello shale gas americano, gli impatti nel luogo di estrazione (Deshaies e Bressan, 2022) possono essere riassunti come economici, comprendendo la creazione di posti di lavoro, il prodotto interno lordo, le entrate fiscali, le royalties locali, il prezzo del gas e i valori immobiliari; ambientali, come il consumo e la contaminazione dell'acqua, l'inquinamento e l'uso del suolo, le emissioni di gas serra e altre emissioni atmosferiche, i cambiamenti climatici e la sismicità di origine antropica; e sociali, quali percezione pubblica, salute e sicurezza, rumore, aumento del traffico, possibili conflitti di interesse legati alle royalties e impatti sul paesaggio. È inoltre importante sottolineare che tali effetti possono variare nel tempo. Ad esempio, se nella fase di sviluppo l'industria del gas non convenzionale è in grado di generare grandi opportunità di lavoro, nelle fasi successive il declino dell'attività di estrazione delle risorse ridurrà la domanda di lavoro. Dell'importanza del tema si è avuta evidenza anche nella campagna elettorale statunitense del 2024 quando al centro del dibattito di uno Stato federale come la Pennsylvania si è posto proprio lo shale gas. Nonostante tutte le perplessità che derivano dalla produzione di questo combustibile fossile, ben rappresentate anche in opere documentaristiche, la sua estrazione e messa a produzione sono fondamentali per l'economia locale (e globale).

Anche nel caso di un'energia pulita come il solare, sussiste una dirompente necessità di analizzare i potenziali impatti sociali e territoriali, al di là degli aspetti meramente tecnologici e finanziari (Yenneti *et al.*, 2016). Dal momento che dall'installazione dell'infrastruttura deriva anche una trasformazione della superficie e delle funzioni tradizionali dell'area, è chiaro che ci possa essere più o meno consenso rispetto alla loro presenza. Infatti, considerando più in generale la questione delle energie rinnovabili, le riserve dell'opinione pubblica derivano principalmente dal cambiamento del paesaggio e dalla conseguente trasformazione dello stile di vita delle comunità locali. È interessante osservare che sono proprio questi ostacoli di ordine sociale a costituire i maggiori limiti allo sviluppo delle rinnovabili, piuttosto che i vincoli tecnici (Pasqualetti, 2011). Ad ogni modo, nel caso italiano si

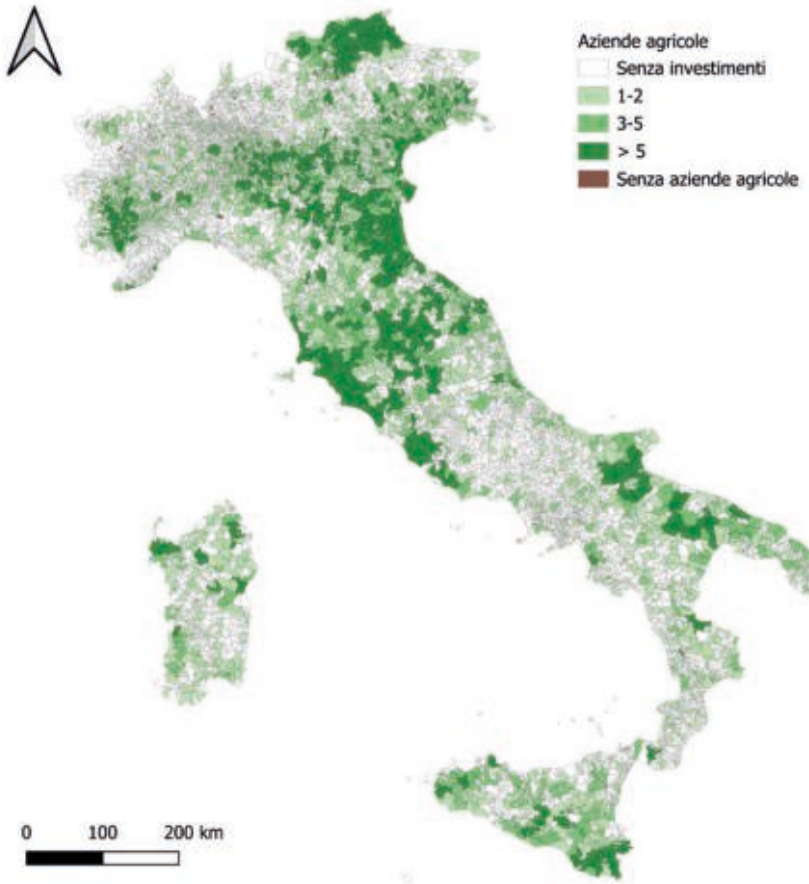


Figura 4 – Aziende agricole con investimenti in rinnovabili. Fonte: elaborazione dell'Autrice su dati Censuari 2020.

possono citare due esempi di integrazione positiva tra diverse funzioni. Nel settore eolico, alcuni parchi ben progettati sono valorizzati dalle associazioni ambientali grazie al loro potenziale turistico. L'altro esempio riguarda le aziende agricole, che integrano l'attività agricola con la produzione di energia da fonti rinnovabili, installando anche impianti fotovoltaici su spazi artificiali, come i tetti delle stalle. La produzione della figura 4 è stata possibile dalla raccolta di dati legata al Censimento dell'agricoltura italiana del 2020. Qui, è stata posta una domanda sugli investimenti legati alla produzione di energia rinnovabile destinata alla vendita. Nei comuni italiani, nella maggior parte dei casi, non sono presenti aziende agricole con questo tipo di investimenti. Si parla

di realtà per lo più situate nelle aree interne, soprattutto nelle regioni centrali e meridionali. Valori elevati della variabile si osservano nella Pianura Padana, dal bresciano fino ai comuni udinesi a ridosso del confine sloveno, e nei comuni della costa tirrenica di Toscana e Lazio. Ma è interessante osservare anche ciò che sta accadendo nella parte più settentrionale d'Italia, nella provincia dell'Alto Adige. Le aziende agricole italiane situate nelle zone a minore irraggiamento risultano essere quelle più attive nella produzione di energia.

Se da un lato questi valori, seppur ancora modesti, evidenziano come gli spazi rurali italiani si stiano dotando di infrastrutture per la produzione di energia rinnovabile, dall'altro lato essi ricordano che il paesaggio, anche quello fragile delle aree montane, è destinato a modificarsi significativamente a causa della crescente domanda di energia soddisfatta a livello domestico. Rispetto a questi grandi cambiamenti in corso, ci si può chiedere se la cartografia possa venire in aiuto. Alcune informazioni di natura percettiva, non disponibili attraverso fonti tradizionali, possono essere raccolte efficacemente tramite approcci cartografici che sfruttano la capacità di Internet di raggiungere le persone e raccogliere dati geografici. Tali metodi permettono di cogliere aspetti della percezione del territorio che difficilmente emergerebbero con approcci più convenzionali, offrendo così un'integrazione preziosa alle informazioni già esistenti (Bressan, 2024b). A ben riflettere, la pratica della cartografia partecipativa, che si caratterizza per raccogliere una visione plurima di una realtà, ben si presta a identificare gli aspetti sociali, in termini soprattutto di conflitti e tensioni, anche nel campo delle rinnovabili. A questo proposito, si può ricordare il *Global Atlas of Environmental Justice* che documenta i conflitti socio-ambientali in atto in territori (Temper *et al.*, 2015), dove le comunità locali si sono mobilizzate contro una certa attività economica. Molti di questi conflitti sono legati all'estrazione di risorse e allo sviluppo di infrastrutture energetiche; a una lettura più attenta, anche le fonti intermittenti rientrano nei casi analizzati dal progetto in questione. Per affrontare adeguatamente tutti gli aspetti connessi alla rappresentazione dello spazio, risulta indispensabile concepire un'alternativa alle tradizionali carte geografiche realizzate dall'alto.

4. Note conclusive

In questo contributo si sono offerte alcune riflessioni su come la carta geografica orienti e strutturi la ricerca nel campo della geografia dell'energia, prestando soprattutto attenzione al contesto italiano. Si sono considerati esempi di carte che raccontano aspetti sulle potenzialità, sulla produzione energetica, sulle infrastrutture o ancora carte che illustrano integrazioni tra funzioni.

Un primo punto di cui si vuole discutere è che la realtà della questione energetica è molto più ricca della presenza o dell'assenza evidente in una carta. Un'assenza non è solo una mancanza di una convenienza economica, è anche un divieto imposto dalla legge o è la decisione di assolvere in altro modo alla questione energetica, o, ancora, è un progetto non voluto dalle comunità. Inoltre, la semplice presenza di un'infrastruttura, come un gasdotto transfrontaliero, non è di per sé significativa, poiché essa deve essere percorsa da flussi di materia per assumere rilevanza in termini di sicurezza energetica per un paese.

La varietà di carte presentata in questo contributo evidenzia la necessità di far convergere idealmente i diversi dati geografici disponibili sul tema energia in un unico progetto, al fine di analizzare nella loro interezza la complessità del settore. Da un punto di vista geografico, risulta prioritario individuare dove si localizza l'infrastruttura energetica. Da qui, la necessità di studiare se sono accettabili diseguaglianze nella densità all'interno del medesimo Paese. Per condurre tali riflessioni è essenziale sapere dov'è localizzato il progetto energetico, possibilmente attraverso dati georeferenziati. Poco aiuto viene nel caso italiano dagli enti gestori, che attualmente forniscono solo dati aggregati limitati alla consistenza a livello provinciale o regionale[3]. Una fonte spesso usata dai ricercatori è il progetto partecipativo OpenStreetMap (Mauro, 2019; Lo Presti e Mooney, 2024). I dati qui presenti hanno dei noti problemi di completezza e granularità, ma rappresentano in molti Paesi una valida

[3] In Italia, il GSE aveva sviluppato un'architettura informatica che consentiva all'utenza di ottenere in tempo reale una fotografia aggiornata sui dati riguardo a numerosità e potenza totale degli impianti di produzione di energia. Tale webgis è ancora raggiungibile alla pagina https://atla.gse.it/atlaimpianti/project/Atlaimpianti_Internet.html (ultima consultazione 19 dicembre 2024), ma non è più aggiornato.

alternativa alla penuria di dati da fonti ufficiali. Inoltre, dato l'aumento costante delle infrastrutture energetiche sul territorio, l'uso di questo strumento potrebbe garantire un aggiornamento tempestivo dei dati. In assenza di informazioni puntuali ufficiali per il contesto italiano, è possibile osservare situazioni diverse in altri paesi europei. Ad esempio, in Portogallo, i dati georeferenziati relativi alla localizzazione dei principali impianti solari, eolici e idroelettrici sono facilmente accessibili.

Un'altra riflessione riguarda il contributo che potrebbe venire dalla tecnologia. Esistono funzionalità avanzate nei GIS che consentono di applicare dei modelli di riconoscimento automatico della copertura del suolo, andando a individuare l'ingombro delle infrastrutture deputate alla produzione energetica sulla base di immagini satellitari[4]. Tuttavia, anche questo approccio presenta delle criticità, in quanto fornisce informazioni sulla presenza dell'infrastruttura, ma sarebbe altrettanto importante avere maggiori dettagli sulla produzione di energia elettrica di una certa superficie. Questa evoluzione della tecnologia ha il potere di creare una forte discontinuità in termini di disponibilità di dati puntuali ed è quindi un aspetto da tenere in considerazione. Inoltre, le applicazioni GIS sono importanti non solo per descrivere l'ingombro attuale portato dalla funzione energetica, ma anche per valutare la convenienza economica di nuovi progetti (Benalcazar *et al.*, 2024).

Per quanto riguarda l'utilizzo dei dati puntuali, è necessario riflettere sulle esigenze di privacy e sicurezza legate alla conoscenza della localizzazione delle infrastrutture energetiche attraverso le carte. La precisa individuazione di tali infrastrutture comporta infatti rischi per la sicurezza, essendo nodi strategici dove l'energia viene prodotta o trasportata. Se si cambia prospettiva e si assume il punto di vista del ricercatore questa assenza di informazioni non è però positiva e costruttiva. Dati georeferenziati sulle infrastrutture sono importanti per determinare con precisione quali sono i territori che contribuiscono alla sicurezza energetica odierna. Solo quando queste regioni saranno identificate con precisione sarà poi possibile rispondere a domande come:

[4] Si fa riferimento, ad esempio, a software GIS proprietari in cui sono presenti funzioni per il riconoscimento delle rinnovabili, come il Pretrained Deep learning model di ERSI, illustrati in https://www.esri.com/en-us/industries/blog/articles/introducing-pretrained-deep-learning-models-for-energy/(ultima consultazione 19 dicembre 2024).

quali effetti hanno avuto i progetti energetici dal punto di vista socio-economico? Ad esempio, hanno promosso l'emigrazione di persone, o sono diventati territori attrattivi per altri settori economici?

Esistono poi sfide di rappresentazione legate ai nuovi modelli di produzione di energia, che non necessariamente causano consumo di suolo e il cui elemento caratteristico è l'aspetto attoriale. Ad esempio, come rappresentare efficacemente su carta una comunità energetica? Si tratta di esempi di successo di integrazione delle rinnovabili con altri usi, di cui in Italia non si ha ancora un censimento puntuale[5]. Su questo ambito è importante sottolineare che, visto che gli impatti della questione energetica non riguardano solo la copertura del suolo, dal punto di vista cartografico un obiettivo potrebbe riguarda la produzione di un atlante delle percezioni dell'energia, in cui, oltre all'elemento materiale della presenza della risorsa o dell'infrastruttura, si mettono in risalto le questioni sociali ed ambientali. Ci sono altri aspetti come le culture dell'uso dell'energia e gli stili di vita, i conflitti, le pratiche professionali, la governance dell'energia, le differenze nell'accesso all'energia e le interazioni e tra usi energetici, infrastrutture e ambiente costruito, che non sono facilmente rappresentabili nelle carte. L'allusione alla creazione di un atlante delle percezioni è legata al fatto che i paesaggi rurali saranno sempre più caratterizzati dalla presenza delle rinnovabili; dunque, è bene non ragionare solo dal punto di vista ingegneristico, ma anche dal lato sociale, per fare in modo che si conoscano gli impatti di queste infrastrutture e siano maggiormente accettati dalle popolazioni.

Per concludere, ritornando al contributo offerto da questo testo, si osserva che la priorità è stata data all'aspetto della rappresentazione; tuttavia, al momento attuale quest'ultima non è in grado di cogliere il problema energetico nelle sue varie sfumature. Inoltre, nelle carte presentate in questo contributo si è posta attenzione a ciò che accade entro i confini nazionali. Tuttavia, parlare di sicurezza energetica italiana richiederebbe, dal punto di vista geografico, considerare anche gli impatti nei luoghi di origine dell'energia e dunque effettuare un salto di scala geografica.

[5] A titolo di esempio, si vuole riportare il portale https://esg.nexteconomia.org/cer/ (ultima consultazione 15 dicembre 2024) che propone fra i più completi censimenti delle comunità energetiche in Italia.

Riferimenti bibliografici

Bakker, K. and Bridge, G. (2006), *Material worlds? Resource geographies and the 'matter of nature'*, in «Progress in Human Geography», 30 (1), pp. 5-27.

Becchetti, L., Becchetti, C. e Naso, F. (2022), *Rinnovabili Subito. Una Proposta per la nostra indipendenza energetica*, Donzelli, Roma.

Benalcazar, P., Komorowska, A. and Kamiński, J. (2024), *A GIS-based method for assessing the economics of utility-scale photovoltaic systems*, in «Applied Energy», 353, 122044.

Benham, C.F. (2022), *Impact geographies of gas terminal development in the northern Australian context: insights from Gladstone and Darwin*, in Boudet, H. and Hazboun, S. (2022, eds.), Public Responses to Fossil Fuel Export, Elsevier, Amsterdam, pp. 195-208.

Bressan, G. (2024b), *Tecnologie digitali, partecipazione della cittadinanza e co-produzione di conoscenza geografica*, in Cerutti, S., de Falco, S. e Graziano, T. (2024, a cura di), *XVI Rapporto Territori in transizione Geografie delle aree marginali tra permanenze e cambiamenti*, Società Geografica Italiana, Roma, pp. 113-115.

Bressan, G. (2024a), *Territori della transizione: considerazioni geografiche sullo sviluppo delle energie rinnovabili nei paesi dell'Europa mediterranea*, in Bettini, E. e Tondini, D. (2024, a cura di), *VI Forum internazionale del Gran Sasso Partenariato Euro-Africano: V Conferenza. Conoscere per Costruire. Il ruolo dei centri accademici, di ricerca e della formazione*, Atti Collana Forum del Gran Sasso, 6 (2), pp. 671-689.

Bressan, G. and Deshaies, M. (2023), *Coal seam gas extraction and related landscape changes in the agricultural production area of Western Downs (Queensland, Australia)*, in «Journal of Rural Studies», 97, pp. 495-506.

Bridge, G. (2008), *Global production networks and the extractive sector: governing resource-based development*, in «Journal of Economic Geography», 8, pp. 389-419.

Bridge, G. (2009), *Material words: natural resources, resource geography and the material economy*, in «Geography Compass», 3 (3), pp. 1217-1244.

Bridge, G. (2018), *The map is not the territory: a sympathetic critique of energy research's spatial turn*, in «Energy Research & Social Science», 36, pp. 11-20.

Castán Broto, V. and Baker, L. (2018), *Spatial adventures in energy studies: an introduction to the special issue*, in «Energy Research & Social Science», 36, pp. 1-10.

Ciccantell, P.S. (2020), *Liquefied natural gas: redefining nature, restructuring geopolitics, returning to the periphery?*, in «The American Journal of Economics and Sociology», 79 (1), pp. 265-300.

Deshaies, M. (2020), *Problèmes géographiques des transitions énergétiques: quelles perspectives pour l'évolution du système énergétique?*, in «Mondes en développement», 3 (192), pp. 25-44.

Deshaies, M. and Bressan, G. (2022), *Relying on unconventional gas development projects for the energy transition: a review of recent energy history and the contested role of unconventional gas in France*, in Wood, G. (2022, ed.), *The Palgrave Handbook of Zero Carbon Energy Systems and Energy Transitions. Cham*, Palgrave Macmillan, London.

GSE (2024), *Rapporto Statistico 2023 Solare Fotovoltaico*, https://tinyurl.com/GSEit2024 (ultima consultazione 13 dicembre 2024).

GSE (2023), *Rapporto Statistico 2022 Solare Fotovoltaico*, https://tinyurl.com/GSEit2023 (ultima consultazione 13 dicembre 2024).

Lo Presti, L. and Mooney, P. (2024), *Analysis of renewable energy infrastructure representations in OpenStreetMap*, State of the Map 2024 Conference Proceedings - Nairobi, Kenya, September 2024.

Mauro, G. (2019), *The new "windscapes" in the time of energy transition: a comparison of ten European countries*, in «Applied Geography», 109, 102041.

Palagiano, C., Asole, A. e Arena, G. (2022), *Cartografia e territorio nei secoli*, Carocci editore, Aulamagna, Roma.

Pasqualetti, M.J. (2011), *Social barriers to renewable energy landscapes*, in «Geographical Review», 101 (2), pp. 201-223.

Pasqualetti, M. and Stremke, S. (2018), *Energy landscapes in a crowded world: a first typology of origins and expressions*, in «Energy Research & Social Science», 36, pp. 94-105.

Smil, V. (2015), *Power density*, The MIT Press, Cambridge (MA).

Temper, L., del Bene, D. and Martinez-Alier, J. (2015), *Mapping the frontiers and front lines of global environmental justice: the EJAtlas*, in «Journal of Political Ecology», 22 (1), pp. 255-278.

Unione Europea (2024), *EU energy in figures. Statistical pocketbook 2024*, Publications Office of the European Union, Lussemburgo.

Yenneti, K., Day, R. and Golubchikov, O. (2016), *Spatial justice and the land politics of renewables: dispossessing vulnerable communities through solar energy mega-projects*, in «Geoforum», 76, pp. 90-99.

