

11

Nuove tecnologie, pratiche digitali, intelligenza artificiale e *publicness*

VOLUME 11 A CURA DI ROMANO FISTOLA E EUGENIO MORELLO

ATTI DELLA XXVII CONFERENZA NAZIONALE SIU - SOCIETÀ ITALIANA DEGLI URBANISTI
PUBLICNESS: LE SFIDE DELLA DIMENSIONE PUBBLICA NELLE CITTÀ E NEI TERRITORI
MILANO 18-20 GIUGNO 2025



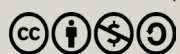
Società Italiana
degli Urbanisti



PLANUM PUBLISHER | www.planum.net

Planum Publisher e Società Italiana degli Urbanisti
ISBN: 978-88-99237-94-3

I contenuti di questa pubblicazione sono rilasciati
con licenza Creative Commons, Attribuzione -
Non commerciale - Condividi allo stesso modo 4.0
Internazionale (CC BY-NC-SA 4.0)



Volume pubblicato digitalmente nel mese di giugno 2026
Pubblicazione disponibile su www.planum.net |
Planum Publisher | Roma-Milano

11

Nuove tecnologie, pratiche digitali, intelligenza artificiale e *publicness*

VOLUME 11 A CURA DI ROMANO FISTOLA E EUGENIO MORELLO

ATTI DELLA XXVII CONFERENZA NAZIONALE SIU - SOCIETÀ ITALIANA DEGLI URBANISTI
PUBLICNESS: LE SFIDE DELLA DIMENSIONE PUBBLICA NELLE CITTÀ E NEI TERRITORI
MILANO 18-20 GIUGNO 2025

**ATTI DELLA XXVII CONFERENZA NAZIONALE SIU
SOCIETÀ ITALIANA DEGLI URBANISTI
PUBLICNESS: LE SFIDE DELLA DIMENSIONE PUBBLICA NELLE CITTÀ E NEI TERRITORI
MILANO, 18-20 GIUGNO 2025**

La Conferenza è organizzata dalla Società Italiana degli Urbanisti e dal Dipartimento di Architettura e Studi Urbani – DASTU - Politecnico di Milano, con CRAFT- Competence Center Anti Fragile Territories del DASTU e con il Dipartimento Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito ABC – Politecnico di Milano. La conferenza è patrocinata dal Comune di Milano.

COMITATO SCIENTIFICO

Angela Barbanente (Presidente SIU - Politecnico di Bari), Massimo Bricocoli (Politecnico di Milano), Antonella Bruzzese (Politecnico di Milano - Responsabile scientifica della XXVII Conferenza SIU), Grazia Brunetta (Politecnico di Torino), Giuseppe De Luca (Università degli Studi di Firenze), Elena Dorato (Università degli Studi di Ferrara), Romano Fistola (Università degli Studi Federico II Napoli), Enrico Formato (Università degli Studi di Napoli Federico II), Adriana Galderisi (Università degli Studi della Campania), Carla Tedesco (Università Luav di Venezia), Maurizio Tira (Università degli Studi di Brescia), Michele Zazzi (Università degli Studi di Parma).

COMITATO SCIENTIFICO LOCALE

Massimo Bricocoli (DASTU), Antonella Bruzzese (Responsabile scientifica della XXVII Conferenza SIU), Antonio Longo e Gabriele Pasqui (Referenti SIU Milano), Federico Zanfi (Coordinatore YoungerSIU 2025), Andrea Arcidiacono, Bertrando Bonfantini, Alessandro Coppola, Luca Gaeta, Scira Menoni, Eugenio Morello, Carolina Pacchi, Paola Pucci, Paola Savoldi.

COMITATO SCIENTIFICO SIU/MILANO

Antonella Bruzzese (Responsabile scientifica della XXVII Conferenza SIU), Antonio Longo e Gabriele Pasqui (Referenti SIU Milano), Paolo Bozzuto, Francesca Cognetti, Grazia Concilio, Francesco Curci, Stefano Di Vita, Valeria Fedeli, Antonio Longo, Chiara Merlini, Anna Moro, Laura Montedoro, Laura Pogliani, Paolo Pileri, Davide Ponzini, Maria Chiara Pastore, Cristina Renzoni, Andrea Rigon, DASTU Politecnico di Milano, Stefano Capolongo, ABC Politecnico di Milano.

COMITATO ORGANIZZATIVO

Benedetta Brun, Stella De Luca, Agim Kërçuku, Giulia Oldani, Marco Peverini, Silvia Ronchi, Isabella Traeger (DASTU Politecnico di Milano).

MEDIA PARTNER, URBINARY

Arianna Bellantuono, Erica Cantaluppi, Stella De Luca, Elena Madiari, Anita Martinelli, Giulia Oldani, Lucia Ratti, Isabella Traeger (Politecnico di Milano)
<https://urbinary.polimi.it/>; https://www.instagram.com/urbinary_thepodcast/

COLLABORATORI

Rebecca Agostoni, Alice Alessandri, Irene Antonioli, Beatrice Arizzi, Raffaella Barbato, Carla Baldissera, Andrea Benedini, Teresa Cavinato, Valentina Ciarlini, Francesca Colombo, Sofia Da Col, Alexandre de Souza Lima, Nicolo Gallo, Giulia Galbiati, Paul Koval, Laurence Milliere, Beatrice Mosso, Vittoria Pavesi, Marcel Vazquez Canto.

SEGRETERIA ORGANIZZATIVA

Be tools Srl
siu2025@betools.it - www.betools.it

SEGRETERIA SIU

Giulia Amadasi - DASTU Dipartimento di Architettura e Studi Urbani
segreteriasiu.diap@polimi.it

PUBBLICAZIONE ATTI

Redazione Planum Publisher

Il volume presenta i contenuti della Sessione 11:

“Nuove tecnologie, pratiche digitali, intelligenza artificiale e *publicness*”

Chair: Romano Fistola, Eugenio Morello

Discussant: Chiara Garau, Alessandro Marucci, Fulvia Pinto

Ogni paper può essere citato come parte di:

Fistola R., Morello E. (a cura di, 2026), *Nuove tecnologie, pratiche digitali, intelligenza artificiale e publicness, Atti della XXVII Conferenza Nazionale SIU “Publicness: le sfide della dimensione pubblica nelle città e nei territori”, Milano, 18-20 giugno 2025*, vol. 11, Planum Publisher e Società Italiana degli Urbanisti, Roma-Milano.

XXVII CONFERENZA SIU

PUBLICNESS: LE SFIDE DELLA DIMENSIONE PUBBLICA NELLE CITTÀ E NEI TERRITORI

MILANO 18-20 GIUGNO 2025

La dimensione pubblica è al centro di profonde trasformazioni che ne articolano il senso e il significato in molti campi del vivere collettivo, inclusi quelli che attengono al ruolo e alla responsabilità dell'urbanistica, alle pratiche di pianificazione, progetto e governo nelle città e nei territori.

Fattori molteplici e divergenti la stanno erodendo: le dinamiche geopolitiche globali, insieme a migrazioni sempre più strutturali di popolazioni e culture, hanno ampliato il concetto di universalità a scale talvolta difficili da comprendere o sostenere da parte dei gruppi sociali più deboli; le politiche neoliberali che hanno caratterizzato negli ultimi anni le agende di molti governi e amministrazioni, insieme a logiche di mercato sempre più pervasive, spingono verso una progressiva privatizzazione di spazi, servizi e funzioni pubbliche, fino alla perdita della capacità di immaginare, progettare e gestire la città nella sua complessità; malintese concezioni di efficienza inducono le pubbliche amministrazioni a ridurre le tradizionali incombenze e responsabilità legate alla gestione di beni e servizi con conseguenze importanti in termini di equità, giustizia e diritto alla città.

In maniera altrettanto significativa, la dimensione pubblica è erosa anche da alcune forme di collettivizzazione emergenti, dall'housing collaborativo alle "gated communities" o a certe tipologie di spazi affidati, che hanno ridefinito i concetti di inclusione e accessibilità in modi complessi e a volte contraddittori, sollevando interrogativi sui reali benefici per tutte e tutti e sulle forme di esclusione che possono generare; come pure è erosa da alcune forme di collaborazione e partnership le quali, laddove è debole l'azione pubblica di controllo e governo, contribuiscono a rendere tale dimensione pubblica sempre più sfumata e complessa nel suo significato e implicazioni operative.

Le sfide, i dilemmi e le urgenze posti da tali fattori sono molteplici e hanno conseguenze su aspetti e ambiti assai differenti: riguardano le forme dell'azione pubblica, i modi in cui si definisce e i suoi obiettivi, gli ambiti a cui si applica e i suoi destinatari, fino alla natura stessa di spazi e servizi. Una pluralità di aspetti e ambiti che la lingua inglese riesce a esprimere con una sola parola, publicness, che qui prendiamo in prestito per l'efficacia della sintesi e perché è applicabile alle molte sfere in cui si declina la dimensione pubblica.

Publicness indica la “condizione dell’essere pubblico”. Non attiene solamente al regime proprietario delle aree, alla loro accessibilità, ai modi d’uso o alla gestione e non si applica neppure solo a spazi e servizi. Identifica un insieme di aspetti eterogenei e distinti che, nel loro complesso, rendono pubblici, appunto, spazi, servizi, beni, scelte, azioni.

L’erosione e la ridefinizione degli spazi e del senso della publicness è tanto più significativa per la nostra comunità scientifica perché la dimensione pubblica è sempre stata il fondamento della cultura urbanistica, delle sue pratiche e dei suoi obiettivi: dal ruolo del soggetto pubblico nella pianificazione quale garante dell’interesse generale, alle sue azioni di contrasto alla rendita e allo sfruttamento privatistico di beni comuni, alla istituzione dello standard o degli oneri di urbanizzazione quali strumenti di equità e di redistribuzione delle risorse.

In un contesto come quello attuale in cui tale dimensione è erosa e reinterpretata, e appare sempre più complessa da costruire e preservare, diventa fondamentale, allora, tornare a riflettere delle molteplici implicazioni della e sulla publicness nelle discipline urbanistiche.

Mettere al centro del dibattito le nozioni di publicness e dimensione pubblica significa ragionare del senso stesso del fare urbanistica. Implica interrogarsi criticamente in maniera non preconcepita sul concetto di pubblico; su chi e come costruisce o mantiene la dimensione pubblica, in equilibrio con le legittime istanze private, con quali responsabilità e con quali strumenti, e su chi sono i destinatari, attuali e futuri, fragili o meno, temporanei o stabili, umani o non umani, di progetti, piani e politiche. Significa riportare al centro della riflessione sull’agire urbanistico la sua dimensione politica, in primo luogo, ma anche quella economica e gestionale, tutte dimensioni ineludibili se l’obiettivo è quello di promuovere equità e sostenibilità ambientale, economica e sociale sul lungo periodo.

Come si ridefinisce oggi la dimensione pubblica di città, territori, spazi, servizi e beni? Quali sono i soggetti che la costruiscono e come? Come promuovere un’azione urbanistica orientata all’interesse pubblico e quali sono le condizioni necessarie per perseguirlo e renderlo sostenibile a lungo termine? Quali dilemmi e difficoltà incontrano urbanisti, progettisti e amministratori?

Quali sono gli strumenti operativi utili a perseguire con l’azione urbanistica, ampiamente intesa, la dimensione pubblica di spazi e servizi, e di scelte e orientamenti? E ancora, fuori dalle retoriche, a chi serve o interessa davvero?

La XXVII Conferenza Nazionale della Società Italiana degli Urbanisti sviluppa questi temi, sollecitando contributi e stimolando il confronto della comunità scientifica nazionale.