Digital divide e cartografia: il caso della Regione Lazio[1]

Lisa Scafa e Giovanna Giulia Zavettieri

1. Introduzione e stato dell'arte

I nuovi paradigmi di sviluppo tecnologico, che promuovono congiunzioni più inclusive, partecipative e democratiche, si fondano sulla visione delle comunità locali come agenti di sviluppo, riconoscendone il ruolo centrale nella progettazione e nella diffusione delle tecnologie. In tali contesti, le comunità vengono viste non tanto come destinatarie passive di innovazioni tecnologiche, quanto piuttosto come attori attivi e partecipi nel processo di sviluppo e adozione delle stesse.

L'intelligenza dei territori svolge un ruolo fondamentale nella visibilità delle iniziative e nelle trasformazioni socio-economico-territoriali. La creazione di "territori creativi" dipende dall'impegno sociale, dalla resistenza collettiva e dalle proposte comunitarie. Questi elementi costituiscono la base fondamentale per le azioni dello Stato e di altri agenti sociali ed economici. Si è potuto recentemente osservare (Zavettieri, 2024b) come l'impegno sociale e le proposte comunitarie abbiano contribuito in modo significativo alla trasformazione di territori marginali e periferici, evidenziando l'importanza di adottare un approccio partecipativo nella ricerca e nello sviluppo territoriale, anche per promuovere una crescita sostenibile e inclusiva.

Un'importante considerazione che emerge dallo stato dell'arte[2] è che i cambiamenti avvenuti per rispondere alle contingenze o alle pro-

[1] Pur essendo frutto di un lavoro comune sono da attribuire a Giovanna Giulia Zavettieri i paragrafi "Introduzione e stato dell'arte" e "Digital divide e vulnerabilità socio-territoriali"; a Lisa Scafa "Metodologia" e "Il Piano Strategico Banda Ultralarga Italia"; ad entrambe le autrici sono attribuiti i paragrafi "Le cartografie" e "Conclusioni".

[2] Per ulteriori approfondimenti si rimanda a: Fioretti (2016); Leonardi (2013); Magistri e Zavettieri (2023); Scafa e Zavettieri (2023); Zavettieri (2024b).

blematiche "esterne" non sono stati accompagnati dalle stesse capacità di ri-orientamento in tutti i territori. Molte comunità si trovano infatti in situazioni di cosiddetto *lock-in* organizzativo o cognitivo, un fenomeno in cui gli agenti economici o gli interi settori sono intrappolati all'interno di determinate scelte o equilibri difficili da modificare, anche se ci sono alternative più efficienti disponibili. Questo rende difficile, per tali territori, adattarsi al cambiamento delle condizioni tecnologiche e socio-economiche. Ciò significa che i settori economici e imprenditoriali, compreso il mercato culturale e turistico, tenderanno a favorire altri territori che sono più "pronti" ad affrontare e sfruttare le opportunità offerte dai cambiamenti in atto. Tale situazione può portare a una sorta di divario tra territori, alcuni in grado di adattarsi e prosperare, altri intrappolati in modelli obsoleti che limitano il proprio sviluppo e la propria competitività (Bignante *et al.*, 2022).

Inoltre, il rapporto sempre più stretto tra aree urbane e nuove tecnologie è diventato un'urgenza anche per le politiche e le amministrazioni pubbliche, poiché favorisce processi attivi di produzione di valore culturale, sociale e politico. È essenziale riconoscere che i territori che riescono ad adattarsi e ad abbracciare le nuove tecnologie hanno maggiori probabilità di prosperare e di attrarre investimenti.

I programmi proposti oggi dalle governance territoriali per infrastrutture e transizione ecologica affrontano, in modo più o meno diretto, una serie di temi relativi alla cultura, all'offerta di banda larga e servizi online, alla facilità di accesso e alla sostenibilità ambientale dei territori. Questi programmi sono fondamentali per garantire che le città e le aree marginali possano sfruttare appieno il potenziale delle nuove tecnologie per promuovere lo sviluppo economico, sociale e ambientale. È necessario un impegno congiunto da parte delle istituzioni pubbliche, del settore privato e della società civile per affrontare queste sfide in modo efficace (Landi, 2021).

La presente ricerca si inserisce nell'ambito del progetto co-finanziato dalla Regione Lazio e dal Fondo Sociale Europeo, denominato "Geografie del disagio sociale nel Lazio: Mappare per contrastare esclusione e povertà". Il progetto ha previsto l'elaborazione di un macro-indicatore di vulnerabilità socio-territoriale, finalizzato a indagare il livello di marginalità delle periferie urbane e dei comuni meno accessibili del Lazio. Tale studio contribuisce a supportare le politiche

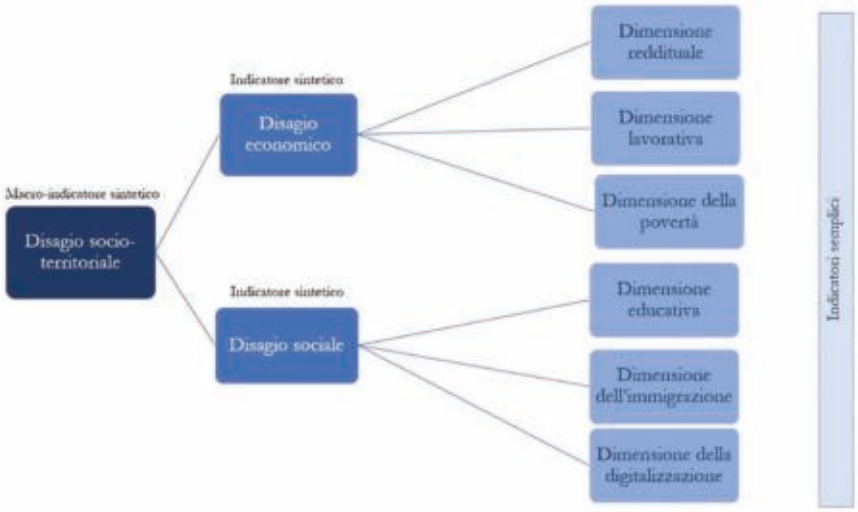


Figura 1 – Strutturazione del Macro Indicatore Sintetico del Disagio socio-territoriale. Fonte: nostra elaborazione.

regionali mediante la raccolta e l'analisi di dati statistici, offrendo strumenti utili per affrontare in modo efficace le questioni socio-territoriali più critiche. Attraverso un approccio interdisciplinare, il progetto ha approfondito i fenomeni di povertà, disoccupazione giovanile, disagio educativo, problematiche abitative, grado di inclusione delle comunità migranti e divario digitale. Ciascuna di queste componenti è delineata da specifici indicatori composti che riflettono gli aspetti chiave di ogni particolare dimensione.

2. Metodologia

Lo studio preliminare delle dimensioni del disagio ha richiesto un'analisi dettagliata di fattori geografici e demografici, come la densità abitativa, la distribuzione della popolazione e l'accesso ai servizi pubblici. Questi aspetti sono stati analizzati attraverso Sistemi Informativi Geografici (GIS), che hanno consentito di creare mappe tematiche in grado di rappresentare la distribuzione spaziale delle variabili analizzate. La cartografia prodotta tramite GIS ha rivelato non solo le disuguaglianze territoriali esistenti, ma anche la distribuzione dei fattori di

disagio, quali l'accesso limitato alle infrastrutture, la scarsa qualità dei servizi pubblici e la difficoltà di accesso a risorse economiche e sociali.

Uno degli aspetti centrali dell'analisi geografica è stato l'identificazione di cluster territoriali, ovvero raggruppamenti di aree con caratteristiche socio-economiche simili, ma separate da disuguaglianze infrastrutturali e di accesso ai servizi. Questi cluster, spesso localizzati nelle periferie urbane, rappresentano aree in cui le condizioni di disagio sono particolarmente accentuate, e in cui sarebbe necessario un intervento mirato da parte delle politiche pubbliche.

La figura 1 illustra la struttura del macro-indicatore e rappresenta la sintesi delle diverse dimensioni del disagio socio-territoriale nelle aree oggetto di analisi.

L'indicatore consente una valutazione integrata e multidimensionale della complessità delle condizioni socio-territoriali nelle aree periferiche, considerando una vasta gamma di fattori che influenzano la qualità della vita, l'inclusione sociale e l'accesso a risorse e servizi. La cartografia si configura come lo strumento più idoneo per la rappresentazione spaziale delle dinamiche demografiche ed economiche, permettendo di individuare modelli ricorrenti e di identificare specifici cluster territoriali, con l'obiettivo di orientare la pianificazione di politiche pubbliche efficaci (Copus *et al.*, 2017; Kompil *et al.*, 2019; Macchi-Janica, 2019).

Il confronto tra la scala infraurbana di Roma e il tessuto comunale del Lazio ha messo in luce significative disparità: in molti municipi romani, l'incidenza del disagio è notevolmente superiore rispetto alla media comunale della Capitale, a causa di fenomeni legati alla densità abitativa, alla presenza di aree di immigrazione e alla scarsa digitalizzazione.

Durante l'avanzamento del progetto, è stato fatto ricorso a fonti di dati specifiche al fine di fornire una visione completa e dettagliata dei contesti territoriali esaminati. In particolare, per quanto riguarda la dimensione del *digital divide*, il documento di riferimento essenziale è stato il piano strategico *Banda Ultralarga Italia* del Ministero delle Imprese e del Made in Italy, che rappresenta una risorsa chiave per comprendere lo stato di avanzamento delle infrastrutture digitali a livello comunale. La struttura del piano prevede diverse categorie, e la legenda della figura 2 illustra lo stato di avanzamento dei lavori per

Figura 2 – Legenda relativa alla carta dell'avanzamento dei lavori relativi al piano Banda Ultralarga Italia. Fonte: acquisizione dal sito banda Ultra Larga (https://bandaultralarga.italia.it/mappa/?entity=12).

l'implementazione della fibra ottica e del wireless nei vari comuni, che verrà esaminato in dettaglio nel paragrafo *Le cartografie*.

Pur adottando un rigoroso approccio metodologico, è fondamentale riconoscere le limitazioni incontrate nella fase di raccolta dati, durante la quale si sono manifestate diverse difficoltà tecniche che hanno ostacolato l'acquisizione di informazioni specifiche, generando alcune lacune nel quadro analitico complessivo. Inoltre, la variabilità nella classificazione dei comuni all'interno degli elenchi e la sovrapposizione di indicatori elementari hanno richiesto un'attenta gestione per evitare interpretazioni errate o fuorvianti. A tal fine, sono state adottate misure preventive e correttive per mitigare gli effetti di tali limitazioni[3].

L'obiettivo del presente contributo è l'analisi di cartografie che illustrano la distribuzione geografica del *digital divide* nei comuni del Lazio. Tale rappresentazione fornisce informazioni preziose per lo sviluppo di politiche sociali e urbane mirate a colmare le disuguaglianze territoriali e favorire una maggiore inclusione digitale.

[3] Le stesse precauzioni sono state adottate anche nelle analisi precedenti, vedi: Bertocchi *et al.* (2024); Zavettieri (2024b); Magistri e Zavettieri (2023); Scafa e Zavettieri (2023).

3. *Digital divide* e vulnerabilità socio-territoriali

Educazione e digitalizzazione sono state riconosciute dall'Agenda Territoriale 2030 della Città Metropolitana di Roma come ambiti in cui la presenza di divari concorre all'aumento di disparità socio-territoriali[4]. Il *digital divide*, infatti, è un fenomeno che non può essere trascurato quando si parla di disparità socio-territoriali in quanto, a livello nazionale, manca un'omogeneità sia nella diffusione e nella gestione dei processi tecnologici sia nell'accesso alla banda ultra larga (Leto *et al.*, 2016). A livello regionale, il Piano Strategico Metropolitano di Roma Capitale 2022-2024[5] prende in considerazione la "trasformazione digitale diffusa" all'interno degli assi tematici prioritari per una visione internazionale (p. 72-73). Nello stesso Piano viene più volte citata l'"inclusione", riconosciuta come asse fondamentale di azione in termini di politiche sociali, riqualificazione delle periferie e politiche attive del lavoro (p. 83), anche in riferimento al coinvolgimento di migranti e comunità rom. La scelta di inserire nel Macro Indicatore Sintetico di Disagio Socio-territoriale le dimensioni della digitalizzazione e dell'immigrazione vanno rintracciate proprio in questi studi e programmi che ne sottolineano l'importanza ma nei quali l'analisi dei dati risulta carente.

Di particolare rilevanza è il territorio amministrato dalla Città Metropolitana di Roma, che presenta un esteso litorale di circa 140 km e comprende la vasta campagna romana, gran parte del Preappennino Laziale e Abruzzese, l'ampia valle inferiore del Tevere, gran parte del bacino dell'Aniene e il bacino dell'Alto Sacco con i Monti Prenestini e Tiburtini. Sul territorio insistono quattro Comunità Montane: Comunità "Montana Castelli Romani e Prenestini", Comunità Montana "Aniene",

[4] Il report cui si fa riferimento è la "#TerritorialAgenda. A Future for all places", risultato finale della riunione informale tenutasi in Germania nel dicembre 2020. L'iniziativa, finalizzata a rivedere l'agenda territoriale (la cui ultima modifica risale al 2011) ha coinvolto responsabili della pianificazione del territorio, dello sviluppo territoriale e/o della coesione territoriale, in collaborazione con la Commissione europea, con il Parlamento europeo, con il Comitato europeo delle regioni, con il Comitato economico e sociale europeo, con il Gruppo Banca europea per gli investimenti e le associazioni europee e nazionali interessate, https://territorialagenda.eu/wp-content/uploads/TA2030_jul2021_it.pdf.

[5] Il Piano Strategico Metropolitano di Roma Capitale 2022-2024: https://www.cittametropolitanaroma.it/homepage/la-citta-metropolitana/la-pianificazione-strategica/cose/.

Comunità Montana "Monti della Tolfa", Comunità Montana "Monti Sabini e Tiburtini" e Comunità Montana "Monti Lepini Area Romana". Inoltre, la Provincia di Roma e i tre comuni che si affacciano sul lago hanno costituito il Consorzio del Lago di Bracciano, finalizzato allo sviluppo economico e turistico della zona. Le aree montane dei Monti Cimini, Prenestini e Lepini rientrano nel Piano di Sviluppo delle Aree Interne (SNAI) 2021-2027, che individua le aree con maggiori criticità socio-economiche e problematiche di accesso ai servizi essenziali.

In termini di politiche di coesione territoriale e di servizi tra aree interne e aree urbane, la SNAI dovrebbe prevedere una continuità se è anche vero che «il coinvolgimento delle comunità locali è stato centrale per elaborare un confine adeguato per le proprie strategie di sviluppo e in grado di favorire le reciprocità e i legami funzionali» (Lucatelli e Sonzogno, 2022: 127). Tuttavia, emerge una discrepanza tra la prima programmazione 2014-2020 della SNAI nel Lazio, in cui erano state approvate e finanziate quattro aree, e la seconda, attualmente in corso, in cui le aree approvate risultano tre. Nessuna delle aree interne 2014-2020 è stata finanziata nuovamente per gli anni 2021-2027[6].

Tutte queste aree sono caratterizzate da una certa prossimità territoriale con la città di Roma, in particolare con il Municipio VI. Ciò accentua la connessione tra la metropoli e l'ambiente montano, evidenziando la rilevanza della prossimità geografica e dei confini amministrativi nell'analisi di tali interazioni e, in particolare, l'influenza reciproca tra la città di Roma e i comuni montani.

Le aree marginali e le periferie urbane sono un contesto ricco di rappresentatività sociale e culturale, capaci di produrre immagini suggestive, come l'arte urbana tipica delle periferie europee. Questi elementi qualificano tali aree come veri e propri attori culturali, creatori di esperienze attrattive. Tuttavia, il processo di digitalizzazione nelle periferie procede lentamente, lasciando queste aree in stasi, con isolamento comunicativo e urbano a livello internazionale. Questo è dovu-

[6] Per le aree SNAi 2014-2020 si rimanda al sito del Dipartimento per le politiche di coesione e per il sud (https://politichecoesione.governo.it/it/politica-di-coesione/strategie-tematiche-e-territoriali/strategie-territoriali/strategia-nazionale-aree-interne-snai/le-aree-interne-2014-2020/cartine-geografiche/); mentre per le successive al documento di cui al link (https://politichecoesione.governo.it/media/3111/elenco-aree-snai-2021-2027.pdf).

to principalmente alla tradizionale inesperienza del settore pubblico nell'uso del web e alla mancanza di azioni a sostegno di tali territori.

Il divario digitale si manifesta principalmente su tre livelli (Zavettieri, 2024a):

- a livello delle emittenti televisive;
- a livello della telefonia mobile;
- a livello della connessione internet: molte aree del Paese soffrono di connessioni lente, in attesa dell'implementazione del Piano Nazionale Banda Ultralarga, sia attraverso linee wifi sia fibra ottica.

Questi tre livelli di manifestazione del divario digitale delineano un quadro critico della situazione tecnologica nel Paese, evidenziando disuguaglianze significative nell'accesso ai servizi di telecomunicazione. Alla luce di tali premesse, si sono ritenuti sufficienti, seppur non esaustivi, i dati relativi alla copertura della fibra ottica e allo stato della connessione wireless nella regione Lazio, considerati a scala comunale.

4. Il Piano Strategico Banda Ultralarga Italia

Il Piano Strategico Banda Ultralarga è stato approvato dal governo italiano nel 2015, è gestito da Infratel Italia e i suoi partner, e ha l'obiettivo di fornire connessioni a banda larga su tutto il territorio nazionale, con particolare attenzione alle aree a fallimento di mercato. Nel documento di progetto "Strategia Italiana per la Banda Ultralarga - Verso la Gigabit Society" emergono come obiettivi primari il superamento del divario digitale in Italia e l'accelerazione della transizione verso una società completamente connessa. Approvato nel maggio 2021, tale documento si inserisce nel quadro delle politiche europee per la trasformazione digitale, con l'obiettivo di garantire, entro il 2026, una connettività a 1 Gbit/s su tutto il territorio nazionale, in linea con gli obiettivi fissati per il 2030 dalla Commissione Europea. La strategia prevede un investimento complessivo di 6,7 miliardi di euro, ripartiti in una serie di piani di intervento che mirano a coprire le aree geografiche a fallimento di mercato, dove l'offerta di infrastrutture digitali ad alta velocità è assente o insufficiente. Gli interventi includono

il completamento del Piano "Aree bianche"[7], il quale ha l'obiettivo di portare la banda ultralarga nelle zone non coperte, e il Piano "Italia a 1 Giga", che si concentra sulla fornitura di connettività ad altissima velocità nelle aree parzialmente servite. Inoltre, il Piano "Italia 5G" è finalizzato alla diffusione delle reti mobili di quinta generazione, essenziali per supportare applicazioni innovative e settori strategici come la mobilità, la sicurezza e la sanità. In quest'ultimo ambito, il Piano "Sanità Connessa" mira a dotare le strutture sanitarie di connettività a banda ultralarga, mentre il Piano "Scuole Connesse"[8] si propone di raggiungere lo stesso obiettivo nelle istituzioni scolastiche.

Particolare attenzione è rivolta anche alle isole minori, spesso escluse dai principali investimenti infrastrutturali, per le quali è stato predisposto un piano specifico per il collegamento in fibra ottica. La strategia si completa con l'incentivo alla domanda di servizi digitali attraverso il Piano "Voucher", che mira a stimolare l'adozione di abbonamenti a banda ultralarga da parte di famiglie e imprese, riducendo così il divario digitale e incentivando l'uso delle nuove tecnologie.

A partire dall'1 gennaio 2018, Infratel ha avviato attività e cantieri per raggiungere l'obiettivo di coprire 6.232[9] comuni con la banda

[7] Le Aree Bianche sono porzioni del territorio nazionale prive di servizi di connettività ad alta velocità, come la banda larga o la fibra ottica, caratterizzate da carenze infrastrutturali in termini di accesso a Internet veloce. Tali aree, generalmente rurali, remote o scarsamente popolate, presentano spesso una bassa densità abitativa o ostacoli logistici che rendono complessa e costosa l'estensione delle reti di telecomunicazioni da parte degli operatori. L'espressione è impiegata anche a livello normativo per designare quelle aree geografiche nelle quali gli operatori di telecomunicazioni sono obbligati, per legge, a garantire una copertura adeguata dei servizi. In questo senso, le Aree Bianche rappresentano un obiettivo prioritario negli sforzi volti all'espansione della banda larga e della connettività ad alta velocità, con l'intento di ridurre il divario digitale e assicurare un accesso equo e universale alla rete internet.

[8] Nel mese di agosto sono incrementate le attività operative del Piano Scuola Connessa fase 1. La realizzazione del Piano nelle Regioni Emilia-Romagna, Umbria, Friuli-Venezia Giulia, Valle d'Aosta e la Provincia autonoma di Trento, sta proseguendo con le rispettive società *in-house* regionali mentre, nelle restanti Regioni, Infratel Italia sta realizzando gli interventi tramite gli operatori Fastweb (nelle Regioni Piemonte, Liguria, Lazio, Sardegna, Campania, Basilicata, Calabria, Sicilia), Intred (Regione Lombardia) e TIM (nelle Regioni Toscana, Veneto, Puglia, Molise, Abruzzo, Marche). Al 31 agosto, sono state attivate 21.214 scuole con intervento Infratel pari al 89,9% e 2.402 scuole con intervento delle società regionali pari al 60,9% per un totale complessivo del 85,8% delle scuole da attivare (https://bandaultralarga.italia.it/piano-scuola-connessa-fase-1-andamento-della-misura/).

[9] Su un totale di 7.904.

larga. I cittadini possono esplorare le performance e la pianificazione del Piano Strategico a livello nazionale e regionale, ottenendo informazioni dettagliate sui comuni e le province coperti, sulle unità immobiliari raggiunte e sulla durata media dei cantieri.

La distribuzione delle Aree Bianche si concentra spesso nelle regioni montane, nelle aree rurali e nelle isole minori, dove la scarsa densità abitativa e la difficile accessibilità rendono meno redditizi gli investimenti privati. Questa disomogeneità nell'accesso alle infrastrutture digitali riproduce in parte storiche fratture territoriali, accentuando il divario tra aree urbane ben servite e aree periferiche o remote.

Inoltre, l'inclusione di specifici piani per le isole minori evidenzia l'importanza di considerare la geografia fisica, con la necessità di collegamenti via fibra ottica per superare l'isolamento fisico e digitale di queste località. Anche nelle zone rurali e montane, la strategia prevede interventi mirati che pongono in evidenza l'importanza di un'analisi spaziale dettagliata per identificare le aree di intervento e pianificare le infrastrutture. Da una prospettiva geografica, emerge il bisogno di integrare tali infrastrutture in maniera sostenibile con il contesto ambientale e paesaggistico, specie in aree caratterizzate da vincoli ambientali o paesaggistici significativi.

Infine, le considerazioni sulla mobilità e sui corridoi di connettività 5G, con riferimento alla copertura delle strade extra-urbane, richiamano l'importanza delle infrastrutture di comunicazione lungo assi di trasporto strategici, un tema di grande rilevanza per la geografia dei trasporti e della logistica. Tali interventi possono contribuire a ridurre il divario infrastrutturale tra nord e sud, tra aree metropolitane e periferiche, e stimolare lo sviluppo economico nelle regioni meno connesse.

L'attività operativa del Piano Nazionale Banda Ultralarga è iniziata nel 2016 con l'emissione dei primi due bandi di gara per la Costruzione e successiva Gestione in Concessione di una rete pubblica a banda ultralarga. Tutte e tre le gare sono state aggiudicate al Concessionario Open Fiber S.p.A.

Le categorie includono: *intervento in concessione*: aree in cui sono previsti interventi da parte di concessionarie o operatori autorizzati; *intervento previsto*: aree in cui è prevista l'implementazione di infrastrutture di banda ultralarga, ma la progettazione o l'attuazione non sono ancora in corso; *intervento in progettazione*: aree in cui sono in corso

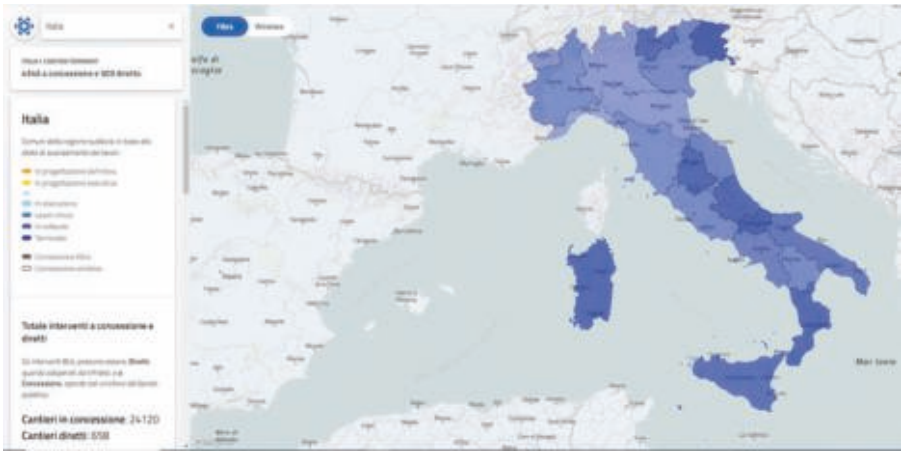


Figura 3 – Piano banda Ultra Larga. Fonte: acquisizione dal sito Banda Ultra Larga (https://bandaultralarga.italia.it/mappa/).

attività di progettazione per l'implementazione di infrastrutture di banda ultralarga; *intervento in corso*: aree in cui i lavori di implementazione delle infrastrutture di banda ultralarga sono attualmente in corso.

Inoltre, la mappa include anche categorie come *intervento diretto*, *copertura privata* e indicazioni specifiche riguardanti l'infrastruttura, le unità abitative, le sedi PCN (Punto di Connettività di Rete) e le scuole (figura 3).

5. Le cartografie

Le cartografie (figure 4-8) mostrano un quadro interessante: molti dei comuni marginali sono già coperti da servizi di connettività ad alta velocità, mentre alcune grandi città, come Roma, sono in ritardo in questo processo.

Dalla cartografia, che mostra l'anno di completamento dei lavori per la connessione con fibra ottica (figura 4), si evince che molte aree rurali e marginali hanno concluso i lavori tra il 2018 e il 2022, mentre numerosi comuni, anche di medie dimensioni, si trovavano ancora nella fase di completamento o collaudo nel 2023. Questo sottolinea la necessità di concentrarsi maggiormente sulle aree urbane, dove, nonostante l'importanza strategica per lo sviluppo economico e sociale, si riscontrano maggiori ritardi.

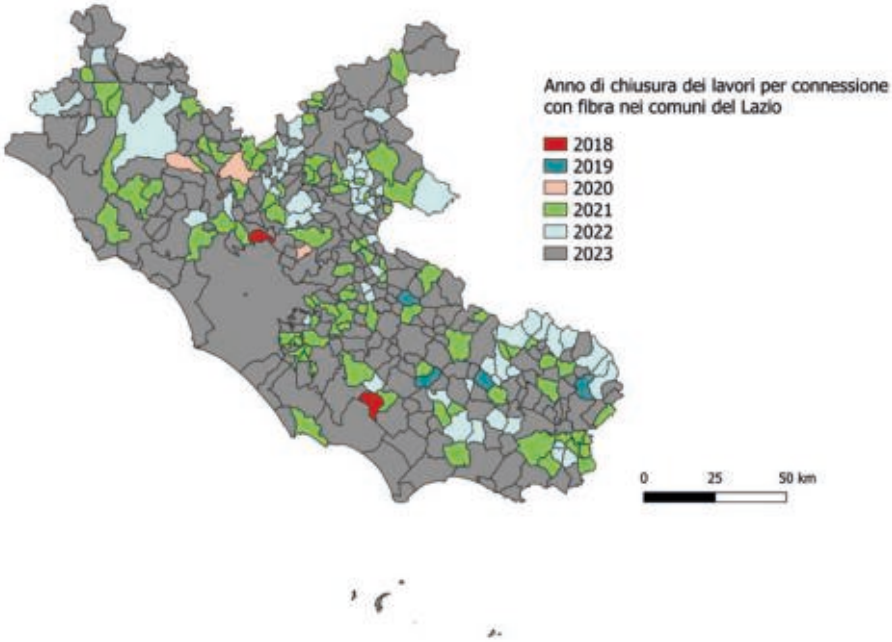


Figura 4 – Anno di chiusura dei lavori per la connessione in fibra. Fonte: nostra elaborazione su dati del sito Banda Ultra Larga (https://bandaultralarga.italia.it/mappa/).

Gli interventi in progettazione esecutiva di Roma (figura 5) non sono su tutto il territorio comunale, ma solo su due municipi pilota (X e IX). Il Municipio X è particolarmente rilevante perché include Ostia, sede di uno dei più importanti siti archeologici della regione, ovvero Ostia Antica, una città portuale romana ben preservata, e di un litorale che il comune sta attivamente riqualificando. Questa scelta strategica di investimento si inserisce in un contesto di sviluppo urbano mirato a valorizzare aree con grandi potenzialità turistiche e culturali, come i Municipi X e IX, a differenza di aree come il Municipio I, dove si registra un calo della popolazione residente e un minore margine di espansione. Incentrare gli sforzi su municipi con un ricco patrimonio archeologico e un forte potenziale di crescita, come Ostia, riflette una visione orientata a incrementare l'attrattività turistica e migliorare i servizi per sostenere lo sviluppo economico e sociale del territorio.

La carta tematica che illustra lo stato di avanzamento dei lavori per la fibra ottica, ripresa dal sito ufficiale (figura 6), evidenzia le disparità

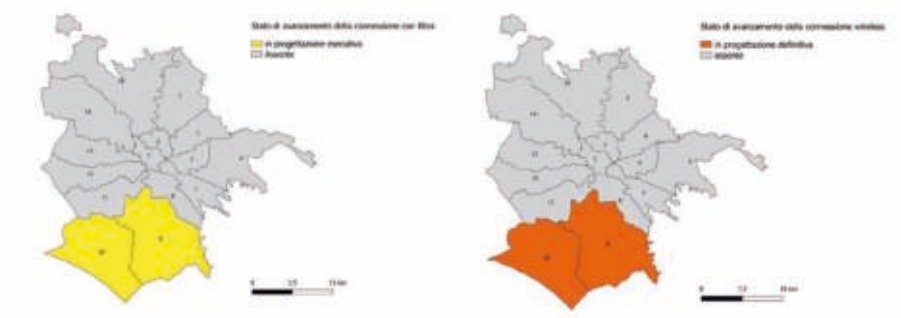


Figura 5 – Interventi per la connessione in fibra (a: a sinistra) e wireless (b: a destra) a Roma. Fonte: nostra elaborazione su dati del sito Banda Ultra Larga (https://bandaultralarga.italia.it/mappa/).

territoriali nell'implementazione delle infrastrutture digitali. Emerge chiaramente come la copertura sia più avanzata nelle aree interne della regione, specialmente nelle province di Viterbo, Rieti e Frosinone, dove numerosi comuni hanno già visto il completamento dei lavori. Al contrario, alcune zone costiere e periurbane, come le aree di Latina e Terracina, sono ancora nelle fasi iniziali di progettazione o in esecuzione, rivelando un ritardo nell'implementazione delle infrastrutture.

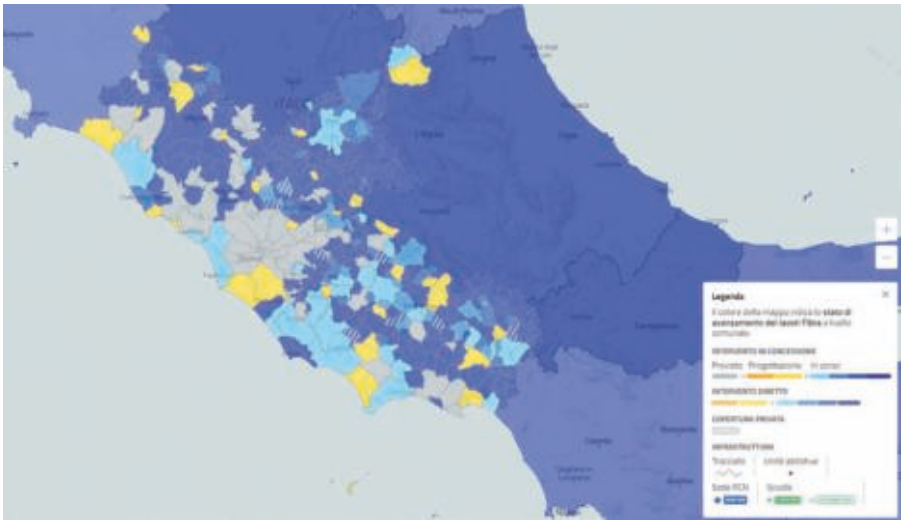


Figura 6 – Stato di avanzamento lavori per la connessione in fibra. Fonte: acquisizione dal sito Banda Ultra Larga (https://bandaultralarga.italia.it/mappa/).

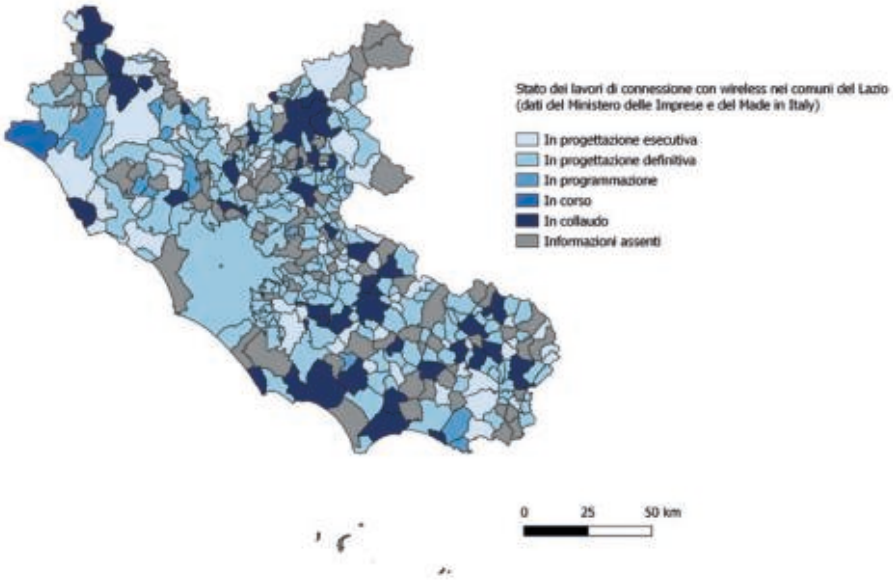


Figura 7 – Stato di avanzamento dei lavori per la connessione wireless. Fonte: nostra elaborazione su dati del sito Banda Ultra Larga (https://bandaultralarga.italia.it/mappa/).

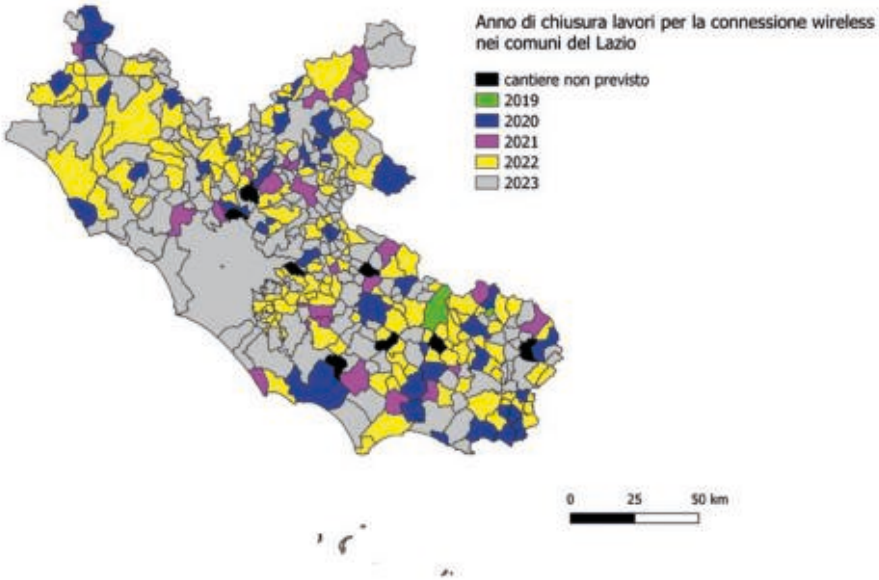


Figura 8 – Anno di chiusura dei lavori per la connessione con wireless. Fonte: nostra elaborazione su dati del sito Banda Ultra Larga (https://bandaultralarga.italia.it/mappa/).

Il confronto tra le due carte sul wireless (figure 7 e 8) rivela una situazione più complessa rispetto a quella generalmente attesa, con alcune aree rurali che sembrano aver completato o avanzato i lavori di connessione wireless in modo relativamente rapido rispetto a contesti urbani come Roma. Nella prima carta (figura 7), molte zone rurali e periferiche del Lazio, soprattutto nel sud della regione e lungo i confini, appaiono in una fase più avanzata dei lavori, spesso in corso o addirittura in collaudo, mentre la capitale e le aree limitrofe mostrano un ritardo, con progetti ancora in fase di pianificazione. La seconda carta (figura 8) conferma questa dinamica anomala, indicando come in diversi comuni rurali i lavori siano stati conclusi già nel 2019 o 2020, mentre in altre aree più urbanizzate o strategiche i cantieri sono previsti per il 2022-2023, o addirittura non sono stati ancora pianificati.

Questa inversione delle aspettative rispetto alla tradizionale logica di sviluppo infrastrutturale nelle aree urbane e rurali si può attribuire a diverse cause. Da un lato, la minore complessità tecnica delle infrastrutture in contesti rurali, dove l'urbanizzazione è meno densa e la distribuzione delle infrastrutture preesistenti più semplice, può aver favorito una più rapida realizzazione dei progetti. Dall'altro, le dinamiche politiche e la disponibilità di finanziamenti orientati sulle Aree Bianche hanno incentivato una priorità per questi territori, spingendo a completare prima i lavori. Al contrario, in aree urbane più complesse come Roma, l'implementazione di infrastrutture digitali potrebbe aver incontrato ostacoli burocratici, una maggiore necessità di coordinamento tra enti locali e nazionali, e difficoltà tecniche dovute alla maggiore densità urbana e alla necessità di integrazione con infrastrutture già esistenti.

Tuttavia, questa dinamica non risolve il problema del divario digitale in modo strutturale. Se è vero che alcune aree rurali hanno visto una chiusura rapida dei lavori, le zone indicate in nero nella carta alla figura 8, dove non è previsto alcun cantiere, rimangono concentrate proprio nelle aree più interne e marginali, suggerendo che la connessione wireless non sarà universalmente disponibile nelle aree rurali. Questa situazione rischia di generare una nuova forma di disuguaglianza, in cui alcune aree periferiche sono servite rapidamente, mentre altre restano completamente escluse. Di conseguenza, la distribuzione dei lavori di connessione wireless non solo non segue una logica di

concentrazione nelle aree urbane, ma evidenzia una complessa geografia delle priorità infrastrutturali, che risponde a dinamiche locali e politiche difficili da generalizzare.

La velocità dei lavori nelle aree rurali non implica necessariamente un superamento del divario digitale, ma piuttosto l'emergere di nuove disuguaglianze sia nei contesti rurali che urbani. Le cause di questo fenomeno sono da ricercarsi nella combinazione di fattori tecnici, economici e istituzionali, e gli effetti a lungo termine possono includere una maggiore frammentazione territoriale e un accesso diseguale alle opportunità offerte dalla digitalizzazione.

6. Conclusioni

I programmi di digitalizzazione auspicati devono tener conto non solo delle diversità ambientali, culturali, paesaggistiche e sociali presenti sul territorio nazionale ma anche dell'adozione di un approccio olistico che consideri le specificità di ogni contesto territoriale e le esigenze delle comunità locali (Faccioli, 2022). L'esclusione etnica, sociale e religiosa di gruppi umani, così come il disagio socio-territoriale, rappresentano gli elementi della "perifericità" che possono essere affrontati anche attraverso il *know-how* e l'uso appropriato delle tecnologie.