I paper riportati nei presenti Atti sono i contributi discussi nel corso della conferenza nelle 11 sessioni:

- 01.** Publicness come partecipazione, cittadinanza attiva e forme di mobilitazione dal basso
- 02.** Publicness nei progetti e nelle politiche della casa e dei servizi
- 03.** Publicness come fruibilità di spazi pubblici e servizi della vita collettiva
- 04.** Publicness come accessibilità e diritto alla mobilità nella città e nei territori
- 05.** Publicness come inclusione di popolazioni multilocali, temporanee e fragili
- 06.** Publicness come gestione dei rischi e cura di ambiente e territorio
- 07.** Publicness come progetto e valorizzazione del paesaggio e delle risorse naturali
- 08.** Regole, norme e progetti per costruire la publicness
- 09.** Publicness e forme contrattuali nei rapporti fra pubblico e privato
- 10.** La publicness nelle strategie e nei progetti di rigenerazione urbana
- 11.** Nuove tecnologie, pratiche digitali, intelligenza artificiale e publicness

11. Nuove tecnologie, pratiche digitali, intelligenza artificiale e *publicness*

- 13 Territorio e città smart e sostenibili
STEFANO ARAGONA
- 19 GIS e AI: quali questioni e prospettive per la pianificazione urbanistica?
ANTONIA ARENA
- 23 Intelligenza Artificiale e *publicness*: opportunità e rischi delle smart cities
ALESSANDRO BOVE, MARCO GHIRALDELLI
- 29 L'Intelligenza Artificiale nella pratica urbanistica: verso una nuova dimensione della *publicness* attraverso i Large Language Model
PIERFRANCESCO CELANI, ANTONELLA PELAGGI
- 34 Codice urbano sorgente. Piattaforme proprietarie e governance condivisa
CHIARA CENTANARO
- 40 Indagare e promuovere comportamenti di mobilità sostenibile, l'AI a supporto dei policy-maker: spunti dal progetto GreenGo
VALENTINA COSTA, FEDERICO CAMPANINI
- 46 Verso l'obiettivo del Net Land Take 0: un approccio data-driven a supporto della pianificazione territoriale
GIANNI DI PIETRO, CRISTINA MONTALDI, ANNAMARIA FELLI, EMILIO MARZIALI
- 52 La mappatura del sistema scolastico-educativo alla scala territoriale del Friuli Venezia Giulia: dati, strumenti, metodi
MICHELE GAMMINO, ANDREA PERAZ
- 60 AI-Enhanced Interactive Urban Façades: Exploring Performative Street Art in Urban Spaces
CHIARA GARAU, MANA DASTOUM, REZA ASKARIZAD
- 68 Modelli di *publicness*: IA generativa e spazio pubblico, dai documenti di piano alla concettualizzazione
VITO GARRAMONE, HERBERT NATTA, MARIA VALESE
-

-
- 79 Urban Digital Twin; An inclusive toolkit for a more participatory urban development
JOHN HENDY
- 92 Università e spazio pubblico post-pandemia. Dal trauma all'innovazione nella trasformazione degli atenei come spazi urbani pubblici
FLAVIO MARTELLA, GIOVANNI CAUDO, FEDERICA FAVA, MARTINA PIETROPAOLI, VASILIKI FRAGKAKI
- 100 Antiche parole e nuove tecnologie: quando l'ontologia informatica del verde urbano (GreenTology) getta le basi per "un'aumentata" partecipazione pubblica
LUDOVICA MASIA
- 112 Metodi analogici come chiave per l'accessibilità dei modelli digitali nell'interazione laboratoriale
GIORDANA PANELLA, MARCO RANZATO, PAOLO CIVIERO
- 119 Interazione tra il modello Regional Digital Twin e il Disaster Risk Management
SARA SACCO, FEDERICO EUGENI, DONATO DI LUDOVICO
- 131 I dati per costruire modelli digitali per progettare l'adattamento dello spazio urbano
ALESSANDRO SERAVALLI
- 137 Oltre la crisi dell'urbanistica: l'IA come strumento di rilancio della disciplina
RUGGERO SIGNORONI, MICHELANGELO FUSI
- 143 Una nuova opportunità: il Digital Twin urbano. Caso studio
FERDINANDO VERARDI, MARIA ROSARIA ANGRISANO, SALVATORE CLAUDIO COSIMO
- 149 L'AI nella pianificazione urbanistica. Nuovi processi digitali per la promozione della publicness
IDA ZINGARIELLO, ROMANO FISTOLA
-

11. Nuove tecnologie, pratiche digitali, intelligenza artificiale e *publicness*

CHAIR

Romano Fistola (Università degli Studi di Napoli Federico II)

Eugenio Morello (Politecnico di Milano)

DISCUSSANT

Chiara Garau (Università degli Studi di Cagliari)

Alessandro Marucci (Università degli Studi dell'Aquila)

Fulvia Pinto (Politecnico di Milano)

La sessione intende raccogliere contributi e offrire una riflessione sui metodi, le tecniche e le pratiche che l'innovazione tecnologica introduce nei diversi momenti del processo urbanistico. Saranno approfonditi opportunità e limiti dell'uso delle tecnologie dalla costruzione dei quadri conoscitivi, nella modellizzazione urbana, nell'interpretazione sistemica, nella prefigurazione degli assetti antropici, etc. Particolare attenzione si vuole richiamare sul rapporto tra *publicness* e Intelligenza Artificiale (IA). La *publicness*, riferita alla qualità dello spazio urbano, all'azione, alla partecipazione e comunicazione che appartiene alla sfera pubblica, trova nuove prospettive e sfide con l'integrazione dell'IA. Approfondire le potenzialità del rapporto tra IA, *publicness* e azione urbanistica può condurre alla prefigurazione di scenari disciplinari e professionali, sostanzialmente altri rispetto agli attuali, ma di grande interesse per gli studiosi e gli operatori. Per tali scenari vanno esplorate le implicazioni etiche e di equità ed è fondamentale salvaguardare le condizioni di inclusività e trasparenza nella messa a punto delle politiche di governo delle trasformazioni urbane e territoriali. I nuovi ragionatori artificiali possono rappresentare un importante supporto nella prefigurazione dell'evoluzione sostenibile del sistema urbano. In estrema sintesi va ricercato un opportuno equilibrio fra l'efficienza tecnologica ed i valori umani e sociali che contribuiscono a definire e connotare anche gli spazi pubblici della città.

Quali sono le procedure e le tecnologie innovative in grado di configurare nuovi scenari disciplinari nell'attività di governo delle trasformazioni territoriali?

Quali sono i rischi di un utilizzo acritico delle "pratiche digitali" nella definizione di modellazioni urbane quali: control room e digital twin?

Esistono esempi di strumenti urbanistici realizzati attraverso l'utilizzo di Large Language Model?

Quali sono le reali possibilità di adozione tecnologica e dell'IA nelle diverse fasi del processo urbanistico in riferimento alla promozione della *publicness*?

Territorio e città smart e sostenibili

Stefano Aragona

INBAR, Direttivo Sez. Lazio;
Delegato INU Lazio alla Consulta Smart City Lab di Roma Capitale
Email: stefano.aragona@gmail.com

Abstract

L'esponenziale crescita e diffusione dell'innovazione tecnologica sta modificando in modo strutturale i processi di antropizzazione. Molte attività e prodotti si stanno smaterializzando. Spazi, forme, relazioni della città industriale, legate al rapporto tra lavoro ed insediamenti, sono sempre più flebili se non del tutto scomparse. Varie le ragioni di tale dinamica. Tra le prime l'opportunità di svolgere a distanza lavoro, didattica, etc. sia negli orari canonici di apertura e/o servizio che asinonici con questi. Ciò significa la possibile rottura della sincronia tra tempi e spazi che ha da sempre disegnato territori e città, in modo marcato la città fabbrica e poi quella dei servizi.

Così il classico modello casa-lavoro cambia, in parte scompare, e si apre la possibilità di modificare i flussi degli spostamenti, rinforzare le attività locali, pensare ad uno sviluppo/trasformazione più efficace degli insediamenti e nella gestione dello spazio. Ovvero costruire Comunità inclusive sostenibili socialmente ed ambientalmente: obiettivo di Smart City UE (2009) che chiede di utilizzare i flussi di comunicazione e energia per realizzare tale gol. Gol che è il senso profondo di Agenda UN 2030 per lo Sviluppo sostenibile: questione ancora più urgente considerando l'esponenziale crescita degli effetti dovuti alla crisi climatica.

Ribaltando la filosofia efficientista che da oltre 40 anni sempre più sta trasformato le persone da attori in servitori dell'innovazione. Occorre ri/mettere il benessere umano e quello ambientale come finalità dei processi antropici a cui l'innovazione sia a servizio, cioè porre come scopo l'efficacia sociale, ambientale, economica.

Parole chiave: processi integrati di antropizzazione, territorio/città virtuale, approccio ecologico

Argomentazione: le opportunità nel mutare dei processi di antropizzazione

Territorio e Città Smart e Sostenibili significa un nuovo percorso di antropizzazione. Molte e varie opportunità di diverse, inedite, forme e modalità di insediamento e di rapporto con la natura. La tele-matica ovvero la possibilità di svolgere a distanza molte attività attraverso le molteplici tecnologie dell'informazione elettronica: il termine è composto dalla parola greca *tèle* (τήλε) cioè *a distanza* e *matica* dalla parola informatica. Molteplici i significati e le incognite che tutto ciò implica – dal *sensu della città*, polis quindi urbs poi città industriale – allo stesso concetto di *societas, communitas, civitas* da cui è nato il cittadino, il *cum-cives* (Cacciari, 1991). Certamente però se non ci si confronta con queste *emergenze*, nel duplice senso dell'*apparire di nuovo fenomeno e di urgenza*, esse avranno campo libero e non scompariranno solo perché non le si vuole vedere.

Fenomeno nuovo nel senso stretto del termine poiché mai l'umanità ha avuto la possibilità di svolgere a distanza una numerosa quantità di attività. Nei processi di antropizzazione vi è stato l'indissolubile rapporto tra materie prime, luoghi di produzione, mercato.

Fenomeno che si caratterizza per l'urgenza che chiede nell'intervenire considerati i tanti aspetti che lo compongono che rischiano, stanno minando, *l'essenza* dello spazio privilegiato di convivenza, ovvero la città. Ed urgenza legata alle conseguenze, dirette ed indirette, a medio e lungo termine, sulle condizioni di sostenibilità ambientale e sociale, ovvero alle esternalità negative che si stanno generando.

La città industriale in Occidente stava già scomparendo dalla metà degli anni '70 del secolo scorso poiché molte produzioni erano emigrate in aree dove il costo del lavoro era più basso ed i controlli ambientali molto meno restrittivi se non del tutto assenti. Così Cina, India, anche molte nazioni dell'ex blocco sovietico hanno visto l'arrivo di attività industriali. Queste ed altre Nazioni iniziano a crescere economicamente in modo molto rilevante, i BRIC – Brasile, Russia, India e Cina – emergono come nuovo blocco socioeconomico di rilevanza mondiale. Molte città in questi Stati si espandono secondo la logica delle economie di scala ed agglomerazione. Indifferenti agli impatti negativi sia ambientali che sociali. Solo recentemente in alcune di tali nazioni, significativa prima tra tutte la Cina, si sono introdotte normative attente alle questioni ambientali poiché i costi socioeconomici del disastro ambientale stavano divenendo insostenibili.

La crescente robotizzazione e poi smaterializzazione, e possibile de-localizzazione di più funzioni lavorative iniziano a creare, in modo sempre più crescente, la questione dell'esubero di forza lavoro. Questo continuando a ragionare secondo il modello della classica città gerarchica, prima legato alle attività industriali e successivamente a quelle dei servizi che ha caratterizzato e caratterizza l'evoluzione dei processi insediativi della cosiddetta città moderna.

Qui vi è la possibilità di evidenziare la prima opportunità legata a questo punto critico: ovvero ipotizzare, partendo dalle opportunità presenti e dai nuovi *phenomena* che si stanno e si possono creare. Occorre porsi nella filosofia della Transizione Ecologica basandosi sui caposaldi dei PNRR ovvero *digitalizzazione* e *svolta verde* e con la visione *territorialista* implicita nella *Carta di Lipsia UE del 2007*.

Attraverso un *uso colto della tecnologia*, come chiesto da Del Nord ad inizio anni '90, ovvero *teleattività, energie rinnovabili, partecipazione delle Comunità*, è possibile costruire un percorso di sviluppo nuovo, mai avuto in precedenza, ovvero avviare la *Transizione Ecologica di territori e città smart e sostenibili*. Quindi utilizzare l'Intelligenza Artificiale e gli scenari *Twin City* a servizio dei processi antropici e non viceversa.

Occorre costruire scenari di territorio e città, piccole, medie, grandi, forse anche metropolitane, strutturate su visioni che utilizzano l'innovazione, le innovazioni tecnologiche per rafforzare i vari punti dello spazio affinché diventino il più possibile luoghi.

L'idea delle *Officine Municipali* presentata dalla CGIL Lazio nel 2019, in prospettiva del Giubileo, al sindaco della Capitale ne è un esempio, un primo tentativo di proposta operativa. Idea sulla quale il IX Municipio ha elaborato l'omonimo Progetto di rigenerazione urbana nel quartiere Laurentino di un vasto immobile ed area annessa. Iniziativa che stiamo rielaborando come Tavolo di Lavoro sulla Rigenerazione urbana della Consulta Smart City Lab di Roma Capitale.

Per dare efficacia a tutto ciò serve una profonda conoscenza del territorio e dei tempi di esso. Quindi accanto alle dimensioni geografiche è necessario avere informazioni sull'accessibilità in termini di tempo: le curve isocrone dello spazio, degli spazi. Individuare polarità collegate, nel caso di città come Roma che prevede centralità urbane e sub-centralità. Informazioni sulle isole di calore e costruire delle scale di urgenza connesse alla situazione demografica. Così, quindi, da proporre delle priorità di programmazione, progettazione, realizzazione.

Informando e coinvolgendo gli abitanti di tutto questo. *In/Formazione* come strumento di formazione e crescita di consapevolezza dei cittadini. Relativamente ai processi di uso delle risorse e della loro gestione. La possibilità di conoscere attraverso il gemello digitale oggi costruibile attraverso scenari alternativi.

La città del Telelavoro e dell'Incontro: Città dei 15 minuti, delle attività/negozi di vicinato, dell'Innovazione, Accessibile materialmente e virtualmente

Focalizzando l'attenzione sulla città, spazio pubblico per eccellenza, questa va ripensata in chiave di *resilienza ambientale e sociale* da creare od accrescere. Come conservare la città come luogo d'incontro e lavoro dei cittadini dei cum-cives prima citati? *L'ecologia umana* di Appold e Kasarda (1990) e la minimizzazione dei costi produttivi e massimizzazione dei rientri vanno riviste (Camagni, 1996). Se questi aspetti scompaiono la città diventa solo uno spazio sommatoria di tante individualità, falsamente convinte di essere onnipotenti grazie allo smartphone, inconsapevoli di divenire acquirenti di un mercato individualizzato e che progressivamente sta spossando ciascuno della propria creatività ed autonomia, sempre più fragile e dipendente.