Tra le varie tecnologie, quelle geo-spaziali avanzate emergono come particolarmente rilevanti per la pianificazione e la gestione dei territori. Questa tesi è convalidata da un continuo *feedback* restituito dagli utenti che abitano o transitano nei territori, il quale sottolinea l'importanza di strumenti e metodi geospaziali nella comprensione e nella valorizzazione del contesto territoriale. Tuttavia, l'applicazione di tali tecnologie richiede anche ambienti idonei alla progettazione degli interventi. Nel contesto dei cambiamenti economici e tecnologici degli ultimi decenni, si è assistito alla crescita di *cluster high-tech* in diverse parti del mondo, caratterizzati dalla presenza di numerose imprese e start-up innovative. Tuttavia, ciò che li distingue è la loro vicinanza a istituzioni accademiche di spicco e centri di ricerca.

Il legame tra territorio, apprendimento e livello di innovazione è essenziale per comprendere le ragioni alla base del comportamento

spaziale delle attività che utilizzano e producono conoscenza e cultura, anche nei settori tradizionalmente a bassa intensità tecnologica.

Le situazioni di "povertà educativa", spesso riscontrate in aree prive di accesso al digitale, hanno spinto comunità e piccoli imprenditori a chiedere con forza la creazione di un sistema di aggregazione sociale gestito dalle amministrazioni, al fine di fornire servizi e infrastrutture di trasporto, digitali e, prima ancora, sociali. Queste richieste sono particolarmente rivolte ai Comuni "fragili" con una popolazione inferiore a 5.000 abitanti (Faccioli, 2022).

Le iniziative di governance messe in atto dalle amministrazioni locali e nazionali, come i bandi di finanziamento, ad esempio, acquisiscono valore grazie anche all'atteggiamento propositivo di aziende, fondazioni bancarie e culturali, nonché enti pubblici che forniscono un importante supporto nell'adozione di tecnologie di nuova generazione. Questi attori agiscono quindi come facilitatori della relazione tra tecnologie e territori. Tale aspetto riveste un ruolo centrale nel contesto della necessità di sviluppo delle aree marginali in termini di digitalizzazione. Infatti, il *digital divide* rappresenta il fattore che più di ogni altro seleziona e amplifica le diverse fragilità dei territori e, di conseguenza, la loro capacità di rispondere a tali iniziative (Morazzoni e Zavettieri, 2023).

Le periferie urbane continuano a essere afflitte da profondi problemi di governance territoriale, spesso caratterizzati da interventi incompiuti, inadempienze e mancato contrasto al degrado urbano. Questa situazione si contrappone nettamente a quella delle rinomate destinazioni "monumentali", che sono diventate il simbolo del turismo cittadino e sono generalmente situate nei centri storici delle città.

Dall'analisi condotta sul caso del Lazio e di Roma emergono due raccomandazioni principali per affrontare il *digital divid*e. La prima è di superare le sfide infrastrutturali al fine di completare l'installazione della banda ultralarga nei municipi ancora non coperti, con l'obiettivo di migliorare la competitività delle aree urbane. La seconda riguarda il mantenimento e il rafforzamento degli sforzi volti a garantire l'accesso alla banda larga nelle aree rurali e meno densamente popolate, riducendo così il *digital divide* nei comuni marginali del Lazio, che rappresentano i principali beneficiari del Piano Strategico Banda Ultralarga e degli interventi promossi da Infratel.

Riferimenti bibliografici

Bertocchi, D., Scafa, L. e Zavettieri, G.G. (2024, in c.s.), *Disagio socio-territoriale e dinamiche migratorie nel Lazio: un'indagine cartografica*, Società di Studi Geografici, Firenze.

Bignante, E., Celata, F. e Vanolo, A. (2022), *Geografia dello sviluppo. Una prospettiva critica globale*, UTET, Torino.

Copus, A., Mantino, F. and Noguera, J. (2017), *Inner Peripheries: an oxymoron or a real challenge for territorial cohesion?*, in «Italian Journal of Planning Practice», VII, 1, pp. 24-49.

Faccioli, M. (2022), *Turismo e Territorio nel PNRR*, in «Documenti geografici», 1, pp. 315-329.

Fioretti, C. (2016, a cura di), *Inclusione fragile. Migrazioni nei piccoli comuni del Lazio*, in «Quaderni di Urbanistica tre», 11, intero fascicolo.

Kompil, M., Jacobs-Crisioni, C., Dijkstra, L. and Lavalle, C. (2019), *Mapping accessibility to generic services in Europe: a market-potential based approach*, in «Sustainable Cities and Society», 47, 101372.

Landi, A. (2021), *Fragilità socio-ambientali in un'era di urbanizzazione planetaria: il "vivere denso" e il ruolo dei quartieri*, in Castrignanò, M. (2021, a cura di), pp. 133-156.

Leonardi, S. (2013), *Fuori dal GRA: l'espansione territoriale di Roma Capitale*, Edizioni Nuova Cultura, Roma.

Leto, A., Paradiso, M. e Sarno, E. (2016), *Silenzi cartografici e marginalizzazione in situazioni di divario digitale: una verifica concettuale ed empirica in ambito rurale-montano*, in «Bollettino dell'associazione Italiana di Cartografia», 156, pp. 115-137.

Lucatelli, S. e Sonzogno, G.V. (2021), *Confini, sviluppo locale e relazioni aree interne/aree urbane*, in Barbera, F. e De Rossi, A. (a cura di, 2021), *Metromontagna. Un progetto per riabitare l'Italia*, Donzelli Editore, Roma, pp. 127-152.

Macchi-Janica, G. (2019), *Cartografia dell'abbandono: la rappresentazione della desertificazione demografica delle 'aree interne fragili' della Toscana meridionale*, in «Bollettino della Associazione Italiana di Cartografia», 166, pp. 77-88.

Magistri, P. e Zavettieri, G.G. (2023), *Visualizzare i cambiamenti territoriali. Rifotografie dalla periferia romana: Villaggio Breda*, in «Geotema», XXVII, 72, pp. 41-49.

Morazzoni, M. e Zavettieri, G.G. (2023), *Geografia, nuove tecnologie e turismo*, Carocci, Roma.

Scafa, L. e Zavettieri, G.G. (2023), *Riqualificazione delle, nelle, per le periferie. Il ruolo delle cooperative di comunità urbane*, in Albanese, G. e Muti, G. (2023, a cura di), Società di Studi Geografici, Firenze, pp. 975-982.

Zavettieri, G.G. (2024a), *Smartness e cambiamento del turismo montano. Il caso studio di Bormio e Alta Valtellina*, in Cerutti, S., De Falco, S. e Graziano, T. (2024, a cura di), *XVI rapporto della Società Geografica Italiana. Territori in transizione. Geografie delle aree marginali tra permanenze e cambiamenti*, Società Geografica Italiana, Roma, p. 109.

Zavettieri, G.G. (2024b), *Periferie urbane tra arte, cultura e creatività: il caso di Tor bella Monaca*, in Bettini, Don E. e Tondini, D. (2024, a cura di), *Conoscere per costruire. Il ruolo dei centri accademici, di ricerca e della formazione*, Diocesi Teramo Atri, Teramo, pp. 819-839.

Parte terza

La cartografia per l'analisi e la gestione del territorio

Rappresentare la complessità attraverso i dati. Informazione geografica e statistica ufficiale al tempo dei *Big Data* e dell'Intelligenza Artificiale

Maria Rosaria Prisco

1. Una nuova era per i dati geografici

Per gran parte della loro storia, le scienze sociali, ed in particolare la geografia, hanno operato in un regime di decisa scarsità di dati ed informazioni dovuta alla difficoltà e ai costi di ottenere e gestire misurazioni della realtà a scale spaziali ridotte. Negli ultimi due decenni, la valanga di dati determinata dai progressi delle tecnologie informatiche ha provocato una svolta nell'approccio alla ricerca sociale che è stato definito come *computational turn* (Lazer *et al*., 2009).

Si tratta, tuttavia, di dati che hanno caratteristiche diverse rispetto ai quelli tradizionali (Kitchin, 2014; Boyd and Crawford, 2012) in quanto caratterizzati da:

- *esaustività*, per la capacità di cogliere le caratteristiche di intere popolazioni o sistemi;
- *relazionalità*, in quanto le informazioni sono generalmente dotate di campi chiave comuni da agganciare ad altri dataset;
- elevata *risoluzione* delle informazioni con livelli di dettaglio, anche geografici, molto fini.

Quest'ultima caratteristica ha determinato un impatto significativo sulla disponibilità di dati geografici, in particolare per l'analisi di aggregati territoriali sub-regionali come, per esempio, le città, fino a quel momento difficilmente disponibili.

Attraverso interfacce ad hoc, definite *new spatial media*, gli utenti hanno la possibilità di creare informazione geografica geo-localizzando le proprie informazioni (*post* sui social, ricerche, fotografie, filmati,

blog, ecc.). L'informazione che ne deriva è in formati disparati (numeri, testi, foto, video, musica, ecc.) in cui, oltre che nell'analisi, l'innovazione e la ricerca vanno orientate nella sintesi di contenuti così diversi, in una sorta di *mashup* di *layers* diversi. Non si tratta quindi di una versione avanzata dei tradizionali sistemi GIS, ma di «un genere diverso di tecnologie di informazione geografica, che emergono da un contesto politico-economico differente e impiegano diverse strutture, tecniche e applicazioni digitali» (Elwood e Leszczynski, 2013: 549).

Le fonti dei Big Data sono variamente classificate ma posso essere distinte in:

- dirette: generate, per esempio, dai sistemi di sorveglianza, quali telecamere, ed altri sistemi di rilevamento che producono dati su impronte digitali, fotografie, filmati;
- automatiche: generate dalla tecnologia digitale, come per esempio, le cronologie dei siti visitati nella navigazione in Internet, transazioni effettuate on line, tracciati d'uso dei telefoni cellulari, dati provenienti dalle stazioni di rilevamento ambientale, codici a barre delle tessere sanitarie, carte di credito, dati dei circuiti bancari ecc.;
- volontarie: prodotte dall'azione diretta delle persone sia attraverso l'uso dei *social media* che attraverso la partecipazione a progetti collettivi di produzione del sapere basati sul *crowdsourcing*. In questo contesto, tipico del Web 2.0, i dati vengono generati dal basso alimentando sistemi come Wikipedia, OpenStreetMap o le piattaforme di recensioni come TripAdvisor e Amazon. In tal modo, l'utente evolve nella figura del *prosumer* agendo, contemporaneamente, come produttore e consumatore di informazioni (Kitchin, 2014).

Proprio l'esigenza di governare questo immenso patrimonio informativo dei Big Data, ha dato slancio allo sviluppo del *deep machine learning* che, associato alle capacità di calcolo informatico sempre più avanzate, ha determinato una vera e propria rivoluzione i cui effetti, positivi e negativi, sono ancora troppo recenti per essere valutati e interpretati.

Considerato che oltre l'80 per cento dei Big Data contiene informazioni spaziali (Leszczynski e Crampton, 2016), l'intelligenza artificiale applicata alle scienze geospaziali (GeoAI), definita come l'incontro tra l'intelligenza artificiale e le scienze geospaziali, sta emergendo

come un campo di ricerca particolarmente importante per gli studi geografici (Wang *et al.*, 2024). Sebbene l'uso di tecniche avanzate, come le reti neurali, fosse già presente nella ricerca geospaziale del passato (Goodchild, 2024), la GeoAI si configura come un nuovo paradigma di ricerca transdisciplinare che integra scienza dei dati e geografia e sfrutta e l'IA per analizzare, estrarre e visualizzare grandi volumi di dati spaziotemporali (Li, 2022).

2. La statistica ufficiale di fronte al diluvio di dati: dal dato nazionale all'informazione statistica microterritoriale

In questo contesto in rapida evoluzione, emerge come centrale il tema dei dati, da produrre, diffondere, visualizzare e rappresentare, ponendo l'accento sulla loro affidabilità e significatività. Se da un lato il volume dei dati è cresciuto e cresce a una velocità non prevedibile soltanto pochi anni fa, con una stima di 175 zettabytes entro il 2025 (Gan *et al.*, 2023), a questa crescita quantitativa non è corrisposto un analogo miglioramento qualitativo. Secondo i criteri del Codice della statistica ufficiale (Comstat, 2022), infatti, un dato è significativo solo se supportato da metodologie solide, comparabilità spazio-temporale, indipendenza e rigorosa tutela della riservatezza.I Big Data prima e l'intelligenza artificiale poi hanno costretto gli istituti nazionali di statistica a un ripensamento del tradizionale modello di produzione dei dati basato sul *General Statistical Business Process Model* (GSBPM) (UNECE, 2019), il *framework* fondamentale che regola la produzione di statistiche ufficiali basato su un processo che prevede alcune fasi ben definite quali, per esempio, raccolta dati, codifica, convalida, analisi e diffusione.

Di fatto, già nell'ultimo decennio l'Istat aveva iniziato a sperimentare l'utilizzo di enormi volumi di dati con l'inserimento tra le proprie fonti di archivi amministrativi che, adeguatamente trattati, hanno rappresentato una svolta per l'informazione statistica e in particolare per quella territoriale e geografica. Il Sistema Integrato dei Registri (Ascari *et al.*, 2023) rappresenta, infatti, il progetto di uso e integrazione a supporto di indagini e censimenti delle informazioni provenienti dalle amministrazioni pubbliche sia sugli individui che sulle imprese.

Proprio per l'esigenza di riuscire a posizionare le unità statistiche nello spazio, attraverso un indirizzo e delle coordinate geografiche, nell'ambito del Sistema dei Registri è stato costruito il *Registro statistico di base dei luoghi* (RSBL), che permette di collocare nelle sezioni di censimento tutte le unità statistiche presenti sia provenienti dalle indagini, dai censimenti e dagli altri registri (individui, imprese, edifici e attività) assegnando un identificatore univoco a ciascun luogo o area e permettendo così di integrare, attraverso la chiave geografica, informazioni di natura socio-demografica, economica e ambientale (Istat, 2024).

Sul versante più specifico dei Big Data, invece, dal contesto della statistica europea attraverso il *Bucharest Memorandum on Trusted Smart Statistics* (ESSC, 2018) provengono importanti stimoli a riflettere sulle opportunità e i limiti delle nuove fonti per definire una nuova strategia di produzione statistica ufficiale. Questo percorso prevede l'introduzione, anche in via sperimentale, di elementi innovativi che permettano l'utilizzo dei Big Data dalla fase di *playground*, necessaria per analizzare le potenzialità, i limiti e le implicazioni metodologiche alla fase di utilizzo maturo di tali fonti.

È importante sottolineare, per gli scopi di questo lavoro, che le statistiche fondate su Big Data per la statistica ufficiale divengono progressivamente *Trusted Smart Statistics*, proprio per sottolineare il ruolo centrale della *fiducia* che deve distinguere un dato generico da quello prodotto nell'ambito dei sistemi statistici nazionali.

Rispetto alle previsioni sull'impatto presunto dei Big Data sulla statistica ufficiale, al centro di un ampio e stimolante dibattito nel decennio scorso, la loro introduzione nei processi di produzione dei dati è stata in realtà molto più lenta e complessa, sia per le difficoltà metodologiche sia per i costi di accesso ai dati, molto spesso detenuti da soggetti privati, sia per i costi delle infrastrutture informatiche e per la mancanza di specifiche competenze professionali richieste.

In Italia, l'Istituto nazionale di statistica è coinvolto dal 2018 in alcuni progetti nell'ambito del Sistema Statistico Europeo, quali, per esempio, i progetti *ESSnet Big Data Pilots I* e *ESSnet Big Data Pilots II*, il cui obiettivo è integrare i Big Data nella produzione statistica ufficiale e sperimentarne la fattibilità attraverso studi pilota che hanno riguardato vari ambiti tematici:

- *Job on line* (webscraping dai principali portali di annunci di lavoro on line);
- *Mobile network data* (attività di captazione dalla rete di telefonia su dati Vodafone);
- *Innovative tourism statistics* (webscraping di alcune strutture ricettive dalla piattaforma Booking);
- *Earth Observation* (analisi dei cambiamenti dei diversi territori attraverso le immagini satellitari);
- *Financial Transaction* (estrazione di micro dati sui pagamenti sulle principali piattaforme di elaborazione dei pagamenti);
- *Enterprise characteristics* (webscraping per conoscere il comportamento sul web delle imprese);
- *Preparing Smart Statistics* (esplorazione del mondo di IoT (Internet of Things), dispositivi identificabili e connessi e in grado di processare dati (attraverso App) e interagire con altri dispositivi;
- *Smart Surveys* (nell'ambito di un processo di indagine si utilizzano dati del web rilevati tramite dispositivi smart (es. dati da sensori sia in modalità passiva (*tablet*, *activity tracker*, telefono, ...) che attiva (*citizen data*).

Per capitalizzare queste esperienze l'Istat ha di recente istituito un *Centro per le Trusted Smart Statistics* che ha il compito di coordinare i diversi aspetti tecnologici, metodologici, legali, etici, comunicativi, legati all'introduzione delle nuove fonti nella produzione statistica ufficiale.

Un primo esempio di integrazione delle nuove fonti di dati nella produzione statistica tradizionale è quello delle "Statistiche sperimentali" dell'Istat. In particolare si segnala l'elaborazione del *Social Mood on economy index* da testi di messaggi di X e l'elaborazione di indicatori di incidentalità stradale per provincia e tipo di strada mediante l'utilizzo di OpenStreetMap.

3. Conclusioni

Gli esempi brevemente descritti evidenziano opportunità e limiti dell'uso delle nuove fonti di dati e delle tecniche legate all'AI e al Geoweb per generare nuova informazione e conoscenza. L'offerta di informazione geografica presenta una dinamica incrementale, ma a tratti disomogenea, ancora in parte da strutturare e sistematizzare sia nei contenuti che nella diffusione per rispondere alla crescente domanda di dati sempre più disaggregati geograficamente. Da un lato il volume dei dati, la loro granularità e tempestività rappresenta una rivoluzione per l'analisi geografica, per la conoscenza dei territori e dei luoghi, per le rappresentazioni cartografiche e per la determinazione di modelli predittivi nei più svariati campi disciplinari e delle politiche. Dall'altro i problemi metodologici relativi alla rappresentatività delle popolazioni e dei fenomeni analizzati, alla difficoltà di definire processi standard per il trattamento dei dati provenienti da fonti diverse, all'accesso ai dati, in molti casi detenuti da soggetti privati e alla gestione della tutela della riservatezza rappresentano ancora ostacoli a una piena integrazione delle nuove fonti di dati nella statistica ufficiale.

È quindi in questo contesto, ancora eterogeneo e complesso, che è necessario attribuire rilevanza al termine "fiducia" nella valutazione dei dati e delle informazioni che scegliamo di utilizzare sia come ricercatori che come politici, giornalisti, attivisti e cittadini proprio perché i dati utilizzati sono in grado non soltanto di rappresentare ma di "creare" i luoghi. Si pensi a questo proposito ai *brand* territoriali o allo stigma che un utilizzo non corretto o etico dei dati può attribuire a una città o a un quartiere (Owusu *et al*., 2021).

Risulta necessaria una più coerente politica per l'informazione geografica per creare ecosistemi di dati geografici come patrimonio per la collettività, per rispondere a nuove domande su fenomeni ancora poco indagati o emergenti nelle diverse aree e pervenire a rappresentazioni sempre più intersezionali, vicine alla complessità del reale e delle relazioni tra fenomeni, sociali, economici, demografici e ambientali. In questa prospettiva la dimensione spaziale riveste un ruolo fondamentale per una lettura della "*terrifying simultaneity*" delle relazioni sociospaziali (Massey, 1992): la complessità delle interrelazioni, dei flussi e

dei movimenti di cose e di persone che si svolgono nello spazio e nel tempo, le loro specificità e il loro rapporto con altre scale geografiche.

Riferimenti bibliografici

Ascari, G., Brancato, G., Bruni, A., Daddi, S., Di Bella, G., Giavante, S., Rocci, F., Sanzo, R., Sgamba, A.M., Simeoni, G. e Spirito, S. (2023), *Il monitoraggio e la valutazione della qualità del Sistema Integrato dei Registri*, «Istat working papers», n. 7.

Boyd, D. and Crawford, K. (2012), *Critical questions for Big Data: provocations for a cultural, technological, and scholarly phenomenon*, in «Information, Communication & Society», 15 (5), pp. 662-679.

Briggs, C., Burfurd, I. and Duckham, M. (2020), *Bridging the geospatial gap: data about space and indigenous knowledge of place*., in «Geography Compass», 14:e12542.

Comstat (2022), Codice italiano per la qualità delle statistiche ufficiali, https://www.sistan.it/fileadmin/redazioni/IMMAGINI/pdf/Codice-Italiano-Qualita__-Statistiche-Ufficiali.pdf.

European Statistical System Committee (ESSC) (2018), *Bucharest Memorandum on Official Statistics in a Datafied Society (Trusted Smart Statistics)*, 104th DGINS Conference, Bucharest, 10th and 11th October.

Gan, W., Ye, Z., Wan, S. and Yu, P.S. (2023), *Web 3.0: the future of Internet*, in «WWW '23 Companion: Companion Proceedings of the ACM Web Conference 2023», pp. 1266-1275.

Goodchild, M.F. (2024), *Foreword*, in Gao, S., Hu, Y. and Li, W. (2024, eds.), *Handbook of Geospatial Artificial Intelligence*, Taylor & Francis, pp. xi-xiv.

Istat (2024), *L'informazione statistica microterritoriale: l'esperienza del Registro statistico di base dei luoghi*, Roma. https://www.istat.it/wp-content/uploads/2024/12/informazione-statistica-microterritoriale-Ebook.pdf.

Kitchin, R. (2013), *The real-time city? Big data and smart urbanism*, Paper presented at the «Smart Urbanism: Utopian Vision or False Dawn» workshop at the University of Durham, 20-21 June 2013.

Kitchin, R. (2014), *Big data, new epistemologies and paradigm shifts*, in «Big data and Society», 1 (1), pp. 1-12.

Lazer, D., Pentland, A., Adamic, L., Aral, S., Barabasi, A.L., Brewer, D., Christakis, N., Contractor, N., Fowler, M., Gutmann, T., Jebara, T., King, G., Macy, M., Roy, D. and Val, A. (2009), *Computational social science*, in «Science», 323, pp. 721-723.

Leszczynski, A. and Crampton, J. (2016), *Introduction: spatial big data and everyday life*, in «Big data & Society», July-December 2016, pp. 1-6.

Li, W. (2022), *GeoAI in social science*, in Gao, S., Hu, Y. and Li, W. (2023, eds.), *Handbook of Geospatial Artificial Intelligence*, Taylor & Francis, pp. 291-304, doi: 10.1201/9781003308423.

Massey, D. (1992), *Politics and space/ time*, in «New Left Review», 1 (196), pp. 65-84.

Owusu, M., Kuffer, M., Belgiu, M., Grippa, T., Lennert, M., Georganos, S. and Vanhuysse, S. (2021), *Towards user-driven Earth observation-based slum mapping*, «Computers, Environment and Urban Systems», 89, 101681.

United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) (2019), *General Statistical Business Process Model*, https://unece.org/sites/default/files/2025-04/GSBPM%20v5.2%20for%20consulatation.pdf.

Wang, S., Huang, X., Liu, P., Zhang, M., Biljecki, F., Hu, T., Fu, X., Liu, L., Liu, X., Wang, R., Huang, Y., Yan, J., Jiang, J., Chukwu, M., Naghedi, S.R., Hemmati, M., Shao, Y., Jia, N., Xiao, Z., Tian, T., Hu, Y., Yu, L., Yap, W., Macatulad, E., Chen, Z., Cui, Y., Ito, K., Ye, M., Fan, Z., Lei, B. and Bao, S. (2024), *Mapping the landscape and roadmap of geospatial artificial intelligence (GeoAI) in quantitative human geography: an extensive systematic review*, in «International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation», 128, p. 103734.

La Base Informativa Territoriale della Regione Toscana tra innovazione e tradizione

Ilaria Tabarrani

1. La Base Informativa Territoriale e la qualità del dato

La Base Informativa Territoriale (BIT) di Regione Toscana è uno strumento per il supporto delle decisioni amministrative, che si basa su dati territoriali creati da sempre attraverso un processo certificato. La necessità di avere processi certificati nasce dalla prerogativa di garantire livelli minimi di qualità delle informazioni che influiscono direttamente sulla correttezza dei provvedimenti adottati; errori nella costruzione dei dati possono infatti compromettere la base conoscitiva, falsando così il processo decisionale.

La BIT, definita dalla legge regionale 65/2014, è il contenitore che raccoglie e gestisce i dati territoriali e relativi metadati, mentre i servizi e le tecnologie di rete ne garantiscono il funzionamento e l'accesso pubblico; costituisce di fatto il cuore dell'infrastruttura territoriale. Le sue componenti fondamentali sono:

- Dati di base derivanti dal telerilevamento: dati che provengono prevalentemente da rilievi aerei e satellitari e forniscono una rappresentazione accurata e certificata del territorio;
- Basi informative topografiche: un esempio sono la Carta Tecnica Regionale (CTR), in scala 1:10.000 e 1:2.000 che rappresentano il territorio con elevata precisione;
- Basi informative tematiche: raccolgono dati rilevanti sulle condizioni del patrimonio territoriale, come l'uso del suolo o le altre tematiche geologiche ed ambientale.
- Basi informative sullo stato di fatto e di diritto del territorio: derivano dalle cartografie a supporto degli atti di governo del territorio e descrivono le condizioni amministrative e giuridiche attuali.

La strategia regionale per la gestione della BIT pone, in particolare, l'accento sulla certificazione del processo e sul controllo di qualità dei dati territoriali. L'obiettivo principale è anche che il dato sia possibilmente acquisito una sola volta, alla scala più appropriata, e condiviso tra le diverse funzioni amministrative, riducendo duplicazioni e inefficienze e facendo tesoro di quanto già conosciuto alla PA.

Gli elementi essenziali di questo sistema includono per questo:

- Certificazione del processo di costruzione dei dati georeferenziati: garantire che ogni dato sia accurato e conforme agli standard, per evitare errori che potrebbero compromettere i processi decisionali.
- Standardizzazione: l'adozione di standard condivisi consente l'interoperabilità dei dati tra diversi enti, facilitando una gestione più efficiente e integrata delle informazioni.
- Condivisione delle informazioni: i dati raccolti dalla BIT sono resi disponibili attraverso servizi di rete pubblici, promuovendo l'accessibilità e la trasparenza.

La documentazione della BIT comprende la descrizione delle caratteristiche tecniche, della qualità e della validità dei dati, nonché delle responsabilità legate alla loro creazione, manutenzione e distribuzione. Questo assicura che l'infrastruttura della BIT possa essere utilizzata in modo efficace da diversi attori pubblici e privati, supportando così un processo decisionale basato su informazioni affidabili.

2. L'integrazione delle fonti e l'innovazione tecnologica

Uno degli elementi chiave per garantire l'utilizzo efficace della BIT è l'integrazione delle fonti di acquisizione dei dati. La Regione Toscana ha adottato un approccio che prevede l'utilizzo di molteplici fonti, tra cui rilievi aerei, satellitari e dati raccolti in situ. Questa integrazione consente di ottenere una visione più completa e accurata del territorio, migliorando la qualità delle informazioni a disposizione.

L'innovazione tecnologica gioca un ruolo cruciale in questo processo. L'uso delle diverse piattaforme permette infatti di acquisire dati ad alta risoluzione temporale o spaziale, migliorando la precisione e

la tempestività delle informazioni. Ad esempio, le immagini satellitari forniscono una copertura costante del territorio, rendendo possibile il monitoraggio a piccola scala, ma in tempo reale di alcuni dei fenomeni come il cambiamento prevalente dell'uso del suolo. Mentre per la progettazione delle nuove infrastrutture, ad esempio viarie, è necessario ricorrere alle accuratezze dei rilievi da piattaforma aerea che Regione Toscana svolge periodicamente su tutto il territorio con risoluzione a terra di 20 cm.

La strategia regionale, per sviluppare questo aspetto, si basa sull'adozione di standard condivisi che permettono di integrare i dati provenienti da diverse fonti e garantire la loro interoperabilità. Questo approccio favorisce anche la condivisione delle informazioni tra i vari enti coinvolti nella gestione del territorio, riducendo le duplicazioni e promuovendo un uso più efficiente delle risorse. Per questo la Giunta regionale nell'aprile 2024 ha approvato una convenzione tipo che incentiva e agevola alla collaborazione nella costruzione della BIT regionale, attraverso lo scambio di informazioni, anche di tutti quei soggetti che non appartengono nativamente al SIT regionale.

In questo contesto, Regione Toscana punta inoltre sull'open geodata, incrementando la disponibilità di librerie aperte che includono non solo dati territoriali certificati, ma anche le verità a terra, cruciali per garantire l'accuratezza delle informazioni. La metainformazione, ovvero la documentazione che accompagna i dati territoriali, è obbligatoria per tutte le basi informative, facilitando la comprensione e l'utilizzo corretto delle informazioni.

L'innovazione non si limita solo all'acquisizione dei dati, ma si estende anche all'assistenza e alla formazione del personale. Attraverso programmi di formazione continua, la Regione Toscana si impegna a fornire agli operatori competenze specialistiche, necessarie per l'uso consapevole di strumenti avanzati come i sistemi GIS e il telerilevamento. Un esempio di questo impegno è rappresentato dai corsi di formazione specifici sull'uso consapevole delle immagini satellitari, realizzati già nel 2019 e in corso di ulteriore sviluppo grazie anche alla collaborazione con l'Agenzia Spaziale Europea, definita con uno specifico protocollo di intesa sottoscritto nel 2023.

L'adozione di un approccio integrato e tecnologicamente avanzato non solo migliora la qualità del dato, ma favorisce anche una maggiore

trasparenza e accessibilità delle informazioni territoriali, contribuendo così a decisioni amministrative più informate e sostenibili.

3. Il ruolo del telerilevamento

Tra le tecnologie avanzate utilizzate dalla Regione Toscana, il telerilevamento è uno strumento cruciale nella implementazione, in tempo reale, della BIT. Il telerilevamento consente, infatti, di acquisire dati dettagliati del territorio tramite piattaforme aeree e satellitari, i cui rilievi vengono elaborati per supportare il monitoraggio e la programmazione/pianificazione del territorio.

Il telerilevamento oggi è regolato, nel rispetto della norma nazionale, dall'articolo 55 bis della legge regionale 65/2014, prevede che il SIT regionale effettui l'acquisizione di dati territoriali di base tramite tecniche di telerilevamento, funzionali alle materie di competenza regionale. L'articolo disciplina due tipologie principali di rilievi: rilievi periodici (effettuati con cadenza regolare per l'aggiornamento delle basi informative) e rilievi per indagini specifiche (eseguiti su porzioni limitate del territorio per monitorare specifici fenomeni). Questi rilievi, stabiliti dalla Giunta regionale mediante deliberazioni, sono fondamentali per l'aggiornamento e la manutenzione della BIT.

Questa tecnologia è, tuttavia, utilizzata dalle Regioni da molto tempo; il primo volo coevo su tutto il territorio regionale progettato e realizzato da Regione Toscana, grazie all'allora società EIRA, è del 1975. Ma nel corso degli anni tante altre campagne sono state realizzate, quella sempre sull'intera regione del 1979, il recupero e ortorettifica del volo GAI del 1954 e inoltre tutti i voli finalizzati all'aggiornamento delle varie edizioni della CTR, costruendo così un patrimonio di immagini aeree molto rilevante che oggi è gestito dall'aerofototeca regionale. L'ultimo rilievo, svolto da Regione e oggi disponibile, è quello coevo su tutta la regione del 2023, che ha prodotto ortofoto multispettrali utilizzate per in molti campi dai diversi Enti e da Regione per monitorare fenomeni come il consumo di suolo e le trasformazioni del paesaggio. Anche nel 2024 sono in corso ulteriori campagne di acquisizioni multispettrali proprio per garantire l'acquisizione di informazioni di dettaglio e certificate in periodi differenti dell'anno, così da conoscere meglio il territorio.

Figura 1 – Rilievi Regione Toscana 1975.

Figura 2 – Rilievi Regione Toscana 2023.

Una tecnologia chiave in questo contesto è oggi, oltre il rilievo multispettrale, l'acquisizione dei dati iperspettrali che l'Ufficio Cartografico regionale sta sperimentando grazie agli accordi stipulati con le Agenzie Spaziali e in particolare con ASI che fornisce i dati del sensore PRISMA. Il dato iperspettrale permette di catturare maggiori informazioni fornendo informazioni dettagliate su caratteristiche chimico-fisiche delle superfici, arrivando a distinguere il laterizio dal

silicio, asfalto ecc., ma non permette risoluzioni spaziali significative. Per questo, Regione ha promosso diverse campagne di acquisizione di dati iperspettrali da piattaforma aerea. L'obiettivo è quello di testare servizi pre-operativi funzionali a migliorare e rendere stabili servizi che possano arricchire i futuri quadri conoscitivi.

Quando i dati dei programmi attuali delle Agenzie Spaziali non sono sufficientemente di dettaglio per le necessità regionali e locali, è possibile fare ricorso anche all'impiego di dati satellitari provenienti da missioni commerciali, come avvenuto durante l'alluvione del novembre 2023 in Toscana. In quel caso i dati resi disponibili da Planet sono stati risolutivi per poter mappare fin dalle prime ore le aree interessate dall'emergenza andando a integrare le informazioni cartografiche già note con altre fonti spesso a terra ma per porzioni limitate.

La sinergia tra telerilevamento e verità a terra permette infine di validare i dati raccolti e di garantirne l'accuratezza. Per questo Regione dispone di un numero consistente di acquisizione di firme spettrali il cui uso migliora, infatti, la capacità di classificare e identificare superfici e materiali specifici sul territorio, contribuendo alla creazione di mappe tematiche dettagliate e alla pianificazione di interventi mirati per la gestione delle risorse naturali.

4. Le strutture necessarie per l'informazione territoriale "certificata"

Regione Toscana, attraverso il SIT, si impegna, inoltre, a garantire la coerenza e la qualità dei dati georeferenziati che confluiscono nella BIT. Il SIT è il principale strumento utilizzato per gestire le informazioni territoriali, e, in questo sistema, l'Ufficio Cartografico, in collaborazione con altri uffici regionali, lavora alla creazione e all'aggiornamento della BIT, assicurando che i dati georeferenziati siano raccolti, verificati e distribuiti in modo quanto più possibile accurato.

Il ruolo dell'Ufficio Cartografico è poi centrale nella realizzazione degli strati informativi di base, come le ortofoto, la Carta Tecnica Regionale (CTR) e la carta dell'uso e della copertura del suolo, garantendo che i dati prodotti siano conformi agli standard di qualità e che

possano essere integrati nel SIT. L'Ufficio Cartografico agisce di fatto anche come nodo di una rete di uffici regionali, locali ma anche nazionali, cercando di assicurare la coerenza dei dati durante tutte le fasi di acquisizione e distribuzione.

In questo contesto, le fasi principali per garantire la coerenza e la qualità del dato territoriale regionale includono:

- Programmazione: coinvolgimento di tutti gli uffici per la costruzione concertata di un piano di basi dati da realizzare o aggiornare, che vengono elencate in un Atto di Indirizzo approvato dalla Giunta Regionale.
- Progettazione: realizzazione di specifiche tecniche, approvate tramite atto amministrativo, che definiscono chiaramente gli obiettivi e permettono agli utenti di comprendere la genesi delle basi dati.
- Acquisizione del dato: la raccolta dei dati può avvenire sia internamente, tramite l'Ufficio Cartografico, sia attraverso contratti di servizio con enti esterni.
- Verifica e validazione: i dati raccolti sono soggetti a verifiche di qualità, comprese verifiche a terra, per garantirne l'accuratezza e l'affidabilità prima della loro integrazione nella BIT.
- Archiviazione e Rilascio: i dati validati vengono archiviati con la metainformazione necessaria e successivamente rilasciati in modalità open data, rendendoli accessibili al pubblico e agli altri enti che ne fanno un riuso.

5. Conclusioni

La Base Informativa Territoriale della Regione Toscana rappresenta un esempio di come l'integrazione tra innovazione tecnologica e standard qualitativi consolidati possa contribuire a migliorare la gestione e il governo del territorio. La Regione Toscana, attraverso il Sistema Informativo Territoriale e l'Ufficio Cartografico, ha sviluppato nel tempo un sistema che consente di acquisire, gestire e distribuire dati territoriali con qualità controllata, garantendo una base conoscitiva solida per le decisioni amministrative.

L'adozione di tecnologie avanzate, come il telerilevamento anche iperspettrale, può permettere di migliorare significativamente il monitoraggio e la pianificazione del territorio da gestire. L'integrazione di diverse fonti di dati, dall'aereo al satellitare fino alla raccolta in situ, arricchisce il patrimonio della BIT con informazioni dettagliate, storiche e aggiornate, offrendo un quadro preciso delle trasformazioni territoriali e delle dinamiche ambientali.

La capacità di condividere e rendere accessibili i dati attraverso librerie open e servizi di rete pubblici favorisce la trasparenza e l'interoperabilità tra gli enti, riducendo le inefficienze e promuovendo una visione coordinata dello sviluppo territoriale. Inoltre, il continuo investimento della Regione Toscana nella formazione specialistica del personale garantisce che gli operatori siano in grado di sfruttare al meglio le tecnologie disponibili, migliorando ulteriormente la qualità delle informazioni territoriali.

In conclusione, anche se molti sono gli aspetti su cui ancora è necessario lavorare in sinergia con tutti gli altri attori del mondo dell'informazione territoriale, la BIT regionale non è solo uno strumento tecnico di supporto, ma rappresenta il sistema dinamico principale di riferimento che integra tradizione e innovazione per garantire decisioni amministrative più informate e sostenibili. Grazie all'impegno nella qualità del dato e nella condivisione delle informazioni, Regione Toscana sta tentando di dimostrare come l'uso combinato e controllato di tecnologie avanzate possa migliorare ulteriormente la gestione del territorio, fornendo basi conoscitive migliori per uno sviluppo più equilibrato e consapevole del territorio.

Archivi cartografici e catastali dell'Archivio di Stato di Firenze: la dimensione archivistica nei progetti di dematerializzazione

Silvia Sinibaldi

1. Premessa

L'Archivio di Stato di Firenze vanta un consistente numero di fondi archivistici catastali e cartografici, quotidianamente esplorati da studiosi italiani ed esteri, da tecnici, amministratori del territorio, appassionati; i fondi catastali, in particolare, costituiscono un *continuum* che va dalla seconda metà del Trecento fino alla prima metà del Novecento, mentre quelli cartografici sono in gran parte rappresentativi del periodo XVI-XIX secolo, nonostante siano presenti testimonianze assai più antiche.

L'ampio interesse per questa specifica tipologia di documenti, la fragilità dei supporti e il formato delle carte hanno condotto alla formulazione di numerosi progetti di dematerializzazione, alcuni conclusi, altri attualmente in corso. Di questi ultimi è doveroso menzionare il cospicuo Progetto Nazionale di Digitalizzazione dei fondi catastali ottocenteschi e novecenteschi – in corso di attuazione da parte della *Digital Library* del Ministero della Cultura nell'ambito delle attività previste dal PNRR – che prevede l'acquisizione, per il solo Archivio di Stato di Firenze, di 1.317.241 immagini e la realizzazione di una complessa piattaforma on line di consultazione della documentazione catastale digitalizzata (MIC, 2022).

Nel presente articolo saranno esaminati nello specifico alcuni progetti di dematerializzazione dei fondi cartografici e catastali alla luce dei principi archivistici.

2. I fondi cartografici e catastali dell'Archivio di Stato di Firenze

Numerosi fondi cartografici si formarono nel XVIII-XIX secolo quale risultato dell'operazione – effettuata per ragioni principalmente conservative – di estrazione di materiale cartografico dai fondi archivistici di cui facevano parte[1]. Ulteriore documentazione cartografica è altresì contenuta nell'archivio della Miscellanea Medicea, negli archivi delle Compagnie e Corporazioni religiose soppresse da Pietro Leopoldo e da Napoleone, nel fondo dell'Ospedale di Santa Maria Nuova, negli archivi di famiglia, ecc. e nei fondi catastali relativi al catasto geometrico-particellare.