Materialismo storico o riferimento all'antropologia probabilmente vanno affiancati ad una *nuova visione idealistica* della convivenza. Una sorta di rivisitazione, aggiornata, dell'idealismo, a quelli che Marx chiamava socialisti utopisti e che probabilmente, date le condizioni materiali e di vita dell'epoca, era corretta ma che oggi, mutate e mutando continuamente, va ripreso. Può sembrare una contraddizione in termini ma non lo è, se si parte dalle concrete situazioni di vita caratterizzata da tele-lavoro, e se si pensa che perfino i riders che si muovono e sono gestiti da telecomandi, ovvero da tutto quanto rappresenta il nuovo *phenomenon* prima citato.

Sicuramente l'efficienza dei consumi di energia, di acqua, di gas, il digital twin per la raccolta dei rifiuti e la sua gestione ottimizzata come ha l'AMA sono un grande risultato in termini di sostenibilità oltre che di efficienza dei servizi. Vi sono ormai più App, applicazioni, etc. come Julia elaborata da Roma Capitale che rendono più efficiente la fruizione della città. Ma la sfida, l'opportunità, dell'innovazione telematica può e deve essere molto più importante. E la prospettiva è ancora più ampia poiché ormai vi è la consapevolezza

della necessità di pensare a scala vasta, territoriale, nel confrontarsi con la sostenibilità, e con le risorse rinnovabili e non rinnovabili.

La crescente domanda di vita locale di qualità, ambientale e sociale, spinta anche dalle trasformazioni demografiche e sociali – lunga aspettativa di vita e sempre più tempo liberato – chiede negozi, attività, di vicinato, sperimentare e proporre un percorso diverso, molto più sostenibile ed efficace.

È necessario sperimentare e proporre un percorso diverso, molto più sostenibile ed efficace in termini di qualità della vita: non a caso la sperimentazione di telelavoro *TraDe – Traffic Decongestion* fatta a metà degli anni '90 con la sindacatura Rutelli era un finanziamento dei progetti *LIFE* della UE, ovvero riferito alla *qualità della vita*. Una cinquantina di dipendenti comunali sperimentarono a metà anni '90 lo svolgimento di telelavoro da svolgersi in alcuni punti della città. Vennero fatte le analisi ex-ante ma non poi quelle ex-post l'esperimento (Aragona, 2000).

Lo stesso termine *telelavoro* viene coniato da Jack Nilles ad inizio anni '80 per contribuire a migliorare a Los Angeles le condizioni di traffico nell'ambito di un Piano di mobilità su incarico dell'allora sindaco dell'Area Metropolitana di LA. E la *South California Air Quality Authority* incentivava fiscalmente le aziende che spostavano le attività di backoffice fuori il centro città e quelle che diminuivano il numero di auto private nelle parti centrali dei Business District.

La ricchezza delle tante attività del commercio, della cultura, presenti nei Municipi della Capitale hanno la grande possibilità di essere *Glocal* ovvero pensare globalmente ed agire localmente. Luoghi fisici, connessi in rete/reti, con distanze brevi. Fondamentali nel dare qualità alle aree più periferiche, quelle dove vive la maggioranza della popolazione, e di grande rilievo per mantenere quelle esistenti, botteghe antiche, storiche attività, nel centro storico.

Occorrono spazi di coworking dove svolgere telelavoro ed incontrarsi, piazze telematiche che diventino e/o diano corpo alle centralità o sub-centralità urbane trasformando in modo integrato l'esistente. Diminuendo i picchi di traffico ed aumentando la resilienza ambientale attraverso la rinaturalizzazione dello spazio, corridoi ed infrastrutture verdi.

L'Intelligenza del territorio: verso una più equa e sostenibile logica insediativa di antropizzazione

Durante i lock down legati alla pandemia molte attività si sono svolte a distanza. Milioni di lavoratori hanno fatto telelavoro ridando fiato sociale ed economico, presenza, anche in aree e territori lontani, aree interne, cosiddette *minori*. Per un anno e mezzo si è ricreata un'economia locale, si sono riscoperte risorse, anche energetiche, locali mentre fiumi e pianure inquinate stavano recuperando la loro originaria salubrità.

Pur con tutte le difficoltà legate al *digital divide* si stava assistendo ad una *ri-territorializzazione* (Raffestin, 1985), le aree centrali delle principali realtà urbane svuotate a favore di una redistribuzione di popolazione, attività, vita. Quindi una diversa modalità di antropizzazione è possibile, considerando che la sostenibilità ambientale e sociale va vista a vasta scala e che l'informazione e l'energia possono essere distribuite e diffuse. Questo richiede sapienza nel conoscere e valorizzare le condizioni locali che da vincoli diventano suggerimenti progettuali.

Quindi l'attenzione deve andare al territorio ed alle grandi opportunità che esso offre in termini di sviluppo più sostenibile socialmente ed ambientalmente. Cioè più equilibrato ed equo come richiesto dalla citata *Carta di Lipsia UE* poi rivista, in ragione delle innovazioni tecnologiche, nel 2022. Un forte connubio tra comunicazioni ed energia come mostrano le tante iniziative che l'UNCCEM – Unione Nazionale Comuni Comunità Enti Montani, il Forum Diversità Diseguaglianze, ed altri stanno portando avanti. Il superamento del *digital divide* è il presupposto fondamentale, questione non solo tecnologica come da decenni è stato capito nei Paesi Bassi che associano gli scenari di sviluppo territoriale, i Report quinquennali, con quelli anche delle telecomunicazioni avanzate, ed ancora prima ha fatto la Svizzera con il Progetto Manto dell'Università di Zurigo.

Collegate a ciò, e contemporanee, vi sono le molte iniziative di *Comunità Green*, di *Comunità Energetiche*, di valorizzazione dei *Servizi Ecosistemici*, di azioni per l'adattamento locale per contrastare fenomeni quali le isole di calore. Temi che hanno il territorio quale luogo privilegiato ma che comunque stanno trovando rilievo anche in ambito urbano.

Tematiche divenute così importanti che *Commons And Territorial Development: Reinventing Collective Action In A Period Of Deep Transformation*, svolta dalla prof. Leila Kebir dell'University of Lausanne, Institute of Geography and Sustainability – Sion (si noti l'associazione tra Geografia e Sostenibilità), è stata la *Lecture* di apertura della XLVI Conferenza Scientifica annuale della Associazione Italiana di Scienze Regionali – AISRe, svoltasi a Pescara a settembre 2025, non casualmente intitolata *Le diseguaglianze territoriali: prospettive*

per regioni e città. Tra i principali elementi emersi dalla relazione vi è stato quello di inserire tra i *beni comuni* il diritto all'accessibilità telematica e l'energia. E la *Lecture* in conclusione della Conferenza, svolta dal prof. prof. Geoffrey Hewings, ha avuto il titolo *Moving Beyond The Gini: Some New Approaches To Income Inequality* emblematico segnale di andare oltre i classici indicatori di analisi socioeconomici per comprendere la qualità della vita. Qualità della vita che per l'urbanistica deve essere il riferimento e fine essenziale.

Urbanistica che deve essere sempre più considerata a scala territoriale, per quanto prima detto. Poco prima della pandemia Covid 19 a Pegognaga, Comune del Mantovano, proposero *Smart Land* avendo in anticipo compreso questa lezione e dando concretezza all'obiettivo di Smart City UE nel sommario ricordato: *costruire Comunità inclusive sostenibili socialmente ed ambientalmente* (Fig.1).



Figura 1 | Emblematico caso di Smart Land proposto dal Comune di Pegognaga (MD)
Fonte: Comune di Pegognaga (MD)

Prospettive come temporanei spunti conclusivi

È quindi essenziale ascoltare, cercare di cogliere il più possibile gli elementi di questo nuovo fenomeno ed al tempo stesso fare attività divulgativa e In/formativa. Così il 16 maggio in Sala Giulio Cesare in Campidoglio con gli Ordini Professionali degli Ingegneri, Architetti, il Collegio dei Geometri e numerosi patrocini si è organizzato il Convegno *Territorio e città Smart e Sostenibili: l'innovazione efficace per la Transizione Ecologica*¹ di cui si riporta la Locandina illustrativa in Fig.2, evento che era anche tra quelli del *Festival dello Sviluppo sostenibile 2025*.

Lasciare queste innovazioni soltanto al mercato significa rinunciare a qualsiasi visione comune, condivisa, di vita associata con una progressiva trasformazione antropologica. Occorre che la politica, l'arte di gestire la polis riprenda il controllo della situazione e accompagni queste trasformazioni. Altrimenti quello che scomparirà sarà il cittadino per avere solo l'abitante di un territorio veramente *non luogo* dove l'eccesso di velocità, di tempo e di ego, di cui parlava Augé già anni addietro nell'omonimo testo, ha avuto la meglio sul senso di comunità spingendo ad essere monadi differenti solo per l'acquisto che si fa online.

Per lo più non vera necessità ma acquisto indotto e con il crescente rischio di perdere la propria capacità critica e creatività essendo molto più seducente abbandonarsi ad un Grande Fratello che decide per noi, seducente come si scriveva nel 1993 (Aragona).

Evidenziati questi utilizzando il pessimismo della ragione, occorre l'ottimismo della volontà basandosi sulla consapevolezza che la città industriale si è costruita in oltre 350 anni, le innovazioni di cui stiamo trattando ed i limiti dello sviluppo emergono tra i 70 ed i 50 anni passati e che quindi per dare corpo alla Transizione Ecologica, scenario in cui si collocano *territori e città smart e sostenibili* abbiamo un'onda lunga, o forse più onde, su cui surfare.

¹ Evento *Territorio e città Smart e Sostenibili: l'innovazione efficace per la Transizione Ecologica* svolto in collaborazione con la Consulta Smart City Lab di Roma Capitale e con la Sezione Lazio dell'INU. La mattinata è stata focalizzata sulla città, il pomeriggio sul territorio. Coordinatore e Presidente del Comitato scientifico Stefano Aragona Delegato dell'INU Lazio alla Consulta Smart City Lab di Roma Capitale.

TERRITORIO E CITTÀ SMART E SOSTENIBILI

l'innovazione efficace per la Transizione Ecologica

16 maggio 2025

4 + 4 CFP

Sala Giulio Cesare, Campidoglio
Roma



L'esponenziale crescita e diffusione dell'innovazione tecnologica sta modificando i processi di antropizzazione, molte attività e prodotti si stanno smaterializzando.

Spazi, forme, relazioni della città industriale, legate al rapporto tra lavoro ed insediamenti, sono sempre più flebili se non del tutto scomparse.

L'opportunità di svolgere a distanza lavoro, didattica, etc. sia negli orari canonici di apertura e/o servizio che asincronici significa possibile rottura della sincronia tra tempi e spazi che ha da sempre disegnato territori e città, in modo marcato la città fabbrica e poi quella dei servizi.

Il classico modello casa-lavoro cambia, si apre la possibilità di modificare i flussi degli spostamenti, rinforzare le attività locali, pensare ad uno sviluppo/trasformazione più efficace di insediamenti e gestione dello spazio.

E la crisi climatica chiede aumento della resilienza locale e di area vasta, e l'energia può essere locale, democratica: è la svolta del Green Deal. Flussi di comunicazione e energia per costruire Comunità inclusive sostenibili socialmente ed ambientalmente: finalità di Smart City UE (2009), il senso profondo di Agenda UN 2030 per lo Sviluppo sostenibile.

Occorre ripensare il senso di città, polis, quindi urbs poi città industriale cioè la societas, comunitas, civitas da cui è nato il cittadino, il cum-cives. Avere una visione che parta dalla scala territoriale poiché sostenibilità, energia, comunicazioni sono ubiquie, senza confini.

La città e il territorio non sono antinomie ma diverse manifestazioni fenomeniche di tutto ciò.

Solo per motivi di analisi e proposta saranno trattate in due diversi momenti, mattina e pomeriggio, con la consapevolezza che vi è continuità che lega l'una e l'altra.

L'evento ha il patrocinio di Roma Smart City Lab, dell'INU - Istituto Nazionale di Urbanistica, dell'INU Lazio, dell'UNCNEM - Unione Nazionale Comuni Comunità Enti Montani, della SVIMEZ - Associazione per lo sviluppo dell'industria nel Mezzogiorno, di Symbola - Fondazione per le qualità italiane, della SIU - Società Italiana degli Urbanisti, il Forum Diseguaglianze e Diversità, dell'ISPR - Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale, della Confcommercio Roma, dell'ITC - Istituto per le Tecnologie della Costruzione e la partecipazione dell'IFEL - Istituto Finanza e l'Economia Locale, L'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, l'Ordine degli Architetti, Pianificatori, Paesaggisti, Conservatori della Provincia di Roma, il Collegio dei Geometri e Laureati Geometri di Roma oltre la concessione del patrocinio, riconoscono ai loro iscritti partecipanti ai lavori della mattina quattro Crediti Formativi Professionali ed altrettanti ai frequentanti la sessione del pomeriggio.

Comitato scientifico

Stefano Aragona, Coordinatore, Del. INU Lazio alla Consulta Smart City Lab Roma Capitale, Leandro Aglieri Presidente Consulta Smart City Lab Roma Capitale, Alessandro Bianchi Unitelma Roma, Marco Bussone Presidente UNCEM, Vittorio Cogliati Dezza Forum Diseguaglianze e Diversità, Paolo Colarossi Presidente INU Lazio, Michele Colletta Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, Riccardo Corbucci, Presidente Commissione Roma Capitale, Statuto e Innovazione Tecnologica, Antonella Melito Vice Presidente Commissione Urbanistica Roma Capitale, Ermete Realacci Presidente Symbola, Flavio Trinca, Ordine APPC di Roma e provincia.