I fondi cartografici possono essere suddivisi in più nuclei, sulla base delle motivazioni che hanno condotto alla produzione di piante, cabrei, mappe: un primo nucleo di fondi nasce per la gestione del territorio e della spesa pubblica (la manutenzione delle strade, la realizzazione di ponti, il controllo dei fiumi e torrenti, la manutenzione degli argini, le bonifiche); un secondo nucleo è relativo alla rappresentazione e amministrazione dei possedimenti granducali; un terzo nucleo afferisce alle attività di definizione e controllo dei confini del Granducato. Oltre a questi, un consistente nucleo riguarda le Carte Nautiche, i Portolani e gli Atlanti: si tratta di una collezione che rappresenta un saggio della produzione dei più famosi cartografi dal primo Trecento alla metà del Seicento.

Per quanto riguarda i fondi catastali, come specificato in premessa, essi percorrono la storia, dalla Repubblica Fiorentina al Governo italiano, senza soluzione di continuità e senza subire scarti archivistici[2].

[1] I fondi conservati presso l'Archivio di Stato di Firenze che afferiscono per "tipologia" ai fondi cartografici sono: le "Piante antiche dei confini" (1551-1782), le "Piante moderne dei confini" (1782-1857), le "Piante del Ministero dell'Interno" (1751-1859), le "Piante del Ministero delle Finanze" (1760-1858), la "Miscellanea delle Piante dei Ministeri dell'Interno e Finanze" (1787-1856), le "Piante dei Capitani di Parte Guelfa" (1538-1773), le "Piante della Certosa di Firenze" (secc. XVIII-XIX), le "Piante dello Scrittoio delle Regie Possessioni" (1743-1822), le "Piante topografiche delle Regie Possessioni" (sec. XIX), le "Piante dei ponti e strade" (secc. XVIII-XIX), le "Piante dell'Amministrazione generale delle Regie Rendite" (secc. XVIII-XIX), le "Piante dello Scrittoio delle Fortezze e Fabbriche" (1548-1851), le "Piante della Direzione Generale delle Acque e Strade" (1825-1862), la "Miscellanea di Piante" (secc. XVI-XIX), le "Carte Nautiche, Geografiche e Topografiche" (1306-1615), le "Piante dei Capitani del Bigallo" (secc. XVI-XIX) (Rombai *et al.*, 1987).

[2] Gli archivi catastali si suddividono sostanzialmente in due categorie, i catasti descrittivi (l'"Estimo" del XIV sec., il "Catasto" dal 1427 al 1491, la "Decima Repubblicana" dal 1494

Ovviamente, soltanto i catasti geometrico-particellari presentano atti grafici e documentazione cartografica, ossia lucidi, mappe, atlanti, aggiornamenti di mappa, atti di confinazione, correzioni geometriche e "cartoncini", questi ultimi di grande utilità per i tecnici, in quanto descrivono le modifiche, intervenute nel corso del tempo, nell'assetto delle particelle catastali.

All'interno del fondo archivistico denominato "Deputazione sopra il Catasto" (1817-1834) è conservata documentazione testuale e grafica di particolare interesse per la ricostruzione delle operazioni di misurazione, stima e attivazione del Catasto Generale Toscano (1832-1834), il primo catasto geometrico-particellare della Toscana. Tali operazioni furono avviate nel periodo napoleonico – quando la Toscana era annessa all'Impero Francese (1808-1814) – e proseguite durante la Restaurazione, motivo per cui la documentazione prodotta dai francesi è conservata nell'archivio della Deputazione.

3. Gli archivi digitali catastali e cartografici della Toscana

Nel 2004 fu siglato un accordo tra Regione Toscana e la Direzione Generali Archivi del MIBAC (oggi MIC) per la riproduzione digitale di oltre 12.000 mappe catastali ottocentesche, nell'ambito di un progetto assai più complesso sui Catasti Storici Regionali (denominato Castore). Gli obiettivi finali erano quelli di documentare la conoscenza del territorio regionale a partire dai catasti geometrico-particellari della Toscana preunitaria, di promuovere la conoscenza delle strutture paesistiche e territoriali nella loro dinamica storica per la pianificazione e il governo del territorio, di valorizzare le rappresentazioni cartografiche storiche del territorio, ecc. La complessità del progetto e della piattaforma realizzata consistono nel fatto che le singole riproduzioni degli originali d'archivio costituiscono un mosaico di mappe georeferenziate, consultabili con continuità territoriale e confrontabili con le

al 1533, la "Decima Granducale" dal 1532 al 1776, il "Catasto Lorenese" dal 1776 al 1832) ed i catasti geometrico-particellari (il "Catasto Napoleonico" dal 1808 al 1814, il complesso di fondi denominati "Catasti Ottocenteschi", il "Catasto Generale Toscano" dal 1832 al 1960, il "Catasto Fabbricati" dell'Ufficio Distrettuale delle Imposte Dirette dal 1871 al 1960).

moderne cartografie in ambiente WebGIS[3]. La banca dati del progetto Castore è quindi composta dai file delle mappe originali, dai file delle mappe georeferenziate e dai file delle schede di documentazione.

Successivamente, negli anni 2013-2016, la Regione Toscana, grazie ad un accordo con il MIBACT (oggi MIC) ed il Centro Interuniversitario di Scienze del Territorio (CIST), ha implementato la piattaforma CASTORE con l'acquisizione digitale e la schedatura di una selezione di documenti cartografici conservati nei principali istituti di conservazione toscani e nell'Archivio Nazionale di Praga, relativi ai secoli XV-XIX. È stato quindi realizzato il progetto Cartografia Storica Regionale (Ca.Sto.Re), a implementazione anche del catalogo digitale della cartografia storica toscana *Imago Tusciae*, del Laboratorio di Geografia del Dipartimento di Storia dell'Università degli Studi di Siena, realizzato a partire dai primi anni 2000.

Oltre ai suddetti archivi digitali, sono presenti sul web numerosi siti di cartografia, tra cui quello denominato "I segni del territorio" del Comune di Prato (Piccardi, 2011), per promuovere lo studio e la conoscenza del territorio pratese. Il progetto prende vita da una ricerca condotta da Marco Piccardi nel 1987 sull'iconografia storico territoriale del territorio della provincia di Prato ed è del 2011 l'ultima versione della multipiattaforma. L'utente, attraverso la cartografia storica, può approfondire la viabilità antica e le sue persistenze, l'idrografia, i borghi, i centri storici e confrontarli con lo stato attuale grazie alla cartografia digitale, alle riprese aereofotogrammetriche e ai videoclip sul sito realizzati dalla Polizia di Stato e dai programmatori del Sistema Informativo del Comune di Prato.

Una elaborazione interessante della documentazione cartografica e testuale contenuta in alcuni fondi conservati presso l'Archivio di Stato di Firenze, l'Archivio storico del Comune di Firenze e gli Archivi Nazionali di Parigi è la mappa interattiva, realizzata nel 2021 da Giuseppina Carla Romby, in cui sono ripercorsi i cambiamenti urbanistici a Firenze nel periodo napoleonico; nello specifico, gli interventi ur-

[3] Nel 2016 Castore è stato implementato con il progetto ReToRe (Repertorio Toponomastico Regionale) grazie ad un accordo tra la Regione Toscana, il Mibac (oggi MIC) ed il Centro Interuniversitario di Scienze del Territorio. ReToRe raccoglie la toponomastica da Carta Tecnica Regionale, cartografia IGM, catasto attuale e Castore.

bani progettati all'interno del circuito murario e i progetti di riconversione a destinazioni d'uso civile dei conventi soppressi (Romby, 2022). La mappa interattiva è una ricostruzione virtuale, come scrive l'autrice, della Firenze sognata da Napoleone; essa consente di richiamare in un unico *database* contenuti multimediali, modelli navigabili di porzioni urbane oggetto di intervento e l'intero complesso delle fonti testuali e dei disegni.

4. Il Piano Nazionale di Digitalizzazione dei Catasti ottocenteschi e novecenteschi

Rispetto ai sopra descritti archivi digitali, che sono formalmente progetti conclusi anche se implementabili, è attualmente in corso di realizzazione presso l'Archivio di Stato di Firenze e gli altri archivi dei capoluoghi di regione il più consistente e complesso progetto di digitalizzazione su territorio nazionale della documentazione catastale ottocentesca e novecentesca.

Nel 2021 la Direzione Generale Archivi comunicava agli Archivi di Stato un importante stanziamento di risorse, che avrebbe permesso di procedere, in modo massivo, alla digitalizzazione della documentazione catastale conservata presso gli Archivi di Stato. In una prima fase, la digitalizzazione avrebbe interessato i fondi catastali moderni, in particolare quelli dotati di rappresentazioni grafiche del territorio.

Con il Decreto direttoriale MIC n. 12 del 30 giugno 2022 è stato approvato dalla *Digital Library* del Ministero della Cultura il *Piano nazionale di digitalizzazione del patrimonio culturale 2022-2023* (PND). Il Piano costituisce una fase rilevante del Piano nazionale di ripresa in resilienza (PNRR), Missione 1, Componente 3, Investimento 1.1 "Strategie e piattaforme digitali del patrimonio culturale". Come dichiarato sul sito della *Digital Library*, il PND è articolato in tre sezioni: 1) gli obiettivi a lungo termine della trasformazione digitale, 2) le strategie da adottare per il conseguimento degli obiettivi, 3) le linee guida, quali strumenti operativi che supportano la pianificazione e l'esecuzione delle attività legate alla trasformazione digitale del patrimonio culturale. In particolare, le cinque linee guida sono

fondamentali per comprendere appieno le metodologie e le procedure di digitalizzazione[4].

La *Digital Library* ha inoltre rilasciato ai fornitori ad agosto 2025 l'ultima versione (1.2) del Manuale di Metadatazione e l'ultima versione (1.2) del Manuale di descrizione archivistica. È stata altresì creata una specifica piattaforma (D.PaC) per la gestione dei cantieri di digitalizzazione, vale a dire per la validazione della pianificazione e del collaudo, per la descrizione delle unità archivistiche e documentali e per il caricamento delle immagini sulla piattaforma. Il tracciato descrittivo in D.PaC è conforme a quello di MetaFAD, una piattaforma open source per la descrizione e la fruizione integrata dei beni culturali su cui attualmente poggia "Archivio Digitale" ICAR (Istituto Centrale per gli Archivi)[5], realizzato per la consultazione on line dei fondi archivistici digitalizzati dei vari Archivi di Stato[6].

D.PaC è quindi la piattaforma impiegata per la gestione dei cantieri di digitalizzazione su territorio nazionale, mentre la conservazione, gestione e valorizzazione del patrimonio culturale digitale del Paese poggia su I.PaC: uno spazio dati, sviluppato in conformità con le principali strategie nazionali ed europee. I.PaC è un sistema di servizi basati su tecnologie avanzate orientate al *cloud*; come dichiarato dalla stessa *Digital Library:* «l'infrastruttura è destinata a rappresentare il primo spazio dati nazionale della cultura in grado di ospitare in sicurezza tutto il patrimonio digitale del Paese, consentendo agli enti che vi cooperano flessibilità nel modello di adesione e totale autonomia nelle proprie scelte progettuali»[7].

Detto ciò, è opportuno entrare più nello specifico del PND per l'Archivio di Stato di Firenze, rimandando al sito della *Digital Library* per ulteriori approfondimenti circa l'organizzazione e gestione del piano e le specifiche tecniche.

[4] Digital Library, linee guida: https://digitallibrary.cultura.gov.it/linee-guida/.

[5] Archivio Digitale ICAR: https://archiviodigitale-icar.cultura.gov.it/.

[6] Per l'Archivio di Stato di Firenze è possibile consultare on line il fondo "Diplomatico" e, da aprile 2024, numerose filze del "Catasto del 1427".

[7] https://www.forumpa.it/temi-verticali/cultura-turismo/digital-library-e-pnrr-strategie-e-piattaforme-digitali-per-la-cultura/.

Il progetto proposto dall'Istituto[8], ed accolto dalla Direzione Generale Archivi, interessa le serie archivistiche denominate Campioni, Supplementi, Tavole Indicative Suppletive, Matricole, atti grafici: cartoncini della città di Firenze, dei comuni della città metropolitana di Firenze, della città di Prato e dei comuni della provincia di Prato del fondo denominato "Catasto Generale Toscano" (1832-1960), le mappe del fondo "Catasto Generale Toscano Mappe" (1811-1940), i 'Lucidi' e le stime dei fabbricati del fondo "Deputazione sopra il Catasto" (1810-1834), l'Indice dei Possidenti della Toscana del fondo "Commissione per l'ultimazione del Catasto", (1835-1839) e le serie archivistiche denominate Partitari e Matricole dei possessori degli Atti del Catasto Fabbricati degli Uffici distrettuali di Firenze, Empoli, Borgo San Lorenzo (1871-1966 circa). Fanno invece parte del recupero del pregresso digitalizzato – per un totale di 63.500 immagini – le mappe (lucidi, originali, atlanti, aggiornamenti di mappa) e le Tavole Indicative di tutti i comuni sopra detti, gli atti grafici cartoncini del centro storico di Firenze (sezioni A-F) del fondo "Catasto Generale Toscano", i registri delle Stime dei fabbricati del centro storico di Firenze (sezioni A-F anni 1822-1824) facenti parte del fondo "Deputazione sopra il Catasto", i Prontuari di Mappa del Catasto Fabbricati di Firenze. Il target di risorse digitali *ex novo* assegnato all'Archivio di Stato di Firenze è di 1.317.241.

5. La dimensione archivistica nei processi di dematerializzazione

In queste e altre campagne di digitalizzazione che ruolo svolge la dimensione archivistica?
È possibile affermare che "sul campo" si osservano molteplici *modi operandi* relativi alle due dimensioni digitale e archivistica: da un lato

[8] Il progetto per il fondo "Catasto Generale Toscano", "Catasto Generale Toscano Mappe", "Deputazione sopra il Catasto", "Commissione per l'Ultimazione del Catasto", è stato redatto da Silvia Sinibaldi, per un totale di circa 2.580 registri corrispondenti a oltre 771.700 immagini digitali, cui si aggiunge la digitalizzazione di oltre 31.300 atti grafici: cartoncini ed il recupero delle digitalizzazioni pregresse il cui totale ammonta a 63.500 immagini; il progetto per gli Atti del Catasto Fabbricati degli Uffici distrettuali delle Imposte Dirette di Firenze, Borgo San Lorenzo e Empoli è stato redatto da Francesca Roggi per un totale di circa 1.811 registri e di oltre 452.000 immagini.

incontriamo progetti di digitalizzazione in cui l'archivista è importante per il progetto soltanto come conservatore dei documenti cartacei e poco più[9], dall'altro si collocano progetti che assegnano all'archivista un ruolo chiave per la selezione dei documenti da digitalizzare, la metadatazione, la descrizione archivistica, la costruzione dell'articolazione del fondo e delle serie nell'archivio digitale, ecc.

Una cosa è certa: la maggioranza degli archivi digitali sul web non è quasi mai l'esatta copia dei corrispondenti archivi cartacei, ma costituisce soltanto una selezione della documentazione archivistica presente nei fondi. Un esempio per tutti, nello stesso Piano Nazionale di Digitalizzazione dei catasti ottocenteschi non sono stati inclusi nel progetto di digitalizzazione le serie degli Arroti di Voltura e Giustificazioni di Voltura, gli Arroti di Conservazione, gli Stati dei Cambiamenti, i Tipi di Frazionamento, tutte le Volture del Catasto Fabbricati, ecc. È impensabile digitalizzare interamente fondi archivistici così consistenti e complessi, ma, così facendo, si restituisce di essi un'immagine alterata, si rompe il vincolo archivistico – logico e necessario – tra le carte, si interrompe quel fitto dialogo tra i documenti tipico delle fonti catastali: alcune relazioni vengono preservate e valorizzate nei documenti digitali, altre restano allo stato analogico. Si tratta di un'osservazione elementare, cui si potrebbe obiettare che un archivio digitale e l'Intelligenza Artificiale consentono di evidenziare nessi tra documenti apparentemente non rilevabili o di effettuare rilevazioni massive, ad esempio di toponimi, cognomi, ecc., ma il piano del discorso è in questa sede diverso.

La digitalizzazione agisce in maniera ancora più incisiva sui documenti cartografici: si digitalizzano piante, mappe, cabrei, senza considerare che ognuno di essi è strettamente collegato a documentazione testuale che spiega i motivi e le cause del rilevamento, i criteri di misurazione, i punti fiduciali, ecc.

Al tale proposito è illuminante trattare dei progetti di dematerializzazione delle "Piante dei Capitani di Parte Guelfa, Popoli e Strade", le quali compaiono in numerosi siti web:

[9] A titolo esemplificativo si segnala che sul web sono presenti "archivi digitali" in cui, a corredo del documento digitalizzato, è indicato soltanto l'Istituto di conservazione, senza alcun riferimento al fondo archivistico di appartenenza e alla segnatura dell'originale cartaceo.

Figura 1 – Piante dei Capitani di Parte Guelfa, Popoli e Strade, tomo 121 II, c. 472 (San Piero a Figline di Prato).

Nel processo di dematerializzazione la pianta viene digitalizzata perché rappresentativa del territorio, della viabilità, dei corsi d'acqua al 1580, ma nell'archivio cartaceo essa è strettamente collegata ad altra

fonte di tipo testuale, che descrive il rilevamento, i punti di riferimento per le misurazioni.

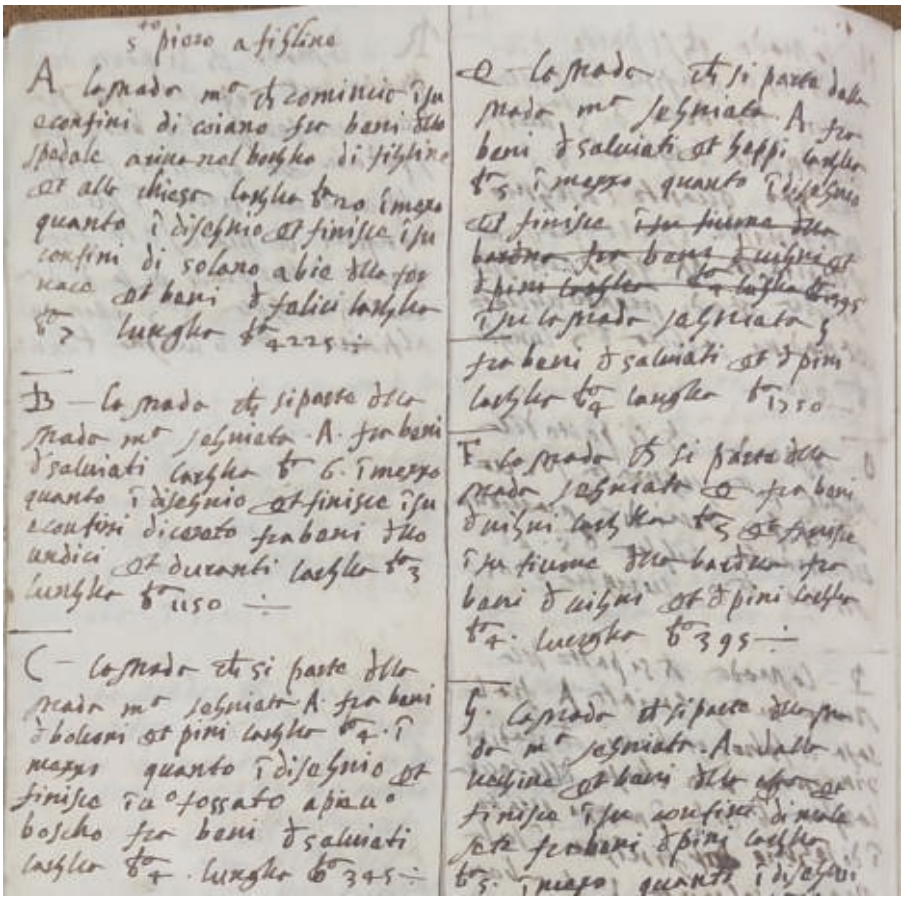
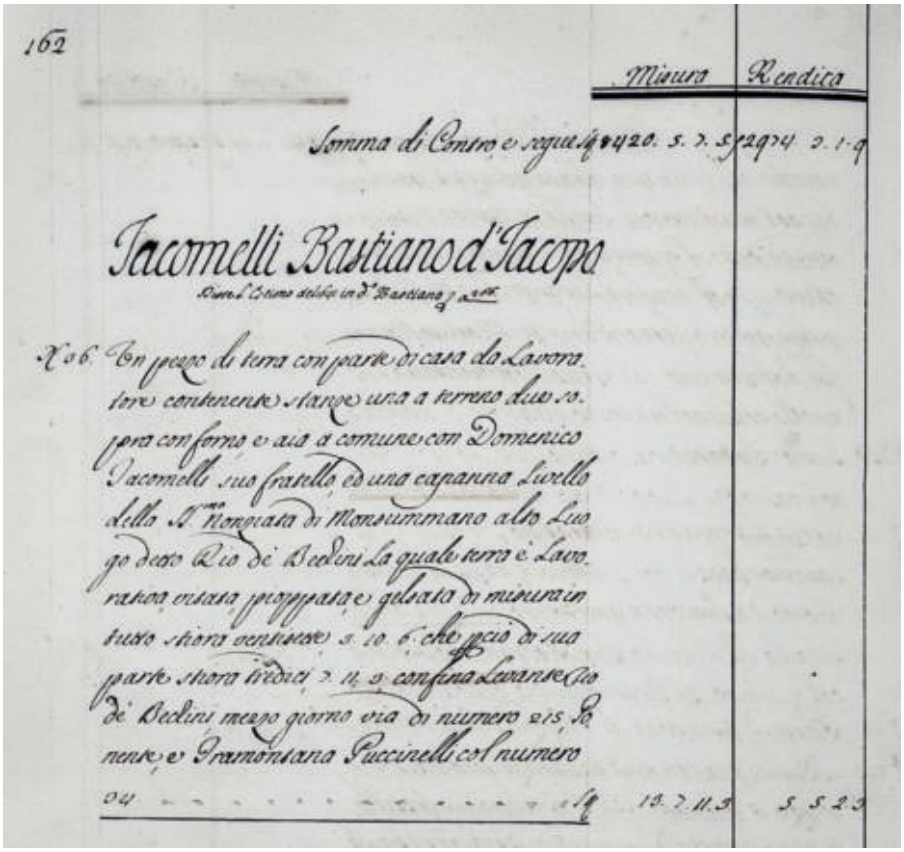


Figura 2 – Piante dei Capitani di Parte Guelfa, Popoli e Strade, tomo 117, c. 145 v. – 146 r. (San Piero a Figline di Prato).

La fonte testuale non è quasi mai inclusa in un progetto di digitalizzazione di fondi cartografici: il documento testuale resta cartaceo e nell'archivio digitale si spezza quel vincolo tra le carte tipico della dimensione archivistica. Il documento cartografico subisce una sorta di "sottrazione" di significato nella sua versione digitale perché viene privato della sua controparte testuale.

Questo esempio è uno dei più evidenti per riflettere sulla dimensione archivistica dei progetti di dematerializzazione, ma potremmo

trovarne molti altri: tra il 1779 ed il 1783 i Capitani di Parte Guelfa realizzarono le piante di Monsummano e Montevettolini (Cancelleria di Montecatini), primo esempio di catasto geometrico-particellare all'epoca di Pietro Leopoldo (Onishi, 2017). Anche in questo caso la dematerializzazione trasforma in oggetto digitale le suddette piante e non tiene conto del fatto che questa fonte costituisce la rappresentazione cartografica di quanto descritto nei Campioni delle Decime Granducali (numero della particella, possessore, confini, misura e rendita del fabbricato o terreno). La fonte testuale, ossia il Campione della Decima, resta in formato analogico e viene estromessa dall'archivio digitale:


162

Misura | Rendita

Somma di Contro e segue sq 8420. 5. 7. 5 | 2974 2. 1. 9

Iacomelli Bastiano d'Iacopo

Diede l'Estimo del Sig. in d.° Bastiano

N.° 36. Un pezzo di terra con parte di casa da Lavoratore contenente stanze una a terreno due sopra con forno e aia a comune con Domenico Iacomelli suo fratello ed una capanna Livello della S.ma Nonziata di Monsummano alto Luogo detto Rio de' Bechini La quale terra è Lavorativa vitata pioppata e gelsata di misura in tutto stiora ventisette 5. 10. 6. che per ciò di sua parte stiora tredici 7. 11. 3. confina Levante Rio de' Bechini mezzo giorno via di numero 215. Ponente e Tramontana Puccinelli col numero 34 . . . . . sq 13. 7. 11. 3 | 5. 5. 2. 3

Figura 3 – Decima Granducale n. 8035 dell'anno 1780 (Catasto del Popolo di S. Niccolao e Santa Maria della Fonte Nuova di Monsummano in Valdinievole): la particella catastale è la n. 36 in pianta.

Figura 4 – Piante dei Capitani di Parte Guelfa, Cartone n. 31 (anno 1779-1783 catasto di Monsummano), particolare con la particella n. 36.

L'importanza di conservare e tramandare ai posteri il legame esistente tra le fonti cartografiche e quelle testuali si legge altresì in modo mirabile nell'*Indice delle piante esistenti nello Scrittoio delle RR. Possessioni fatto nell'anno 1790* di Carlo Petrai e Giovanni Frittelli:

> Coerentemente ad una memoria presentata da noi infrascritti all'Ill. mo sig. Giuliano Leonetti, direttore di questo Reale Scrittoio delle Possessioni e dal medesimo approvata con sua deliberazione dei 29 agosto 1789, fu proceduto ad una migliore disposizione delle moltissime piante che esistono nell'archivio di detto Reale Scrittoio e di poi alla compilazione del presente Indice per l'effetto di ritrovarle con facilità, il tutto già precedentemente ordinato e adesso ridotto al suo termine. [...] Nel primo margine dell'Indice ove è la descrizione della Pianta, si è notato l'anno in cui fu fatta, quando vi si è trovato espresso, e nel secondo margine il Tomo e la pagina o respettivamente il numero che ha sul dorso la pianta se è situata negli armadi; *ed inoltre (quando si è potuto rintracciare) vi si è anche notata la Filza ove esiste il negozio relativo alla Pianta medesima.* Nel descrivere le Carte nelle loro respettive Classi abbiamo procurato (per quanto è stato possibile) di porre prima le più generali e di poi le parziali, e più prossime l'una all'altra quelle che hanno fra loro

relazione senza curare scrupolosamente la loro Epoca mentre la maggior parte, specialmente le più antiche ne sono del tutto mancanti. Che è quanto. Dallo Scrittoio delle RR. Possessioni Li 5 agosto 1790 Cav. Carlo Petrai, Cav. Giovanni Frittelli (Petrai e Frittelli, 1790).

6. Conclusioni

Che lezione trarre dagli esempi sopra citati? Non è questa la sede per avanzare una riflessione approfondita sull'archivio digitale come "creatura di laboratorio", secondo una efficace definizione di Federico Valacchi (2024). Negare l'importanza e l'esistenza degli archivi digitali – per il solo fatto che sono creature di laboratorio prive in parte di quei nessi archivistici tra le carte dell'archivio cartaceo – sarebbe epistemologicamente scorretto. È necessario affrontare il problema e porsi nell'ottica, come scrive sempre Valacchi, di «una progettualità archivistica al servizio di una dematerializzazione critica e affidabile» (*ibidem*).

La parola chiave è proprio quella di *dematerializzazione critica*: se l'utente esperto (uno storico, un cartografo, un abituale frequentatore di archivi, ecc.) è in grado di comprendere che l'archivio digitale e le sue relazioni tra le unità dematerializzate sono soltanto una selezione di quanto esiste in un archivio cartaceo, che le carte hanno subito un processo selettivo di digitalizzazione, l'utente medio, con poca familiarità degli istituti archivistici, non arriva a comprendere che l'archivio digitale non è la copia dell'archivio cartaceo. Soprattutto, egli non intuisce che al di là di quello specifico oggetto digitale, che ha conquistato la sua attenzione, esiste molto altro: ci sono documenti non digitalizzati che potrebbero aiutarlo ad approfondire la sua ricerca ed a capire qualcosa in più di quell'immagine fluttuante sul web.

Questo dovrebbe essere l'impegno degli esperti del settore: portare avanti progetti di digitalizzazione e creazione di archivi digitali capaci di sviluppare nell'utente una sorta di pensiero critico alla dematerializzazione. Il documento archivistico digitalizzato dovrebbe servire da veicolo per condurre l'utente negli istituti archivistici e non per esaurire in un sol colpo la sua curiosità: la pianta dei Capitani di Parte Guelfa è collegata ad una filza, questa è l'informazione che deve essere evidenziata in un progetto di dematerializzazione critica, ossia che

i confini e i nessi di un archivio sono assai più ampi e diversi da quelli che l'utente percepisce esclusivamente sul web.

Riferimenti bibliografici

Ministero della Cultura. Istituto centrale per la digitalizzazione del patrimonio culturale – Digital Library (2022), *Piano nazionale di digitalizzazione del patrimonio culturale: Linee Guida*, versione 1.0, https://digitallibrary.cultura.gov.it/linee-guida/.

Onishi, K. (2017), *Il progetto di Catasto Generale nella Toscana del Settecento*, Ed. di Storia e Letteratura, Roma.

Petrai, C. e Frittelli, G. (1790), *Indice delle piante esistenti nello Scrittoio delle RR. Possessioni fatto nell'anno 1790*, dallo Scrittoio delle Regie Possessioni, Firenze, https://archiviodistatofirenze.cultura.gov.it/asfi/fileadmin/risorse/allegati_inventari_on_line/n153_inventario.pdf.

Piccardi, M. (2011, a cura di), *I segni del territorio*, Comune di Prato. https://segnidelterritorio.comune.prato.it/.

Rombai, L., Toccafondi, D., Vivoli, C. (1987, a cura di), *I fondi cartografici dell'Archivio di Stato di Firenze. I-Miscellanea di Piante*, in «Documenti geocartografici nelle biblioteche e negli archivi privati e pubblici della Toscana 2», Catalogazione di cimeli geocartografici III, Leo S. Olschki ed., Firenze.

Romby, G.C. (2022), *Firenze la città sognata*, *Archivissima. La notte degli Archivi, Comune di Firenze e Archivio Storico del Comune di Firenze*, https://www.archivissima.it/2022/oggetti/2398-firenze-la-citta-sognata%E2%80%8B.

Valacchi, F. (2024), *L'archivio come strumento di cittadinanza consapevole*, in «Digeat», https://digeat.info/articolo-rivista/digeat32024-valacchi/.

I navigatori satellitari e la concentrazione di traffico nelle nostre città

Luca Pappalardo

1. Introduzione

Il comportamento emergente nei sistemi complessi può generare problemi sociali a causa di effetti collettivi: scelte che sono "ottimali" a livello individuale possono produrre risultati indesiderati quando si influenzano reciprocamente. L'avvento dei sistemi ibridi umano-IA, in cui gli esseri umani interagiscono con diverse forme di Intelligenza Artificiale (IA) come assistenti virtuali e sistemi di raccomandazione, amplifica la possibilità di comportamenti sociali su larga scala con conseguenze non intenzionali (Pedreschi *et al.*, 2025; Pappalardo *et al.*, 2024; Pappalardo *et al.*, 2023).

Un esempio emblematico è rappresentato dai navigatori satellitari, che suggeriscono percorsi efficaci dal punto di vista individuale, ma che possono generare caos quando troppi conducenti vengono indirizzati lungo la stessa strada (Cornacchia *et al.*, 2022; Macfarlane, 2019a; Macfarlane, 2019b). Nel 2017, navigatori come Google Maps, Waze e Apple Maps hanno deviato il traffico da un'autostrada congestionata verso le strette e ripide strade di Leonia, una piccola città del New Jersey, causando ingorghi così gravi che i residenti non riuscivano nemmeno a uscire dai propri vialetti di casa (Macfarlane, 2019a; Foderaro, 2017; Kulynych *et al.*, 2020). Sette anni dopo, nell'ottobre 2024, un evento simile si è verificato in Trentino-Alto Adige: molti viaggiatori, seguendo i suggerimenti di Google Maps per evitare code autostradali, si sono trovati bloccati in lunghi ingorghi attraverso i villaggi locali (RaiNews, 2024). Questi non sono casi isolati. Un numero crescente di città in tutto il mondo sta affrontando problemi di traffico locale dovuti ai navigatori satellitari, che, pur essendo progettati per aiutare gli utenti, finiscono per aggravare la congestione in certe aree (Schade *et al.*, 2024).

Oltre agli aneddoti, le ricerche preliminari suggeriscono un impatto ambiguo di queste applicazioni sull'ambiente urbano. Da un lato, i navigatori satellitari possono contribuire a ridurre le emissioni di anidride carbonica grazie a percorsi più efficienti; dall'altro, possono aumentare l'esposizione delle persone all'inquinamento in aree densamente popolate (Pedreschi *et al.*, 2025; Pappalardo *et al.*, 2024; Pappalardo *et al.*, 2023). Gli studi finora condotti sono frammentati e offrono risultati spesso contradditori, dipingendo un quadro incompleto e poco chiaro dell'impatto dei servizi di navigazione.

I navigatori satellitari sono progettati per ottimizzare il tempo di viaggio del singolo conducente, tenendo conto delle condizioni del traffico in tempo reale. Tuttavia, raramente considerano gli effetti collettivi delle loro raccomandazioni, come l'aggravamento della congestione e l'aumento dell'inquinamento. Vi è un ampio margine per migliorare la comprensione dell'effetto delle scelte individuali di percorso sull'ambiente urbano e per progettare soluzioni che tengano conto delle dinamiche collettive.

2. Impatto sulla congestione e le emissioni urbane

La congestione del traffico, caratterizzata da rallentamenti, lunghi tempi di percorrenza e un aumento delle emissioni, è spesso il risultato di una mancata coordinazione tra gli automobilisti, accentuata dalle raccomandazioni fornite dai servizi di navigazione. Questi strumenti, pur utili per ottimizzare il viaggio individuale, possono causare ingorghi quando lo stesso percorso viene suggerito a un gran numero di conducenti.

Valutare l'impatto ambientale e sociale dei navigatori satellitari è tuttavia complesso. Gli esperimenti sul campo richiedono risorse significative in termini di costi e tempi, e la possibilità di analizzare scenari multipli con condizioni iniziali identiche è limitata. Un'alternativa efficace è l'uso di simulatori di traffico, che permettono di condurre esperimenti a costi ridotti e con maggiore controllo sulle variabili.

Ad esempio, Arora *et al.* (2021) hanno simulato l'effetto di Google Maps a Salt Lake City, evidenziando riduzioni medie del 6,5% nei tempi di viaggio e dell'1,7% nelle emissioni di CO2 per gli utenti che seguono

le raccomandazioni. Gli utenti i cui percorsi sono stati modificati dalla piattaforma hanno ottenuto benefici ancora maggiori, con riduzioni del 12,5% nei tempi di viaggio e del 3,4% nelle emissioni di CO2.

Valdés Serrano *et al.* (2016) hanno studiato l'impatto dell'eco-routing a Madrid, mostrando che tale approccio riduce il consumo di carburante e le emissioni di CO2, soprattutto in condizioni di traffico molto basso o molto alto. Tuttavia, con traffico moderato, i benefici risultano meno significativi. Perez-Prada *et al.* (2017) hanno approfondito l'analisi, dimostrando che una larga adozione dell'eco-routing può ridurre le emissioni di CO2 e NOx rispettivamente del 10% e del 13% in condizioni di congestione. Tuttavia, questi vantaggi comportano costi: l'esposizione della popolazione al NOx aumenta del 20%, i tempi di viaggio crescono del 28% e la concentrazione di traffico nei centri urbani sale del 16%, nonostante una riduzione complessiva del 13% del volume di traffico nell'area.

Thai *et al.* (2016) hanno modellato i servizi di navigazione come un gioco di routing eterogeneo, distinguendo tra utenti influenzati e non influenzati dai suggerimenti. Le loro simulazioni a Los Angeles mostrano che i servizi di navigazione riducono i tempi di viaggio medi e il numero totale di miglia percorse, ma aggravano la congestione nei centri urbani, sottolineando la necessità di bilanciare l'efficienza con una distribuzione equa del traffico.

Ahn e Rakha (2013), analizzando l'eco-routing dinamico a Cleveland e Columbus, hanno scoperto che questo approccio riduce costantemente il consumo di carburante e le emissioni rispetto ai metodi tradizionali. Tuttavia, non sempre i tempi di viaggio risultano più brevi, indicando un compromesso tra benefici ambientali e convenienza per l'utente.

Johnson *et al.* (2017) hanno esplorato l'impatto di diversi criteri di routing, come estetica, sicurezza e semplicità, su città come San Francisco, New York, Londra e Manila. Il routing paesaggistico, ottimizzato per percorsi esteticamente piacevoli, aumenta la complessità dei tragitti e può spostare il traffico verso aree più lente e turistiche, incrementando i rischi di incidenti. Il routing basato sulla sicurezza evita le zone a rischio ma rende i percorsi più complessi, mentre il routing semplice privilegia autostrade e percorsi diretti, bilanciando efficienza e accessibilità.

Infine, Barth *et al.* (2007) hanno sviluppato un metodo di navigazione ottimizzato per energia ed emissioni, integrando modelli energetici avanzati con algoritmi di ottimizzazione dei percorsi. Applicato nel sud della California, questo approccio ha dimostrato una significativa riduzione del consumo energetico e delle emissioni rispetto ai metodi tradizionali basati su distanza o tempo di viaggio.

3. Una simulazione a Milano

Per comprendere meglio l'impatto dei navigatori satellitari sull'ambiente urbano, il mio gruppo di ricerca ha sviluppato una simulazione che analizza le emissioni di CO2 e la loro distribuzione sulla rete stradale (Cornacchia *et al.*, 2022). Per misurare l'ineguaglianza nella distribuzione delle emissioni tra i segmenti stradali, abbiamo utilizzato l'indice di Gini, calcolato come il rapporto tra l'area compresa tra la linea di perfetta uguaglianza e la curva effettiva delle emissioni, e l'area totale sotto la linea di perfetta uguaglianza. Un valore di Gini pari a zero indica una distribuzione perfettamente equa, mentre un valore pari a uno segnala la massima disuguaglianza (Sitthiyot e Holasut, 2020).

Abbiamo impiegato il simulatore di traffico SUMO (Lopez *et al.*, 2018) per realizzare simulazioni realistiche basate su dati reali, esplorando scenari differenti per condurre analisi "what-if" e controfattuali. Le simulazioni hanno considerato sia OpenStreetMap (OSM), un servizio di navigazione open-source, sia TomTom (TT), una piattaforma commerciale. Nella simulazione, i veicoli che non utilizzano un sistema di navigazione seguono una deviazione casuale rispetto al percorso più veloce, per imitare l'imperfezione e la non razionalità tipica dei conducenti umani (Seele *et al.*, 2012). Questo approccio riflette situazioni reali, in cui i guidatori possono distrarsi o non possedere informazioni complete sul traffico. Nei nostri esperimenti condotti a Milano, abbiamo variato la percentuale di veicoli assistiti dai navigatori satellitari (R-guidati, cioè veicoli che seguono le indicazioni di un'app di navigazione) rispetto alla flotta cittadina stimata in 15.000 veicoli. L'obiettivo era valutare l'impatto di questa percentuale sull'ambiente urbano.