Sessione mattutina: Città e Innovazione

8,30-9,00 Check in

9,00 Saluti istituzionali

Edoardo Zanchini, Direttore dell'Ufficio speciale Clima Comune di Roma
Antonella Melito, Vicepresidente Commissione Urbanistica Roma Capitale
Riccardo Corbucci, Presidente Commissione Statuto e Innovazione Tecnologica di Roma Capitale

9,15 Apertura lavori

Michele Talia, Presidente INU - Istituto Nazionale di Urbanistica
Paolo Colarossi, Presidente INU Lazio
Leandro Aglieri, Presidente Consulta Smart City Lab di Roma Capitale

Coordina Stefano Aragona, Delegato dell'INU Lazio alla Consulta Smart City Lab di Roma Capitale

9,40 Prolusione

Maurizio Velocchia, Assessore all'Urbanistica e alla Città dei 15 minuti, Roma Capitale
Titti di Salvo, Presidente Municipio IX Roma Capitale
Stefania Sposetti, Regionale Servizi CGIL Roma e Lazio
Irene Sasseti, Delegata all'Urbanistica CNI
Carla Capiello, Delegata C3I CNI
Massimo Cerri, Presidente Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
Alessandro Panci, Presidente Ordine degli Architetti PPC di Roma e provincia
Fabio Colantoni, Vice-Presidente Collegio dei Geometri e Geometri laureati di Roma

10,40 Mobilità e Luoghi

Andrea Pasotto, Mobility Manager d'Area di Roma Capitale
Lavinia degli Abbatì, Commissione Mobilità elettrica e sostenibile Ordine degli Ingegneri Roma
Elena Andreoni, Staff Assessorato Urbanistica Roma Capitale
Roberto Scacchi, Presidente Legambiente Lazio, Responsabile Mobilità di Legambiente

11,45 Tra scenari e domande

Coordina Michele Colletta, Ordine Ingegneri Roma

Francesco Monaco, Resp. Dip. Supporto ai Comuni e Politiche Europee Fondazione IFEL
Fabiola Fratini, Delegata della Rettrice per la Coll. Civica e con i Territori, DICEA, Sapienza Università di Roma
Romolo Guasco, Direttore Confcommercio, Roma

13,00 Dibattito e Conclusioni

13:30 Ckeck out

Sessione pomeridiana: L'Intelligenza del territorio

14,30-15,00 Check in

15,00 Apertura della sessione

Sabrina Alfonsi, Assessora all'Agricoltura, Ambiente e Ciclo dei Rifiuti di Roma Capitale
Coordina Stefano Aragona, Delegato dell'INU Lazio alla Consulta Smart City Lab di Roma Capitale

15,20 Energia, Accessibilità materiale e Virtuale, Senso dei Luoghi

Marco Bussone, Presidente UNCEM (intervento da remoto)
Adriano Giannola, Presidente SVIMEZ (contributo video)
Giuseppe Roma, Presidente del think tank RUR - Rete Urbana delle Rappresentanze
Vittorio Cogliati Dezza, Forum Diseguaglianze e Diversità
Luigi Di Marco, Segreteria Generale ASviS - Alleanza Italiana per lo sviluppo sostenibile
Ermete Realacci, Presidente Symbola
Fabrizio Potetti, Segretario Regionale Dinamiche Industriali, CGIL Roma e Lazio

16,20 Testimonianze, sperimentazioni, buone pratiche

Coordina Flavio Trinca, Ordine Architetti, Pianificatori, Paesaggisti, Conservatori, Roma
Barbara Giorgi, Presidente Biodistretto dei Laghi di Bracciano e Martignano
Francesca Assennato, ISPR
Eleonora Giovene, Istituto per le Tecnologie della Costruzione - ITC CNR
Alessandro Fabrizi, Teatro Eco Logico, Roma-Stromboli
Giordano Fatali, Presidente e Fondatore CEOforLIFE & Task Force Italia

17,35 Tavola rotonda

Introduce: Antonella Melito, Vice Presidente Commissione Urbanistica

Partecipano:

Paolo Colarossi, Presidente INU Lazio
Romano Fistola, Società Italiana degli Urbanisti (intervento da remoto)
Leandro Aglieri, Presidente Consulta Smart City Lab di Roma Capitale
Natale di Cola, Segretario Generale CGIL Roma e Lazio
Vito Teti, Antropologo (intervento da remoto)
Alessandro Bianchi, Unitelma Sapienza
Pierciro Galeone, Direttore Istituto Finanza e l'Economia Locale - IFEL

18,55 Dibattito e Conclusioni

19,30 Check out

PARTECIPA AL FESTIVAL DELLO SVILUPPO SOSTENIBILE.

RAGGIUNGIAMO INSIEME I 17 OBIETTIVI DELL'AGENDA 2030 DELL'ONU.

DAL 7 AL 23 MAGGIO

MILANO - GENOVA - VENEZIA - TORINO
BOLOGNA - NAPOLI - ROMA

SCOPRI IL PROGRAMMA COMPLETO SU
FESTIVALSVILUPPOSOSTENIBILE.IT

#festivalsvilupposostenibile - #moltoDavicino



PROMOSSO DA



Figura 1 | Locandina del Convegno Territorio e città Smart e Sostenibili: l'innovazione efficace per la Transizione Ecologica, con partecipazione degli Ordini degli APPC, degli Ingegneri, del Collegio dei Geometri e Laureati Geometri Evento del Festival dello Sviluppo sostenibile 2025.

17 Fistola R., Morello E. (a cura di, 2026). Nuove tecnologie, pratiche digitali, intelligenza artificiale e publicness, Atti della XXVII Conferenza Nazionale SIU "Publicness: le sfide della dimensione pubblica nelle città e nei territori", Milano, 18-20 giugno 2025, vol. 11, Planum Publisher e Società Italiana degli Urbanisti, Roma-Milano. | 978-88-99237-94-3

Riferimenti bibliografici

- Appold S.J, Kasarda J.D. (1990), “Concetti fondamentali per la reinterpretazione dei modelli e dei processi urbani”, in A. Gasparini, P. Guidicini (a cura di) *Innovazione tecnologica e nuovo ordine urbano*, F. Angeli, Milano
- Aragona S. (1993), *La città virtuale. Trasformazioni urbane e nuove tecnologie dell'informazione*, Gangemi Editore, Reggio Calabria - Roma
- Aragona S. (2000), *Ambiente urbano e innovazione. La città globale tra identità locale e sostenibilità*, Gangemi Editore, Roma - Reggio Calabria, cap.4
- Aragona S. (2023) “The Formation of the Homo and of the Ecological Space” in (eds.) Marino D., Melchiorre M. *Innovations and Economic and Social Changes due to Artificial Intelligence: The State of the Art*, pp. 97 –108, Springer Nature, Berlino
- Augé M. (1993), *Non luoghi. Introduzione a una antropologia della surmodernità*, elèuthera, Milano (ed or. Non-lieux: Introduction a une anthropologie de la surmodernite, Editions Seuil, Paris,1992)
- Camagni R. (1996), “Lo sviluppo urbano sostenibile: le ragioni e i fondamenti di un programma di ricerca”, in Camagni R. (a cura di), *Economia e pianificazione della città sostenibile*, Il Mulino, Bologna
- Cacciari M. (1991), “Aut Civitas – Aut Polis”, in (a cura di) Mucci E, Rizzoli P. *L'immaginario tecnologico metropolitano*, F. Angeli, Milano
- CGIL Lazio (2019), *Officine urbane*. Proposta Rapporto presentata al Sindaco di Roma
- De Masi D, Gambino G. (2024) *Conversazioni sul futuro. L'eredità del più grande sociologo italiano*, PaperFIRST (2024) – Editore
- Ernesti G. (1995), “Tempo pubblico e tempo della soggettività: disciplina e società oggi”, in *Urbanistica* n.104
- Hewings G.(2025), “Moving Beyond The Gini: Some New Approaches To Income Inequality”, Lecture, XLVI Conferenza scientifica annuale *Le diseguglianze territoriali: prospettive per regioni e città* dell'Associazione Italiana di Scienze Regionali – AISRe, Pescara, 9 – 11 settembre
- Kebi L. (2025) “Commons And Territorial Development: Reinventing Collective Action In A Period Of Deep Transformation”, Lecture, XLVI Conferenza...op.cit
- Municipio IX, Roma Capitale, *Progetto Officine Municipali* (2023)
- Pegognaga, Comune (MN) (2017), *Smart Land* Centro Culturale Livia Bottardi Milani (centroculturalepegognaga.it). <http://www.centroculturalepegognaga.it/smart-land/>
- Raffestin C. (1984), “Territorializzazione, deterritorializzazione, riterritorializzazione e informazione”, in A.Turco (a cura di), *Regione e regionalizzazione*, F. Angeli, Milano
- Roose K. GPT-4 Is *Exciting and Scary*. Today, the new language model from OpenAI may not seem all that dangerous. But the worst risks are the ones we cannot anticipate, The New York Times, <https://www.nytimes.com/2023/03/15/technology/gpt-4-artificial-intelligence-openai.html>
- UE (2007) *Leipzig Chart on the European sustainable cities*, <http://www.sinanet.isprambiente>.

GIS e AI: quali questioni e prospettive per la pianificazione urbanistica?

Antonia Arena

Università degli Studi di Napoli Federico II

DiARC - Dipartimento di Architettura

Email: antonia.arena@unina.it

Abstract

Il dibattito sull'innovazione delle tecniche di pianificazione urbanistica è in continua evoluzione, spinto da sfide globali quali cambiamento climatico, disuguaglianze, migrazioni e gestione dei rischi. La tradizionale "cassetta degli attrezzi" dell'urbanista deve essere aggiornata con strumenti capaci di analizzare, interpretare e governare città e territori in contesti sempre più complessi. Negli ultimi decenni, le innovazioni degli strumenti tecnologici sono esito di ibridazione, contaminazione tra diverse discipline: geografia, tecnologie dell'informazione spaziale, citizen science, data science. I Sistemi Informativi Territoriali (SIT) hanno rappresentato una prima importante tappa evolutiva dei processi di pianificazione, oggi l'Intelligenza Artificiale (IA) rappresenta un nuovo momento di svolta, che consente di elaborare dati eterogenei, ottimizzare risorse e sviluppare modelli predittivi e decisionali più sofisticati. Il contributo propone una riflessione scientifica e sperimentale sulle prospettive di innovazione esito dell'integrazione tra SIT e IA, presentando i risultati di un'analisi condotta nell'ambito del PRIN 2022 PNRR "Mapping the new spatial inequalities within Southern European cities". In linea con le sollecitazioni della call, il contributo intende discutere criticamente le implicazioni etiche dell'uso di strumenti digitali, dal rischio di riproduzione di bias e disuguaglianze nei dati alla responsabilità interpretativa e decisionale dell'urbanista.

Parole chiave: urban planning techniques, information technology, artificial intelligence

Introduzione

Il dibattito sulle innovazioni delle tecniche nel campo della pianificazione urbanistica è costantemente aperto e in continuo divenire.

Questioni emergenti tra cui il cambiamento climatico, le disuguaglianze, le migrazioni, la gestione dei rischi pongono alla tecnica urbanistica nuove sfide per adeguare e rendere efficienti i suoi strumenti. La tradizionale cassetta degli attrezzi dell'urbanista richiede, perciò, di essere costantemente aggiornata per poter analizzare, descrivere, interpretare, gestire e pianificare, in modo efficace, le città e il territorio.

Il quadro teorico e metodologico sull'evoluzione della città in relazione alla tecnologia è, da sempre, un campo fertile di ricerca e sperimentazione interdisciplinare (Batty, 2013; Castells, 1989, 2010; Fistola & La Rocca, 2024; Mitchell, 1995): infatti, la pianificazione urbanistica in questo ambito intercetta, attinge e si contamina con discipline quali le scienze dell'informazione spaziale, la citizen science e sempre più la data science.

Una delle tecnologie che ha trovato maggiore applicazione nel settore urbanistico per la produzione e l'organizzazione della conoscenza sono i Sistemi Informativi Territoriali (SIT) che hanno assunto un ruolo e una rilevanza sempre crescente sia in ambito professionale come supporto al governo del territorio nei processi decisionali, nella redazione di piani e programmi ma anche nella definizione di politiche, sia in ambito accademico come dispositivi di organizzazione e strutturazione della conoscenza (Arena, 2022, 2023; Goodchild, 2010).

Nel solco delle discipline dell'informazione spaziale, fin dagli anni Sessanta del Novecento, il filone di studi del Geographic Information System (GIS), ha contribuito all'affermazione dell'importanza della componente tecnologica per le scienze che indagano la dimensione spaziale dei fenomeni. Tale approccio della disciplina ha orientato le ricerche verso la definizione delle caratteristiche necessarie e il miglioramento delle performance delle componenti hardware, software e degli algoritmi per la gestione dei dati spaziali (Maguire, 1991).

A partire dagli anni Settanta, l'affermazione dell'interesse per la funzione di gestione e l'utilizzo delle informazioni spaziali che dai dati possono essere elaborate, ha portato al riconoscimento delle analisi come componenti dell'informazione geografica in grado di qualificarla come scienza che ha preso il nome di Geographic Information Science (Goodchild, 1992, 2010).

A partire dagli anni Novanta, l'ibridazione tra la scienza e le più aggiornate tecnologie dell'informazione spaziale e la Citizen science – filone di studi e attività in cui assume rilevanza, all'interno di processi di costruzione della conoscenza, il coinvolgimento di soggetti non esperti, che tradizionalmente ne sono i destinatari finali, affermandone il ruolo attivo e non più solo passivo – ha collocato le tecnologie dell'informazione spaziale in un ambito scientifico funzionale alla costruzione collaborativa della conoscenza.

Recentemente, le principali innovazioni nella costruzione della conoscenza tramite tecnologie dell'informazione spaziale provengono dalla Data Science (Oliveira et al., 2024). Questa disciplina si è evoluta dalla combinazione della scienza informatica e della statistica e pone enfasi sull'estrazione di informazioni significative da big data finalizzate a analisi predittive (Lee & Kang, 2015; Li et al., 2016). Tappe fondamentali nell'evoluzione di questa disciplina sono state lo sviluppo di metodi statistici sofisticati, di tecnologie come i datawarehouse per la gestione e organizzazione di dati e in ultimo del machine learning (Casali et al., 2022) e dell'Intelligenza Artificiale (IA), come un insieme di tecniche avanzate per creare modelli predittivi e decisionali più sofisticati (Oliveira et al., 2024; Rossi, 2024). L'applicazione dell'Intelligenza Artificiale nella pianificazione urbanistica permette di analizzare dati complessi, ottimizzare le risorse e rendere i processi decisionali più flessibili ed efficienti (Sanchez et al., 2023).

Una prima sperimentazione

La ricerca PRIN 2022 PNRR “Mapping the new spatial inequalities within Southern European cities”¹, in corso presso il Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, ambisce ad approfondire ed ampliare la conoscenza, in termini di disuguaglianze spaziali, degli assetti territoriali attraverso lo studio di alcune condizioni urbane e sociali. La sperimentazione delle possibili implicazioni dell'integrazione dei due tecniche – GIS e IA – all'interno del processo di costruzione della conoscenza, ambisce a mettere in evidenza eventuali questioni pratiche ed etiche – legate all'uso acritico di strumenti digitali – quali la riproduzione di pregiudizi e discriminazioni insite nei dati di partenza delle indagini, e la responsabilità interpretativa e decisionale dell'urbanista.

L'approccio seguito si è articolato in una duplice direzione. Da un lato, è stata avviata una review della letteratura scientifica per ricostruire lo stato dell'arte sull'integrazione tra AI e GIS in ambito urbanistico. Numerosi studi recenti mostrano come il machine learning applicato ai dati spaziali consenta, ad esempio, di migliorare la classificazione delle immagini satellitari, di elaborare pattern predittivi e di stimare indicatori socioeconomici a partire da big data georeferenziati (Ferré-Bigorra et al., 2022; Jean et al., 2016; Zhu et al., 2017).

Parallelamente, sono stati esplorati strumenti operativi disponibili nei software GIS, in particolare plugin dedicati all'IA come MoslyAI e Aino per QGIS. Questi strumenti consentono di integrare modelli di apprendimento automatico all'interno del flusso di lavoro GIS, ampliandone le capacità analitiche. La sperimentazione si è focalizzata sull'uso di tali plugin per l'elaborazione di analisi relative alla distribuzione di popolazioni fragili e al loro accesso a servizi territoriali, con l'obiettivo di valutare l'efficacia di procedure semi-automatizzate rispetto ai metodi tradizionali.

Contestualmente, è stata esplorata la possibilità di utilizzare strumenti di IA conversazionale, nello specifico ChatGPT, come supporto alla fase di apprendimento e sperimentazione. L'esperimento ha previsto l'interlocuzione con il sistema non solo per ottenere suggerimenti metodologici sull'integrazione GIS-IA, ma anche per “sfidarlo” nella produzione diretta di mappe. Come prevedibile, i risultati grafici non si sono dimostrati soddisfacenti dal punto di vista tecnico e cartografico. Tuttavia, l'esperienza ha evidenziato il potenziale dell'IA conversazionale come assistente alla formazione e al problem solving, in grado di fornire indicazioni pratiche e suggerimenti sull'uso dei software specialistici per favorire un accesso a bacini di utenza più ampi di strumenti complessi

Questioni aperte

La sperimentazione condotta permette di mettere in luce alcune questioni aperte di natura scientifica, politica ed etica. A monte vi è un cambio di paradigma epistemologico che caratterizza le innovazioni tecnologiche e la disciplina urbanistica: se i Sistemi Informativi Territoriali hanno introdotto una logica deterministica e visuale nella pianificazione semplificando i processi di analisi, gestione ed elaborazione dei

¹ Il PRIN 2022 PNRR - P2022LZP7] è coordinato dal Prof. I. Vinci, (PI) presso il Dipartimento di Architettura dell'Università di Palermo e dal Professor G. Laino, presso il Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Napoli Federico II.

dati, l'IA sembra aprire a una dimensione probabilistica e predittiva che può modificare i processi di pianificazione urbanistica.

La prima questione riguarda il rapporto, anche temporale, tra l'evoluzione delle innovazioni digitali e la capacità delle tecniche della pianificazione urbanistica di acquisirle, comprenderle e tradurle in pratiche operative. La storia dei Sistemi Informativi Territoriali è emblematica: nati negli anni Sessanta e sviluppatasi in ambito accademico e scientifico, sono stati introdotti in maniera diffusa nelle amministrazioni pubbliche solo molto più tardi, con tempi e modalità differenziate a livello territoriale. Nonostante oggi costituiscano uno strumento quasi imprescindibile per il lavoro degli enti locali e per il dialogo con i diversi attori che partecipano ai processi decisionali, il ritardo accumulato evidenzia una difficoltà strutturale ad aggiornare le competenze professionali al ritmo dell'innovazione tecnologica.

La grande efficienza, rapidità e intuitività d'uso delle nuove tecnologie potrebbero ridurre i tempi necessari per arrivare a un uso consapevole dei nuovi strumenti emergenti. Tuttavia, l'introduzione e l'utilizzo consapevole delle nuove tecnologie non possono essere affidate a un automatismo insito nella tecnologia stessa, ma necessitano, invece, di investimenti non solo in infrastrutture digitali ma anche e soprattutto nella formazione degli operatori, a tutti i livelli. È necessario alimentare un processo di aggiornamento continuo delle competenze, attraverso programmi di formazione permanente, partenariati tra amministrazioni e università e incentivi alla condivisione di una cultura digitale comune. La ricerca, da parte sua, ha il compito di accompagnare questa evoluzione, sperimentando e trasferendo conoscenze verso le pratiche operative.

La disponibilità di strumenti relativamente intuitivi, come i plugin IA in QGIS, non elimina la necessità di competenze avanzate per interpretare correttamente i risultati. La "sfida" non è dunque solo tecnica, ma culturale: integrare nei percorsi di ricerca e formazione urbanistica una maggiore dimestichezza con i linguaggi e i limiti delle nuove tecnologie.

Un secondo nodo cruciale riguarda la regolazione dell'uso dei dati e delle tecnologie digitali. Le innovazioni applicate alla pianificazione si basano sulla raccolta, gestione e analisi di grandi quantità di dati, anche di natura sensibile. È quindi necessario che il loro impiego sia accompagnato da un quadro normativo chiaro, che garantisca il rispetto della privacy, la tutela dei diritti individuali, l'interoperabilità dei dati all'interno di sistemi diversi e la trasparenza dei processi decisionali.

Un aspetto particolarmente rilevante è quello dell'interoperabilità. La frammentazione dei sistemi informativi e l'assenza di standard condivisi rischiano di vanificare il potenziale delle tecnologie digitali, creando barriere allo scambio e alla cooperazione. La definizione di standard comuni faciliterebbe non solo l'interazione orizzontale tra amministrazioni, enti di ricerca e università, ma anche la cooperazione verticale, dal livello locale a quello regionale e nazionale. In questo senso, la dimensione politica della pianificazione digitale non può essere trascurata: garantire l'accesso equo e regolamentato ai dati è condizione necessaria per una pianificazione trasparente e partecipata.

Oltre agli aspetti formativi e normativi, l'uso delle tecnologie digitali solleva interrogativi di natura etica. In primo luogo, vi sono i rischi legati alla disuguaglianza di accesso alla tecnologia e alle sue innovazioni: non tutti i territori, né i cittadini e gli enti che li abitano dispongono delle stesse risorse e competenze digitali, e ciò può produrre forme di esclusione tradendo parte della natura delle innovazioni. In secondo luogo, i sistemi basati su intelligenza artificiale possono riprodurre, se non addirittura amplificare, discriminazioni già esistenti, a causa di bias insiti nei dati utilizzati per addestrare gli algoritmi (Kitchin, 2014).

Tali rischi riportano al centro una questione fondamentale: la responsabilità interpretativa e decisionale del sapere esperto. Gli strumenti tecnologici devono essere intesi come supporto, non come sostituto, della competenza degli urbanisti, che devono mantenere il controllo sul processo decisionale, assumendosi la responsabilità delle scelte e offrendo spiegazioni chiare sui risultati generati da modelli e algoritmi e sulle decisioni assunte in funzione dell'interpretazione dei dati e dell'integrazione di essi in un quadro di valori, obiettivi e strategie che costruisce la conoscenza.

Un ulteriore aspetto etico riguarda la sostenibilità ambientale delle stesse tecnologie digitali. L'utilizzo di grandi quantità di dati, la manutenzione di server e infrastrutture informatiche comportano consumi energetici significativi e impatti ambientali non trascurabili. La riflessione sulla pianificazione digitale deve quindi includere anche un bilancio critico sul "costo ecologico" delle innovazioni, per garantire coerenza con gli obiettivi di sostenibilità che la pianificazione stessa si prefigge.

La relazione tra tecnologie digitali e pianificazione urbanistica rimane un terreno aperto di confronto e sperimentazione. Perché l'innovazione sia davvero utile, occorre affrontare tre grandi sfide: ridurre il gap diacronico tra innovazione e formazione, garantire un quadro normativo solido e inclusivo, e mantenere saldo il ruolo interpretativo dell'urbanista di fronte alle questioni etiche sollevate dalle nuove tecnologie.

Le innovazioni tecnologiche sono il prodotto di una complessa rete materiale fatta di risorse naturali, infrastrutture, capitale umano e sociale e possono rendere la pianificazione più efficace e trasparente, a condizione che vengano usate in modo consapevole e critico per mettere a sistema e valorizzare i benefici che da esse potranno derivare. In questo equilibrio tra innovazione tecnologica e responsabilità umana risiede la chiave per una pianificazione che sia efficiente dal punto di vista tecnico, giusta, sostenibile e capace di rispondere alle sfide della società contemporanea.

Riferimenti bibliografici

- Arena, A. (2022). I WebGIS fra potenzialità e limiti nell'effettiva socializzazione. Una prima riflessione dall'esperienza di M-App. In G. Marconi & A. Cancellieri (Eds.), *Immigrazione e welfare locale nelle città metropolitane* (pp. 143–152). FrancoAngeli.
- Arena, A. (2023). L'informazione tecnologica negli studi urbani: opportunità, risultati e principi. In R. Fistola, L. Fregolent, S. Rossetti, & P. La Greca (Eds.), *Innovazioni tecnologiche e qualità urbana. atti della XXIV Conferenza Nazionale SIU Dare valore ai valori in urbanistica, Brescia 23-24 giugno 2022* (Vol. 01, pp. 12–16). Planum Publisher e Società Italiana degli Urbanisti.
- Batty, M. (2013). Big data, smart cities and city planning. *Dialogues in Human Geography*, 3(3), 274–279. <https://doi.org/10.1177/2043820613513390>
- Casali, Y., Aydin, N. Y., & Comes, T. (2022). Machine learning for spatial analyses in urban areas: a scoping review. *Sustainable Cities and Society*, 85, 104050. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104050>
- Castells, M. (1989). *The Informational City: Information Technology, Economic Restructuring and the Urban-Regional Process*. Basil Blackwell.
- Castells, M. (2010). *The Rise of the Network Society* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
- Ferré-Bigorra, J., Casals, M., & Gangoells, M. (2022). The adoption of urban digital twins. *Cities*, 131, 103905. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103905>
- Fistola, R., & La Rocca, R. A. (2024). From smart city to artificial intelligence city. Envisaging the future of urban planning. *TeMA - Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 17(3), 413–424.
- Goodchild, M. F. (1992). Geographical information science. *International Journal of Geographical Information Systems*, 6(1), 31–45. <https://doi.org/10.1080/02693799208901893>
- Goodchild, M. F. (2010). Twenty years of progress: GIScience in 2010. *Journal of Spatial Information Science*, 1. <https://doi.org/10.5311/JOSIS.2010.1.2>
- Jean, N., Burke, M., Xie, M., Davis, W. M., Lobell, D. B., & Ermon, S. (2016). Combining satellite imagery and machine learning to predict poverty. *Science*, 353(6301), 790–794. <https://doi.org/10.1126/science.aaf7894>
- Kitchin, R. (2014). *The Data Revolution: Big Data, Open Data, Data Infrastructures & Their Consequences*. SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.4135/9781473909472>
- Lee, J.-G., & Kang, M. (2015). Geospatial Big Data: Challenges and Opportunities. *Big Data Research*, 2(2), 74–81. <https://doi.org/10.1016/j.bdr.2015.01.003>
- Li, S., Dragicic, S., Castro, F. A., Sester, M., Winter, S., Coltekin, A., Pettit, C., Jiang, B., Haworth, J., Stein, A., & Cheng, T. (2016). Geospatial big data handling theory and methods: A review and research challenges. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 115, 119–133. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.10.012>
- Maguire, D. J. (1991). An Overview and Definition of GIS. In D. J. Maguire, M. F. Goodchild, & D. W. Rhind (Eds.), *Geographical Information Systems: Principles and Applications* (Vol. 1, pp. 9–20). Wiley.
- Mitchell, W. J. (1995). *City of Bits: Space, Place and the Infobahn*. The MIT Press.
- Oliveira, A., Fachada, N., & Matos-Carvalho, J. P. (2024). Data Science for Geographic Information Systems. *2024 8th International Young Engineers Forum on Electrical and Computer Engineering (YEF-ECE)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/YEF-ECE62614.2024.10624902>
- Rossi, F. (2024). *Intelligenza Artificiale*. Laterza.
- Sanchez, T. W., Hannah, S., Trey, G., & Lim, T. (2023). The prospects of artificial intelligence in urban planning. *International Journal of Urban Sciences*, 27(2), 179–194. <https://doi.org/10.1080/12265934.2022.2102538>
- Zhu, X. X., Tuia, D., Mou, L., Xia, G.-S., Zhang, L., Xu, F., & Fraundorfer, F. (2017). Deep Learning in Remote Sensing: A Comprehensive Review and List of Resources. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 5(4), 8–36. <https://doi.org/10.1109/MGRS.2017.2762307>