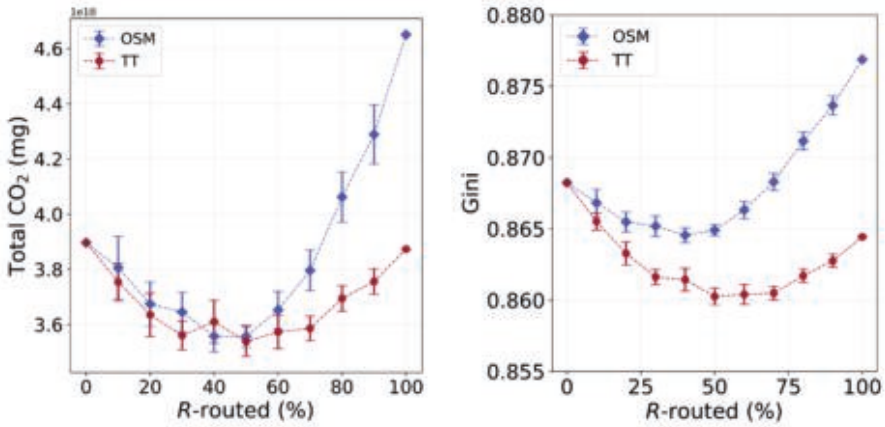


Figura 1 – Indice di Gini della distribuzione di CO2 (a) e totale delle emissioni di CO2 (b) al variare della percentuale di veicoli R-guidati per OpenStreetMap (rombi blu) e TomTom (cerchi rossi). Nei grafici a barre d'errore, i punti indicano il valore medio del totale di CO2 (a) e dell'indice di Gini (b) su dieci simulazioni con diverse scelte di veicoli R-guidati selezionati in modo uniforme casuale. Le barre verticali indicano la deviazione standard. Figura tratta da Cornacchia *et al.*, 2022.

I risultati mostrano che le emissioni di CO2 si distribuiscono in modo eterogeneo: alcune strade risultano altamente inquinate, mentre altre presentano emissioni significativamente più basse. Questo quadro conferma studi precedenti basati su tracce GPS di veicoli reali (Böhm *et al.*, 2022). Gli scenari estremi, in cui tutti o nessun veicolo segue le indicazioni dei navigazioni satellitari, generano le emissioni di CO2 più elevate e la maggiore disuguaglianza nella distribuzione. Al contrario, quando circa il 50% dei veicoli utilizza i servizi di navigazione, l'impatto complessivo è minimizzato (figura 1). Questi risultati suggeriscono che i navigatori satellitari offrono benefici fino a una certa soglia di utilizzo, superata la quale il loro impatto ambientale diventa significativo.

Un risultato controintuitivo emerso dalle simulazioni è che, se tutti i veicoli seguono ciecamente le indicazioni dei navigatori, ottimizzate individualmente, il traffico complessivo subisce un disagio maggiore. Tuttavia, quando solo metà dei veicoli segue tali indicazioni, si ottiene una maggiore diversificazione dei percorsi, con una conseguente redistribuzione più efficiente del traffico sulla rete stradale.

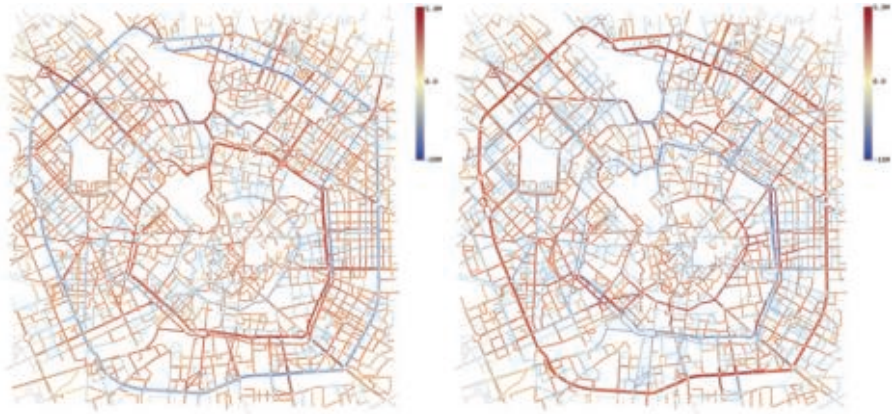


Figura 2 – Differenza nel totale di CO2 emessa su ogni strada (in mg per metro di strada) nei seguenti casi: (a) nessun veicolo è guidato tramite OSM e il 50% lo è; (b) tutti i veicoli sono guidati tramite OSM e il 50% lo è. Le strade in rosso indicano una differenza positiva; quelle in blu indicano una differenza negativa.

La percentuale di veicoli R-guidati influisce sulla distribuzione spaziale delle emissioni in città. Confrontando scenari con il 0%, il 50% e il 100% di veicoli R-guidati, emergono le zone critiche verso cui i veicoli vengono indirizzati. A Milano, all'aumentare del numero di veicoli R-guidati, le emissioni tendono a concentrarsi meno nel centro e maggiormente lungo la tangenziale esterna. Questo fenomeno può essere attribuito al fatto che i navigatori satellitari privilegiano le arterie principali, come la tangenziale, per garantire percorsi più rapidi.

La figura 2a illustra la differenza nelle emissioni stradali tra uno scenario in cui nessun veicolo utilizza OSM e uno in cui il 50% dei veicoli lo fa. Analogamente, la Figura 2b mostra la differenza normalizzata nelle emissioni quando il 100% dei veicoli è guidato da OSM. Questi risultati evidenziano come la percentuale di veicoli R-guidati possa alterare significativamente la distribuzione delle emissioni in una città.

4. Il ruolo della casualità

L'introduzione di una componente casuale nella generazione e nel suggerimento dei percorsi rappresenta una strategia promettente per evitare sia la concentrazione su percorsi ottimali, sia il rischio di incorre-

re nel paradosso di Braess (Braess *et al.*, 2005). Introducendo casualità, il navigatore evita di proporre lo stesso percorso a tutti gli utenti diretti dallo stesso punto A allo stesso punto B (evitando così la congestione su una singola strada) e offre invece percorsi leggermente differenti. Questo approccio consente di distribuire il traffico in modo più uniforme sulla rete stradale, riducendo la congestione e il rischio che molteplici servizi di navigazione identifichino lo stesso percorso come "ottimale".

Abbiamo sviluppato percorsi casualizzati applicando diversi gradi di casualità, regolati da un parametro, che modifica i pesi degli archi stradali, in particolare i tempi di viaggio, con un fattore casuale estratto uniformemente dall'intervallo. Questa distorsione viene effettuata ogni volta che calcoliamo il percorso più veloce per un veicolo, consentendo a due veicoli con la stessa origine e destinazione di ricevere percorsi "più veloci" distinti ma casualizzati.

Nel nostro esperimento, abbiamo variato la percentuale di veicoli R-guidati (quelli che seguono le raccomandazioni del navigatore), mentre i veicoli non R-guidati seguivano percorsi casualizzati basati sul fattore di randomizzazione. I risultati mostrano che l'introduzione di percorsi perturbati è vantaggiosa: più forte è la componente casuale, più brevi sono i tempi di percorrenza e minori le emissioni complessive in città (Cornacchia *et al.*, 2023). I percorsi perturbati si distribuiscono su un numero maggiore di strade, riducendo così la congestione e, di conseguenza, sia la quantità complessiva di emissioni che la loro disuguaglianza, così come i tempi di percorrenza.

Tuttavia, questi benefici dipendono dal livello di traffico nella rete stradale. Quando la congestione è bassa, seguire le indicazioni di un servizio di navigazione rappresenta spesso la scelta ottimale. Al contrario, in condizioni di alta congestione, strategie di randomizzazione diventano essenziali per redistribuire il traffico in maniera più efficace su tutta la rete, alleviando così la pressione sulle arterie principali.

Sebbene i nostri esperimenti si basino su una distinzione binaria tra veicoli guidati e non guidati, la realtà è più complessa. Molteplici servizi di navigazione coesistono, ciascuno con le proprie euristiche e rappresentazioni della realtà urbana, contribuendo con una propria "impronta ambientale" sulla città. Ad esempio, l'impronta di TomTom risulta più leggera rispetto a quella di OSM (figura 1), suggerendo che l'algoritmo di routing di TomTom raccomanda percorsi con un minore impatto

negativo sul benessere urbano rispetto a OSM. Questa coesistenza di sistemi sottolinea l'importanza di progettare algoritmi che tengano conto non solo del comportamento degli utenti, ma anche dell'impatto collettivo delle loro raccomandazioni e di quelle generate da altri navigatori.

Questi risultati evidenziano la necessità di sviluppare algoritmi capaci di bilanciare i bisogni individuali con le dimensioni sociali e collettive. In particolare, ciò richiede un passaggio da un paradigma centrato sull'individuo a uno collaborativo e sociale, che consideri la struttura condivisa del sistema, le scelte degli utenti non razionali o assistiti dall'IA e il loro impatto sull'intera società.

Riferimenti bibliografici

Ahn, K. and Rakha, H.A. (2013), *Network-wide impacts of eco-routing strategies: a large-scale case study*, in «Transp. Res. Part D: Trans. Environ.», 25, pp. 119-130.

Arora, N., Cabannes, T., Ganapathy, S., Li, Y., McAfee, P., Nunkesser, M., Osorio, C., Tomkins, A. and Tsogsuren, I. (2021), *Quantifying the sustainability impact of Google Maps: a case study of Salt Lake City*, in «Physics and Society», *arXiv [physics.soc-ph]*.

Barth, M., Boriboonsomsin, K. and Vu, A. (2007), *Environmentally-Friendly Navigation*, in «2007 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference Bellevue, WA, USA, 2007», pp. 684-689, doi: 10.1109/itsc.2007.4357672.

Böhm, M., Nanni, M. and Pappalardo, L. (2022), *Gross polluters and vehicle emissions reduction*, in «Nature Sustainability», 5, pp. 699-707, doi: 10.1038/s41893-022-00903-x.

Braess, D., Nagurney, A. and Wakolbinger, T. (2005), *On a paradox of traffic planning*, in «Transp. Sci.», 39, pp. 446-450.

Cornacchia, G., Böhm, M., Mauro, G., Nanni, M., Pedreschi, D. and Pappalardo, L. (2022), *How routing strategies impact urban emissions*, in «SIGSPATIAL 2022: Proceedings of the 30th International Conference on Advances in Geographic Information Systems», 42, pp. 1-4.

Cornacchia, G., Nanni, M., Pedreschi, D. and Pappalardo, L. (2023), *The effects of route randomization on urban emissions*, in «SUMO Conference Proceedings», 4, pp. 75-87.

Foderaro, L.W. (2017), *Navigation apps are turning quiet neighborhoods into traffic nightmares*, in «The New York Times», https://www.nytimes.com/2017/12/24/nyregion/traffic-apps-gps-neighborhoods.html.

RaiNews (2024), *I sindaci dell'Alto Adige contro Google Maps: tutta colpa dei furbetti della coda*, https://www.rainews.it/articoli/2024/10/google-maps--contro-lautostrada-del-brennero-tutta-colpa-dei-furbetti-della-coda-f535e55b-f089-4cfa-ba34-cfac5f55bcfc.html.

Johnson, I., Henderson, J., Perry, C., Schöning, J. and Hecht, B. (2017), *Beautiful... but at what cost? An examination of externalities in geographic vehicle routing*, in «Proc. ACM Interact. Mob. Wearable Ubiquitous Technol.», 1, pp. 1-21.

Kulynych, B., Overdorf, R., Troncoso, C. and Gürses, S. (2020), *POTs: protective optimization technologies*, in «Proceedings of the 2020 Conference on Fairness, Accountability, and Transparency», pp. 177-188

Lopez, P.A., Behrisch, M., Bieker-Walz, L., Erdmann, J., Flötteröd, Y.P., Hilbrich, R., Lücken, L., Rummel, J., Wagner, P. and Wiessner, E. (2018), *Microscopic traffic simulation using SUMO*, in «2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)», pp. 2575-2582, doi: 10.1109/ITSC.2018.8569938.

Macfarlane, J. (2019a), *Your navigation app is making traffic unmanageable*, in «IEEE Spectrum», https://spectrum.ieee.org/your-navigation-app-is-making-traffic-unmanageable.

Macfarlane, J. (2019b), *When apps rule the road: the proliferation of navigation apps is causing traffic chaos. It's time to restore order*, in «IEEE Spectrum», vol. 56 (10), pp. 22-27, doi: 10.1109/MSPEC.2019.8847586.

Pappalardo, L., Ferragina, E., Citraro, S., Cornacchia, G., Nanni, M., Rossetti, G., Gezici, G., Giannotti, F., Lalli, M., Gambetta, D., Mauro, G., Morini, V., Pansanella, V. e Pedreschi, D. (2024), *A survey on the impact of AI-based recommenders on human behaviours: methodologies, outcomes and future directions*, in «arXiv:2407.01630».

Pappalardo, L., Manley, E., Sekara, V. and Alessandretti, L. (2023), *Future directions in human mobility science*, in «Nature Computational Science», pp. 1-13, doi: 10.1038/s43588-023-00469-4.

Pedreschi, D. Pappalardo, L., Ferragina, E., Baeza-Yates, R., Barabási, A.L., Dignum, F., Dignum, V., Eliassi-Rad, T., Giannotti, F., Kertész, J., Knott, A., Ioannidis, Y., Lukowicz, P., Passarella, A., Pentland, A.S., Shawe-Taylor, J. and Vespignani, A. (2025), *Human-AI coevolution*, in «Artificial Intelligence», 339, 104244, https://doi.org/10.1016/j.artint.2024.104244.

Perez-Prada, F., Monzon, A. and Valdes, C. (2017), *Managing traffic flows for cleaner cities: the role of Green Navigation systems*, in «Energies», 10(6), p. 791.

Schade, E., Savino, G.-L., Gunal, Y. and Schöning, J. (2024), *Traffic jam by GPS: a systematic analysis of the negative social externalities of large-scale navigation technologies*, in «PLoS One», 19 (8), e0308260, https://doi.org/10.1371/journal.pone.0308260.

Seele, S., Dettmar, T., Herpers, R., Bauckhage, C. and Becker, P. (2012), *Cognitive aspects of traffic simulations in virtual environments*, in «Simulation Notes Europe SNE», 22 (2), pp. 83-88, doi: 10.11128/sne.22.tn.10127.

Sitthiyot, T. and Holasut, K. (2020), *A simple method for measuring inequality*, in «Palgrave Commun», 6 (112), pp. 1-9, https://doi.org/10.1057/s41599-020-0484-6.

Thai, J., Laurent-Brouty, N. and Bayen, A.M. (2016), *Negative externalities of GPS-enabled routing applications: a game theoretical approach*, in «2016 IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)», Windsor Oceanico Hotel, Rio de Janeiro, Brazil, November 1-4, 2016, doi: 10.1109/itsc.2016.7795614.

Valdés Serrano, C., Perez Prada, F. and Monzón de Cáceres, A. (2016), *Eco-routing: more green drivers means more benefits?*, in «CIT2016 – XII Congreso de Ingeniería del Transporte», València, Universitat Politècnica de València, 2016, doi: 10.4995/cit2016.2016.3250.

Elenco degli autori e delle autrici

Camillo Berti, Dipartimento di Storia, Archeologia, Geografia, Arte e Spettacolo, Università degli Studi di Firenze, camillo.berti@unifi.it

Dario Bertocchi, Dipartimento di Lingue e Letterature, Comunicazione, Formazione e Società, Università degli Studi di Udine, dario.bertocchi@uniud.it

Giorgia Bressan, Dipartimento di Studi umanistici e del Patrimonio culturale, Università degli Studi di Udine, giorgia.bressan@uniud.it

Federica Burini, Dipartimento di Lingue, Letterature e Culture Straniere, Università degli Studi di Bergamo, federica.burini@unibg.it

Elena Dai Prà, Dipartimento di Lettere e Filosofia, Università degli Studi di Trento, elena.daipra@unitn.it

Alessandra Ghisalberti, Dipartimento di Lingue, Letterature e Culture Straniere, Università degli Studi di Bergamo, alessandra.ghisalberti@unibg.it

Massimiliano Grava, Dipartimento di Civiltà e Forme del Sapere, Università di Pisa, massimiliano.grava@unipi.it

Michela Lazzeroni, Dipartimento di Civiltà e Forme del Sapere, Università di Pisa, michela.lazzeroni@unipi.it

Paolo Macchia, Dipartimento di Civiltà e Forme del Sapere, Università di Pisa, paolo.macchia@unipi.it

Beniamino Murgante, Scuola di Ingegneria, Università degli Studi della Basilicata, beniamino.murgante@unibas.it

Luca Pappalardo, Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "Alessandro Faedo" ISTI-CNR, luca.pappalardo@isti.cnr.it

Sergio Pinna, Dipartimento di Civiltà e Forme del Sapere, Università di Pisa, sergio.pinna@unipi.it

Maria Rosaria Prisco, Direzione per le Statistiche ambientali e territoriali, Istituto Nazionale di Statistica, prisco@istat.it

Antonello Romano, Dipartimento di Civiltà e Forme del Sapere, Università di Pisa, antonello.romano@unipi.it

Lisa Scafa, Dipartimento di Studi Umanistici, Università degli Studi Roma Tre, lisa.scafa@uniroma2.it

Silvia Sinibaldi, Ministero della Cultura, Archivio di Stato di Firenze, silvia.sinibaldi@cultura.gov.it

Ilaria Tabarrani, Sistema Informativo e Pianificazione del Territorio, Regione Toscana, ilaria.tabarrani@regione.toscana.it

Paola Zamperlin, Dipartimento di Storia, Archeologia, Geografia, Arte e Spettacolo, Università degli Studi di Firenze, paola.zamperlin@unifi.it

Giovanna Zavettieri, Dipartimento di Storia, Patrimonio Culturale, Formazione e Società, Università degli Studi di Roma Tor Vergata, giovanna.zavettieri@uniroma2.it

Indice

Rappresentare e praticare la complessità attraverso le carte geografiche 5
Michela Lazzeroni

Parte prima. *La cartografia nel tempo: obiettivi e modelli*

1. La "Mediazione" Storico-Cartografica per il Governo della Complessità Territoriale 19
Elena Dai Prà
2. Dati geografici e *Geospatial Artificial Intelligence* nell'era della massificazione dell'intelligenza artificiale 37
Beniamino Murgante
3. La cartografia tematica fra passato e presente: alcuni esempi dal patrimonio della Cartoteca dell'Università di Pisa 67
Paolo Macchia
4. Ordine e Disordine. *Kosmos* e *Chaos* nei mondi rappresentati 91
Paola Zamperlin
5. Mapping digitali per la co-progettazione transcalare con le Comunità: un percorso di innovazione socio-territoriale e tecnologica 109
Federica Burini e Alessandra Ghisalberti
6. *Geospatial Data Visualization* e Intelligenza Artificiale: concetti, modelli e rivoluzioni spaziali 127
Antonello Romano

Parte seconda. *Casi di studio e ambiti di applicazione*

7. Historical GIS: strumenti per interpretare, rappresentare, pianificare il territorio 149
Camillo Berti e Massimiliano Grava

8. I GIS quale potente strumento a supporto della cartografia tematica: un esempio di carta a isoterme 171
Sergio Pinna e Massimiliano Grava

9. Un approccio *location intelligence* sui *Big Data* della mobilità 179
Dario Bertocchi

10. Un approccio cartografico allo studio della sicurezza energetica italiana 197
Giorgia Bressan

11. *Digital divide* e cartografia: il caso della Regione Lazio 215
Lisa Scafa e Giovanna Giulia Zavettieri

Parte terza. *La cartografia per l'analisi e la gestione del territorio*

12. Rappresentare la complessità attraverso i dati. Informazione geografica e statistica ufficiale al tempo dei *Big Data* e dell'Intelligenza Artificiale 237
Maria Rosaria Prisco

13. La Base Informativa Territoriale della Regione Toscana tra innovazione e tradizione 245
Ilaria Tabarrani

14. Archivi cartografici e catastali dell'Archivio di Stato di Firenze: la dimensione archivistica nei progetti di dematerializzazione 253
Silvia Sinibaldi

15. I navigatori satellitari e la concentrazione di traffico nelle nostre città 267
Luca Pappalardo

Elenco degli autori e delle autrici 277

Edizioni ETS
Palazzo Roncioni - Lungarno Mediceo, 16, I-56127 Pisa
info@edizioniets.com - www.edizioniets.com
Finito di stampare nel mese di dicembre 2025