Intelligenza Artificiale e *publicness*: opportunità e rischi delle smart cities

Alessandro Bove

Università degli Studi di Padova
DICEA - Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale
Email: alessandro.bove@unipd.it

Marco Ghiraldelli

Università degli Studi di Padova
DICEA - Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale
Email: marco.ghiraldelli@phd.unipd.it

Abstract

L'integrazione delle tecnologie smart nella governance urbana è cruciale, promettendo efficienza e trasparenza nei servizi pubblici. Tuttavia, solleva interrogativi sul loro impatto sulla *publicness* urbana. Questo contributo analizza criticamente il duplice potenziale delle tecnologie smart.

Da un lato, open data, piattaforme partecipative e sensori urbani possono potenziare accessibilità, partecipazione e trasparenza delle politiche urbane. Dall'altro, algoritmi opachi, controllo centralizzato e dipendenza da attori privati possono causare esclusione, sorveglianza e privatizzazione di spazi e servizi.

La tesi è che le smart city siano un campo controverso di produzione di *publicness*, dove innovazione e benessere si intrecciano con tensioni legate al potere, alla proprietà dei dati e all'accessibilità dei processi di trasformazione. Si evidenzia la necessità di ripensare le tecnologie smart come infrastrutture socio-politiche, in grado di sostenere l'interesse pubblico solo se progettate e gestite in modo inclusivo, etico e trasparente.

Il paper propone una riflessione teorica per valutare come le tecnologie digitali possano supportare o compromettere equità, accesso e collettività nello spazio urbano.

Parole chiave: smart city, public spaces, technology.

1 | Introduzione: smart city e dimensione pubblica della città

Il concetto di "smart city" ha visto un'evoluzione radicale negli ultimi decenni, passando da un'iniziale enfasi sulla digitalizzazione dei servizi a una visione più ampia che include innovazioni basate sulla tecnologia (Cardullo et al., 2019; Hollands, 2014; Kitchin, 2014). Questo approccio, sebbene possa portare a maggiore competitività e attrattività per gli investimenti, tende a trascurare il legame con il territorio e le necessità sociali delle comunità. Una delle problematiche più rilevanti è che i governi e le imprese spesso utilizzano l'etichetta "smart" per mascherare la mancanza di attenzione ai bisogni reali dei cittadini, creando un discorso che enfatizza l'innovazione tecnologica senza un adeguato coinvolgimento della popolazione (Agbali et al., 2019; Chen et al., 2022).

La transizione verso l'e-government, pur riducendo i costi operativi, ha generato nuove disuguaglianze nell'accesso ai servizi e nella partecipazione, esacerbando divari esistenti se non governata con strategie mirate (Broccardo et al., 2019; Preston et al., 2020; Talebkah et al., 2021). La letteratura distingue quattro modalità di *publicness*: la service-user, focalizzata sull'efficienza dei servizi; l'entrepreneurial, che mira al valore economico; la political, che privilegia il dibattito; e la civic, legata alla libertà di espressione della società civile (Cowley et al., 2018; D'Auria et al., 2018; Riki et al., 2020). Pianificatori e legislatori tendono a privilegiare le prime due forme nelle loro agende, trascurando le dimensioni più democratiche che sono cruciali per una reale inclusione sociale.

Un problema emergente è l'uso crescente di automazione decisionale e piattaforme digitali nella governance urbana, che pone interrogativi sulla salvaguardia della sfera pubblica e dei diritti dei cittadini. In particolare, l'interazione tra cittadinanza e tecnologia deve essere attentamente gestita per evitare che si creino nuove forme di esclusione (Greenfield, 2017; Ryan & Anya, 2019). Emerge così la necessità di sviluppare strategie di governance che non solo incorporino tecnologie avanzate, ma che siano anche fondate su principi di giustizia sociale e inclusione (Kutty et al., 2020).

2 | Opportunità e potenzialità delle tecnologie digitali

Miglioramento dei quadri conoscitivi e simulazione urbana

Le tecnologie smart, tramite sensori IoT, permettono un monitoraggio urbano senza precedenti (flussi di traffico, consumi, qualità dell'aria), mentre i modelli *digital twin* consentono di simulare scenari e valutare l'impatto di nuovi progetti. Algoritmi di intelligenza artificiale (AI) e machine learning (ML) analizzano grandi volumi di dati per prevedere gli effetti di eventi estremi, ottimizzare i consumi energetici e migliorare la resilienza urbana (Deep & Verma, 2023; Pamudji, 2023). Le piattaforme di analisi e visualizzazione, permettendo l'accesso a dati complessi, promuovono decisioni più informate e basate su prove, coinvolgendo un pubblico più vasto nel processo decisionale (Preston et al., 2020; Romanelli, 2020). I modelli linguistici di grandi dimensioni (LLM) offrono nuove opportunità per la pianificazione partecipativa, supportando la redazione di documenti e la traduzione di linguaggi specialistici. Possono inoltre simulare le preferenze di diverse categorie di utenti, contribuendo a una progettazione più inclusiva (Lee, 2017; Ziosi et al., 2024). Utilizzando LLM come framework multi-agente è possibile generare scenari che riflettono le necessità di un'ampia gamma di residenti e produrre visualizzazioni intuitive, superando i limiti dei metodi tradizionali. In sintesi, le tecnologie smart, attraverso l'integrazione dell'IoT, big data, machine learning e strumenti di partecipazione assistita da LLM, rappresentano un passo significativo verso la realizzazione di città più intelligenti e resilienti, con grandi potenzialità per migliorare la qualità della vita urbana e rendere più efficaci i processi decisionali (Gracias et al., 2023; Lim et al., 2019; Qayyum et al., 2023). Tuttavia, queste stesse tecnologie, se non governate, rischiano di creare nuove forme di esclusione e di centralizzare il potere decisionale, come verrà discusso nella sezione seguente.

3 | Limiti e rischi di un uso acritico delle smart cities

Erosione della publicness e privatizzazione dello spazio urbano

Le smart cities offrono un potenziale duplice: promuovono l'efficienza e l'innovazione, ma possono anche ridurre il grado di accessibilità degli spazi urbani a causa della crescente privatizzazione. Quando la gestione dei beni pubblici è trasferita ai privati, si attuano criteri di profitto che ostacolano l'inclusione sociale e limitano l'accesso a spazi pubblici, creando barriere economiche e sociali (Kitchin, 2014; Morozova & Yatsechko, 2022; Piyaputri & Gamal, 2021). La visualizzazione della città "intelligente" come un agente di esclusione è supportata da evidenze che mostrano come una parte significativa delle famiglie urbane non disponga di una connessione a Internet adeguata, accentuando la disuguaglianza digitale (Piyaputri & Gamal, 2021; Shin et al., 2021). È evidente che gli sforzi per realizzare città più intelligenti e connesse devono integrare profondamente il coinvolgimento della comunità, garantendo che queste iniziative siano accessibili anche alle fasce vulnerabili della popolazione, per evitare che l'innovazione diventi uno strumento di esclusione invece che di inclusione.

Sorveglianza, centralizzazione dei dati e bias algoritmico

La raccolta massiccia di dati concentra il potere nelle mani di gestori privati e alimenta una governance post-politica, dove algoritmi opachi e logiche tecniche prevalgono sul dibattito democratico (Greenfield, 2017; Morozova & Yatsechko, 2022), con un concreto rischio di sorveglianza pervasiva. Inoltre, l'uso di algoritmi biasati amplifica disuguaglianze esistenti, come dimostrato da sistemi di riconoscimento facciale con inadeguati tassi di accuratezza per minoranze. Queste problematiche pongono interrogativi non solo sulla trasparenza, ma anche sulla responsabilità di chi gestisce i dati e le decisioni automatizzate, sollevando la necessità di un framework etico forte per garantire inclusività e giustizia sociale nel contesto delle smart cities (Meijer & Bolívar, 2015).

Implicazioni per la governance urbana

L'uso crescente di tecnologie smart nelle città modernizza la gestione urbana, ma solleva preoccupazioni sulla governance democratica. Le partnership pubblico-privato e l'esternalizzazione di servizi digitali possono compromettere il ruolo delle istituzioni pubbliche, cedendo il controllo a attori privati che perseguono obiettivi economici piuttosto che sociali (Greenfield, 2017). Questa situazione alimenta una governance post-democratica, dove i cittadini diventano spettatori delle scelte politiche anziché protagonisti, riducendo il dibattito pubblico sulle decisioni urbanistiche (Cardullo et al., 2019; Meijer & Bolívar, 2015; Pollio, 2016). La retorica dell'efficienza, spesso utilizzata per giustificare queste pratiche, può mascherare la complessità politica delle decisioni, portando a una maggiore discrezione da parte di operatori privati. Questo contribuisce a un discorso che privilegia le logiche di mercato su quelle della partecipazione civica. È essenziale per le amministrazioni creare spazi di partecipazione attiva, garantendo che l'adozione di

tecnologie smart non conduca a un'ulteriore marginalizzazione di voci già vulnerabili (Cardullo et al., 2019; Choo et al., 2023; Dragan et al., 2023).

4 | Strategie per promuovere la publicness nella città digitale

Bilanciare efficienza e valori sociali

L'esperienza delle smart cities dimostra che l'innovazione tecnologica non può sostituire l'analisi sociale e politica necessaria per affrontare le sfide urbane contemporanee. È fondamentale superare la visione tecnosoluzionistica, che sostiene che l'implementazione delle tecnologie dell'informazione possa automaticamente condurre a città più prospere ed eque. Le tecnologie digitali devono essere considerate strumenti al servizio di obiettivi collettivi, e la loro implementazione deve necessariamente essere integrata con politiche abitative, sociali e ambientali che affrontino le radici delle disuguaglianze sociali ed economiche (Agbali et al., 2019; Apanavičienė et al., 2020). Progetti di civic tech guidati dal basso, come piattaforme di pianificazione partecipativa e iniziative di cohousing cooperativo, mostrano come la tecnologia possa rafforzare il capitale sociale quando è orientata alla cooperazione e alla sostenibilità. Questi esempi evidenziano la possibilità di promuovere un coinvolgimento attivo dei cittadini nel processo decisionale, trasformando le smart cities in luoghi di empowerment piuttosto che di semplice tecnocrazia (Choo et al., 2023; Khalil et al., 2024). Inoltre, la governance delle smart cities deve abbracciare modelli inclusivi che incoraggiano la partecipazione dei cittadini e il dialogo aperto, per garantire che le soluzioni urbanistiche siano realmente reattive alle esigenze della comunità. In sintesi, la vera innovazione nelle smart cities non dipende esclusivamente dalle tecnologie stesse, ma dalla loro capacità di integrarsi in un contesto politico e sociale più ampio, promuovendo uguaglianza e giustizia sociale attraverso l'adozione di pratiche partecipative e inclusive (Attaran et al., 2022; Nooringsih & Susanti, 2022). Questo approccio non solo favorisce la sostenibilità, ma consolida anche il legame tra innovazione tecnologica e benessere collettivo.

Inclusività, trasparenza e proprietà dei dati

Per preservare la pubblica integrità nelle smart cities, è fondamentale progettare processi inclusivi e trasparenti. Le amministrazioni devono dotarsi di competenze adeguate per identificare e correggere i bias algoritmici, utilizzando algoritmi open source soggetti a audit indipendenti (Buyannemekh et al., 2024). Questo approccio garantisce che i cittadini possano comprendere e contestare le decisioni automatizzate, riducendo il rischio di esclusione e aumentando la fiducia pubblica nel sistema. La gestione dei dati urbani dovrebbe seguire un modello di bene comune, dove i dati sono raccolti e utilizzati con obiettivi pubblici ben definiti, assicurando un controllo democratico su accesso, privacy e distribuzione del valore generato (Paskaleva et al., 2017). L'integrazione di strumenti di intelligenza artificiale (AI) e modelli di linguaggio di grandi dimensioni (LLM) può incentivare la partecipazione cittadina se connessa a metodologie inclusive: ad esempio, la generazione di visualizzazioni di piani e scenari basati sulle proposte dei cittadini può rendere il processo di progettazione più accessibile e reattivo. Tuttavia, l'implementazione di tali tecnologie deve essere accompagnata da un aumento dell'alfabetizzazione digitale e da politiche di accesso equo alla connettività per evitare nuove barriere nell'accesso a informazioni e servizi fondamentali (Castelnovo et al., 2016). Solo in questo modo si possono evitare le situazioni in cui l'innovazione tecnologica diventa un ostacolo piuttosto che una risorsa per il benessere collettivo. È essenziale che le tecnologie non siano viste come soluzioni autonome, ma come strumenti che, se usati in modo strategico e inclusivo, possono contribuire a una governance urbana più democratica e partecipativa, in grado di affrontare le sfide sociali ed economiche esistenti. La sinergia tra tecnologia e politiche sociali rappresenta il cuore di un futuro urbano sostenibile e realmente inclusivo.

Il ruolo dell'urbanista

In questo contesto, l'urbanista gioca un ruolo cruciale come mediatore tra innovazione tecnologica e diritti urbani. La sua competenza si estende ben oltre l'uso degli strumenti digitali, includendo la capacità di comprendere criticamente il funzionamento delle tecnologie e esaminare i loro impatti etici, sociali ed economici; difendere la sfera pubblica contro la privatizzazione e la sorveglianza eccessiva, che possono compromettere la qualità della vita urbana (D'Auria et al., 2018; Pollio, 2016); e promuovere percorsi partecipativi, sfruttando le potenzialità di tecnologie come i modelli di linguaggio (LLM) e le piattaforme digitali, per coinvolgere anche chi non ha competenze tecniche o accesso ai mezzi necessari. Inoltre, l'urbanista è responsabile della definizione di normative e linee guida per l'uso etico dell'IA, collaborando con giuristi, eticisti e policy makers (Baidal et al., 2023). È fondamentale educare e sensibilizzare cittadini e istituzioni riguardo alle opportunità e ai rischi associati a queste tecnologie, contribuendo a colmare il divario

di consapevolezza e promuovendo una cultura critica nei confronti della tecnologia. Questo approccio integrato non solo garantisce l'inclusione di tutti i cittadini nei processi decisionali, ma rafforza anche la capacità delle città di affrontare le sfide moderne in modo sostenibile e giusto.

5 | Conclusioni

La transizione verso città sempre più digitali rappresenta una sfida epocale in cui l'uso delle tecnologie smart e dell'intelligenza artificiale offre strumenti potenti per la gestione di fenomeni complessi. Tuttavia, questa transizione comporta anche rischi significativi, inclusi esclusione, sorveglianza e privatizzazione degli spazi pubblici. La publicness emerge come una lente critica per valutare tali trasformazioni, poiché essa non si limita alla disponibilità fisica degli spazi, ma abbraccia anche aspetti di trasparenza, inclusione e partecipazione attiva ai processi decisionali (Romanelli, 2020). Studiare la letteratura esistente mostra che le modalità di publicness che si avvicinano alla deliberazione democratica e alla libertà di espressione sono raramente prioritizzate nelle agende di sviluppo delle smart cities, le quali tendono ad essere dominate da approcci imprenditoriali e orientati ai servizi (Buyannemekh et al., 2024). Per evitare che le smart cities diventino veicoli di privatizzazione e esclusione, è essenziale adottare strategie che bilancino efficienza e diritti fondamentali, implementando modelli di governance aperta e partecipativa. L'urbanista e i membri della comunità scientifica hanno la responsabilità di guidare questo cambiamento, promuovendo un ambiente urbano che non si limiti ad adottare tecnologie, ma che valorizzi attivamente la dimensione pubblica e i diritti degli abitanti. È necessario progettare infrastrutture digitali come beni comuni che siano accessibili, trasparenti e responsabili, garantendo che l'uso delle tecnologie smart contribuisca a una governance più giusta e inclusiva. In questo contesto, l'integrazione di tecnologie come i modelli di linguaggio (LLM) può favorire la partecipazione pubblica se accompagnata da politiche di alfabetizzazione digitale e accesso equo alla tecnologia. È fondamentale che i cittadini possano contribuire attivamente ai processi decisionali e comprendere le implicazioni delle tecnologie utilizzate nelle loro città. Solo attraverso una progettazione consapevole e collaborativa si può garantire che le smart cities non solo siano efficienti, ma anche equamente distribuite e sostenibili (Jayasena et al., 2019; Nooringsih & Susanti, 2022). La sfida, dunque, non è tanto 'se' adottare le tecnologie smart, ma 'come' progettarle affinché la dimensione pubblica della città non solo sopravviva, ma ne esca rafforzata. Quali framework di governance possono garantire che l'efficienza algoritmica non prevalga mai sulla giustizia sociale?

Riferimenti bibliografici

- Agbali, M., Trillo, C., Ibrahim, I. A., Arayici, Y., & Fernando, T. (2019). Are Smart Innovation Ecosystems Really Seeking to Meet Citizens' Needs? Insights from the Stakeholders' Vision on Smart City Strategy Implementation. *Smart Cities*, 2(2), Articolo 2. <https://doi.org/10.3390/smartcities2020019>
- Apanavičienė, R., Vanagas, A., & Fokaides, P. A. (2020). Smart Building Integration into a Smart City (SBISC): Development of a New Evaluation Framework. *Energies*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/en13092190>
- Attaran, H., Kheibari, N., & Bahrepour, D. (2022). Toward integrated smart city: A new model for implementation and design challenges. *GeoJournal*, 87(4), 511–526. <https://doi.org/10.1007/s10708-021-10560-w>
- Baidal, J. A. I., Casado-Díaz, A. B., Navarro-Ruiz, S., & Fuster-Uguet, M. (2023). Smart tourism city governance: Exploring the impact on stakeholder networks. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 36(2). <https://doi.org/10.1108/ijchm-03-2022-0322>
- Broccardo, L., Culasso, F., & Mauro, S. G. (2019). Smart city governance: Exploring the institutional work of multiple actors towards collaboration. *International Journal of Public Sector Management*, 32(4). <https://doi.org/10.1108/ijpsm-05-2018-0126>
- Buyannemekh, B., Gasco-Hernandez, M., & Gil-Garcia, J. R. (2024). Fostering Smart Citizens: The Role of Public Libraries in Smart City Development. *Sustainability*, 16(5), Articolo 5. <https://doi.org/10.3390/su16051750>
- Cardullo, P., Felicianantonio, C. D., & Kitchin, R. (2019). *The Right to the Smart City*. Emerald Publishing Limited. <https://www.perlego.com/book/863698/the-right-to-the-smart-city-pdf>
- Castelnovo, W., Misuraca, G., & Savoldelli, A. (2016). Smart Cities Governance: The Need for a Holistic Approach to Assessing Urban Participatory Policy Making. *Social Science Computer Review*, 34(6), 724–739. <https://doi.org/10.1177/0894439315611103>
- Chen, T., Gil-García, J. R., & Gascó-Hernández, M. (2022). Understanding social sustainability for smart

- cities: The importance of inclusion, equity, and citizen participation as both inputs and long-term outcomes. *Journal of Smart Cities and Society*, 1(2). <https://doi.org/10.3233/scs-210123>
- Choo, M., Choi, Y. W., Yoon, H., Bae, S. B., & Yoon, D. K. (2023). Citizen Engagement in Smart City Planning: The Case of Living Labs in South Korea. *Urban Planning*, 8(2). <https://doi.org/10.17645/up.v8i2.6416>
- Cowley, R., Joss, S., & Dayot, Y. (2018). The smart city and its publics: Insights from across six UK cities. *Urban Research and Practice*, 11(1), 53–77. <https://doi.org/10.1080/17535069.2017.1293150>
- D'Auria, A., Tregua, M., & Vallejo-Martos, M. C. (2018). Modern Conceptions of Cities as Smart and Sustainable and Their Commonalities. *Sustainability*, 10(8), Articolo 8. <https://doi.org/10.3390/su10082642>
- Deep, G., & Verma, J. (2023). Embracing the Future: AI and ML Transforming Urban Environments in Smart Cities. *Journal on Artificial Intelligence*, 5(0). <https://doi.org/10.32604/jai.2023.043329>
- Dragan, A., Crețan, R., & Bulzan, R. D. (2023). The spatial development of peripheralisation: The case of smart city projects in Romania. *Area*, 56(1). <https://doi.org/10.1111/area.12902>
- Gracias, J. S., Parnell, G. S., Specking, E., Pohl, E. A., & Buchanan, R. (2023). Smart Cities—A Structured Literature Review. *Smart Cities*, 6(4). <https://doi.org/10.3390/smartcities6040080>
- Greenfield, A. (con un contributo di Internet Archive). (2017). *Radical technologies: The design of everyday life*. London ; New York : Verso. <http://archive.org/details/radicaltechnolog0000gree>
- Hollands, R. (2014). Critical interventions into the corporate smart city. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 8(1). <https://doi.org/10.1093/cjres/rsu011>
- Jayasena, N. S., Mallawaarachchi, H., & Waidyasekara, K. G. a. S. (2019). Stakeholder Analysis For Smart City Development Project: An Extensive Literature Review. *MATEC Web of Conferences*, 266, 06012. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201926606012>
- Khalil, Z. F., Muazzinah, Zamharira, C., Zalikha, S. N., Dian, W., Safitri, & Wulandari, D. (2024). Governance Analysis in Driving Smart City Policy in Aceh. *KnE Social Sciences*, 121–129. <https://doi.org/10.18502/kss.v9i7.15470>
- Kitchin, R. (2014). The real-time city? Big data and smart urbanism. *GeoJournal*, 79(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s10708-013-9516-8>
- Kutty, A. A., Abdella, G. M., Kucukvar, M., Onat, N. C., & Bulu, M. (2020). A system thinking approach for harmonizing smart and sustainable city initiatives with United Nations sustainable development goals. *Sustainable Development*, 28(5), 1347–1365. <https://doi.org/10.1002/sd.2088>
- Lee, T. (2017). Are Smart Cities Sustainable? Toward the Integration of the Sustainable and Smart City. *Journal of Environmental Policy and Administration*, 25(S). <https://doi.org/10.15301/jepa.2017.25.s.129>
- Lim, Y., Edelenbos, J., & Gianoli, A. (2019). Identifying the results of smart city development: Findings from systematic literature review. *Cities*, 95, 102397. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.102397>
- Meijer, A., & Bolívar, M. P. R. (2015). Governing the smart city: A review of the literature on smart urban governance. *International Review of Administrative Sciences*, 82(2). <https://doi.org/10.1177/0020852314564308>
- Morozova, I. A., & Yatsechko, S. S. (2022). The Risks of Smart Cities and the Perspectives of Their Management Based on Corporate Social Responsibility in the Interests of Sustainable Development. *Risks*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/risks10020034>
- Nooringsih, K., & Susanti, R. (2022). Implementation of Smart City Concept for Sustainable Development in Semarang Old Town Area. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1082(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1082/1/012034>
- Pamudji, A. K. (2023). IoT-driven Environmental Support System for Smart Cities. *SISFORMA*, 10(1), Articolo 1. <https://doi.org/10.24167/sisforma.v10i1.10209>
- Paskaleva, K., Evans, J., Martin, C. B., Linjordet, T., Yang, D., & Karvonen, A. (2017). Data Governance in the Sustainable Smart City. *Informatika*, 4(4). <https://doi.org/10.3390/informatika4040041>
- Piyaputri, M., & Gamal, A. (2021). Private sector involvement in public space management and its varying degree of publicness. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 673(1), 012023. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/673/1/012023>
- Pollio, A. (2016). Smart cities as hacker cities. Organized urbanism and restructuring welfare in crisis-ridden Italy. *Nóesis. Revista De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 25(49–1). <https://doi.org/10.20983/noesis.2016.12.3>
- Preston, S., Mazhar, M. U., & Bull, R. K. (2020). Citizen Engagement for Co-Creating Low Carbon Smart Cities: Practical Lessons from Nottingham City Council in the UK. *Energies*, 13(24).

- <https://doi.org/10.3390/en13246615>
- Qayyum, F., Jamil, H., & Ali, F. (2023). A Review of Smart Energy Management in Residential Buildings for Smart Cities. *Energies*, 17(1). <https://doi.org/10.3390/en17010083>
- Riki, R., Widyarto, S., Kahar, S., & Hariyanto, S. (2020). Smart City Comprehension in Community Development. *Proceedings of the Proceedings of the Third Workshop on Multidisciplinary and Its Applications, WMA-3 2019, 11-14 December 2019*. <https://doi.org/10.4108/eai.11-12-2019.2290864>
- Romanelli, M. (2020). Analysing the role of information technology towards sustainable cities living. *Kybernetes*, 49(7), 2037–2052. <https://doi.org/10.1108/K-07-2019-0516>
- Ryan, M., & Anya, G. (2019). Ethics of Using Smart City AI and Big Data: The Case of Four Large European Cities. *The ORBIT Journal*, 2(2). <https://doi.org/10.29297/orbit.v2i2.110>
- Shin, S., Kim, D.-W., & Chun, S. A. (2021). Digital Divide in Advanced Smart City Innovations. *Sustainability*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/su13074076>
- Talebkhah, M., Sali, A., Marjani, M., Gordan, M., Hashim, S. J., & Rokhani, F. Z. (2021). IoT and Big Data Applications in Smart Cities: Recent Advances, Challenges, and Critical Issues. *IEEE Access*, 9, 55465–55484. *IEEE Access*. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3070905>
- Ziosi, M., Hewitt, B., Juneja, P., Taddeo, M., & Floridi, L. (2024). Smart cities: Reviewing the debate about their ethical implications. *AI & SOCIETY*, 39(3), 1185–1200. <https://doi.org/10.1007/s00146-022-01558-0>

L'Intelligenza Artificiale nella pratica urbanistica: verso una nuova dimensione della *publicness* attraverso i Large Language Model

Pierfrancesco Celani

Università della Calabria
Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente
Email: pierfrancesco.celani@unical.it

Antonella Pelaggi

Università della Calabria
Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente
Email: antonella.pelaggi@unical.it

Abstract

L'evoluzione delle tecnologie digitali sta ridefinendo profondamente la pianificazione urbana, introducendo strumenti capaci di integrare dati complessi, generare simulazioni e supportare decisioni basate sull'evidenza. In questo contesto, l'Intelligenza Artificiale (IA) e, in particolare, i Large Language Models (LLM), si configurano come una frontiera emergente. Essi non si limitano ad aumentare l'efficienza operativa, ma aprono a nuove modalità di mediazione cognitiva e comunicativa tra istituzioni, professionisti e cittadini. Il contributo analizza criticamente il ruolo dei LLM in urbanistica, evidenziandone le principali potenzialità: sintesi documentale, traduzione di linguaggi tecnici, descrizione di scenari alternativi e facilitazione dei processi partecipativi. Parallelamente, vengono discussi i rischi connessi alla loro adozione, quali bias algoritmici, opacità dei processi, dipendenza da piattaforme proprietarie ed esclusione digitale. Il contributo propone strategie per un'integrazione responsabile dei modelli linguistici, basate su trasparenza, co-design, governance ibrida e sviluppo di digital commons, e richiama alcune esperienze applicative recenti che mostrano sia le opportunità che le criticità. Le conclusioni sottolineano come i LLM possano contribuire a una pianificazione più inclusiva e trasparente, a condizione che siano governati entro quadri etici e regolativi capaci di bilanciare innovazione e valori democratici.

Parole chiave: urbanism, innovation, governance

1 | Introduzione

Negli ultimi decenni, l'evoluzione delle tecnologie digitali ha trasformato profondamente la pianificazione urbana, aprendo la strada a strumenti sempre più sofisticati per l'analisi e la gestione dei sistemi territoriali. In questo scenario, l'Intelligenza Artificiale (IA) e, in particolare, i Large Language Models (LLM), si collocano come una frontiera emergente di grande interesse, non limitandosi a incrementare l'efficienza operativa, ma prospettando nuove modalità di supporto ai processi decisionali, comunicativi e partecipativi. L'obiettivo di questo contributo è analizzare criticamente le potenzialità e i rischi legati all'introduzione dei LLM nella pratica urbanistica, valutandone l'impatto sulla qualità democratica dei processi pubblici. Da un lato, questi strumenti promettono di rafforzare la costruzione di quadri conoscitivi, facilitare la comprensione dei linguaggi specialistici e ampliare le opportunità di partecipazione; dall'altro, pongono questioni delicate connesse a bias algoritmici, opacità dei modelli, dipendenza da piattaforme proprietarie e divario digitale.

Il percorso di ricerca si articola in più fasi: dapprima viene delineato lo stato dell'arte delle principali tecnologie urbane digitali per inquadrare il ruolo dei LLM entro una cornice più ampia di innovazioni; successivamente vengono esaminate le loro potenzialità applicative nella pianificazione, seguite da un'analisi delle criticità e da proposte di strategie per una loro integrazione responsabile; infine si presentano alcuni casi applicativi internazionali e si riflette sulle prospettive future di sviluppo.

2 | I Large Language Models in Urbanistica

L'innovazione digitale ha introdotto negli ultimi anni strumenti sempre più sofisticati per la conoscenza e la gestione delle città. Tecnologie come i digital twin consentono di costruire repliche virtuali dinamiche dei sistemi urbani, permettendo simulazioni predittive e valutazioni di impatto delle trasformazioni (Batty, 2018). Parallelamente, i Sistemi Informativi Geografici (GIS) costituiscono ormai un riferimento

consolidato per la pianificazione, grazie alla loro capacità di integrare e analizzare dati territoriali provenienti da fonti eterogenee. Questi strumenti hanno contribuito a rinnovare l'approccio urbanistico, offrendo nuove possibilità di analisi e supporto decisionale. Più recentemente, le strategie di GeoAI hanno ulteriormente rafforzato questo quadro, combinando intelligenza artificiale e geoinformatica per ottimizzare l'uso del suolo e migliorare la sostenibilità dei processi pianificatori (Aidaoui, Dechaicha, Alkama, Menai, Salah Salah, 2024).

Infine anche l'urban design sta vivendo una trasformazione profonda. L'introduzione di strumenti computazionali e approcci basati sui dati ha modificato le pratiche progettuali, influenzando il modo in cui i professionisti interagiscono con i cittadini e costruiscono processi decisionali più inclusivi (Gün, 2023). In questo scenario, i Large Language Models rappresentano una frontiera emergente che si distingue per la capacità di operare non solo come strumenti di calcolo o simulazione, ma come mediatori cognitivi e comunicativi.

2.1 | Stato dell'arte delle tecnologie digitali urbane

La pianificazione contemporanea è sempre più influenzata dall'impiego di strumenti digitali che integrano dati complessi e supportano processi decisionali basati sull'evidenza (Aidaoui et al., 2024). I digital twin sono modelli virtuali delle città che possono essere utilizzati per simulare e monitorare i sistemi urbani in tempo reale (Batty, 2018). Accanto a questi, le control room urbane aggregano informazioni da sensori, piattaforme e servizi, offrendo un quadro dinamico e centralizzato del funzionamento cittadino.

I GIS restano un pilastro dell'analisi territoriale, capaci di organizzare dati geospaziali e produrre scenari di sviluppo. La loro evoluzione verso applicazioni web e banche dati distribuite ne ha ampliato l'accessibilità, rendendoli utili anche in processi partecipativi. Tuttavia la natura tecnica di questi strumenti limita l'accesso ai non addetti ai lavori. È in questo spazio che i LLM si propongono come mediatori tra complessità tecnica e comunicazione pubblica, con potenzialità di democratizzazione della conoscenza urbanistica (Gün, 2023).

2.2 | Potenzialità dei LLM

I Large Language Models offrono una serie di funzioni che possono incidere in profondità sulla pratica urbanistica. Le loro potenzialità non si esauriscono nella velocità di elaborazione dei dati, ma riguardano la capacità di mediare linguaggi, rendere accessibili contenuti complessi e facilitare processi partecipativi. In sintesi, le principali aree di applicazione sono quattro:

- **Analisi documentale e quadri conoscitivi.**
I LLM possono processare grandi volumi di documenti urbanistici (piani regolatori, normative, osservazioni pubbliche), individuando connessioni e producendo sintesi coerenti. In questo modo supportano la costruzione di quadri conoscitivi più completi, riducendo tempi di analisi e rischio di frammentazione.
- **Comunicazione accessibile e mediazione linguistica.**
Traducendo linguaggi specialistici in forme chiare e comprensibili, i LLM abbattano le barriere comunicative tra tecnici e cittadini. Allo stesso tempo, sanno strutturare gli input della cittadinanza, restituendoli in forma utilizzabile dai decisori.
- **Simulazione scenari e visualizzazione**
Integrati con GIS e digital twin, i LLM non simulano direttamente, ma trasformano output tecnici in descrizioni narrative e rappresentazioni più accessibili. Questo favorisce il confronto collettivo su scenari alternativi e rende più trasparenti le scelte urbanistiche;
- **Facilitazione dei processi partecipativi**
Nei percorsi di consultazione, i LLM possono analizzare e sintetizzare grandi quantità di contributi testuali, individuando temi emergenti e priorità condivise. Ciò consente di valorizzare la pluralità delle voci e ridurre il rischio di consultazioni meramente formali.

3 | Criticità e Rischi

L'integrazione dei Large Language Models nella pratica urbanistica solleva rischi che investono tanto aspetti tecnici quanto dimensioni sociali e politiche del governo della città. In primo luogo, i cosiddetti bias algoritmici rappresentano una minaccia concreta: i modelli sono addestrati su grandi corpora testuali che riflettono rappresentazioni culturali e disuguaglianze presenti nelle fonti originali, per cui l'uso dei LLM per sintetizzare osservazioni pubbliche o generare scenari, può riprodurre o amplificare stereotipi e squilibri, con effetti potenzialmente penalizzanti per gruppi marginalizzati (Corbett-Davies & Goel, 2018). Questo

problema non è soltanto tecnico ma normativo, perché condiziona la qualità distributiva e la giustizia territoriale.

Un secondo nodo riguarda la trasparenza e la rendicontazione: i LLM funzionano spesso come black box la cui logica interna è difficile da ricostruire e la semplice disponibilità dei risultati non garantisce che cittadini, professionisti o decisori capiscano come essi siano stati prodotti. Le critiche teoriche alla mera “trasparenza” come panacea per la responsabilità algoritmica sono state ampiamente discusse e suggeriscono che guardare “dentro” la scatola non è sempre sufficiente né suffragato da pratiche efficaci di governance (Ananny & Crawford, 2018). Di fatto, senza strumenti di explainability e procedure istituzionali che traducano i processi algoritmici in pratiche di responsabilità verificabili, l'adozione dei LLM può indebolire piuttosto che rafforzare la legittimità pubblica.

A tutto ciò si aggiunge il rischio di dipendenza tecnologica: molti modelli avanzati e le infrastrutture che li sostengono sono controllati da grandi aziende private, creando condizioni in cui le amministrazioni possono perdere autonomia gestionale, capacità di verifica e controllo sui dati e sulle modalità decisionali (Crawford, 2021). Questa subordinazione infrastrutturale ha implicazioni di governance molto profonde, perché trasferisce parte del potere decisionale e della gestione della conoscenza pubblica verso attori esterni alla sfera democratica.

Infine, il digital divide costituisce una criticità di natura inclusiva: l'effettiva fruizione e partecipazione ai processi mediati dall'IA richiede competenze digitali e accesso a infrastrutture che non sono distribuiti in modo omogeneo. L'introduzione dei LLM nei processi partecipativi rischia pertanto di escludere fasce significative della popolazione, con il paradosso che strumenti pensati per ampliare l'accesso all'informazione possano invece rafforzare la rappresentatività dei soli segmenti più digitalizzati (Yigitcanlar, Desouza, Butler, Roozkhosh, 2020).

Nel complesso, queste criticità indicano che l'adozione dei LLM in urbanistica non è neutrale: senza politiche di mitigazione esplicite — che comprendano valutazioni d'impatto, misure di explainability, meccanismi di controllo pubblico e azioni per ridurre il divario digitale — i modelli linguistici corrono il rischio di degradare la qualità democratica dei processi decisionali piuttosto che migliorarli.

4 | Strategie per l'integrazione responsabile

Affinché i Large Language Models possano essere integrati nella pratica urbanistica senza compromettere la qualità democratica dei processi, è necessario sviluppare strategie mirate che bilancino l'innovazione tecnologica con i valori civici e sociali. Una prima condizione riguarda la trasparenza algoritmica. L'opacità dei modelli non consente ai cittadini né agli esperti di comprendere fino in fondo come vengano generati risultati e sintesi; per questo occorre promuovere sistemi di explainable AI, capaci di restituire logiche, fonti e margini di incertezza in modo verificabile (Ananny & Crawford, 2018). Solo rendendo visibile la catena che porta dalla base dati all'output finale si può garantire fiducia e responsabilità collettiva.

Un secondo ambito fondamentale è il co-design. Coinvolgere cittadini, professionisti e amministratori nei processi di progettazione e adattamento delle tecnologie significa orientarle verso i bisogni reali dei territori e allo stesso tempo rafforzarne l'accettabilità sociale. Esperienze recenti hanno mostrato come l'uso di strumenti computazionali in urban design favorisca la costruzione di spazi di interazione più inclusivi e consapevoli, riducendo la distanza tra comunità ed esperti (Gün, 2023).

A queste misure si aggiunge la necessità di definire forme di governance ibrida, che vedano la tecnologia come supporto ma non in sostituzione dei processi deliberativi. I LLM devono integrare e ampliare la capacità cognitiva e comunicativa delle istituzioni, senza mai ridurre il ruolo della decisione politica e della responsabilità pubblica. Una governance di questo tipo non elimina l'algoritmo, ma lo inserisce in un quadro regolativo che valorizza il controllo umano e la deliberazione collettiva (Yigitcanlar et al., 2020).

Infine, la creazione di digital commons pubblici costituisce una strategia chiave. Affidarsi esclusivamente a piattaforme private comporta rischi di dipendenza tecnologica e perdita di autonomia istituzionale; sviluppare infrastrutture open source e accessibili, al contrario, garantisce equità, inclusione e possibilità di verifica diffusa (Bria & Morozov, 2018). Questi beni digitali comuni possono diventare il terreno condiviso per una pianificazione urbana che sia davvero al servizio della collettività, rafforzando la capacità di autogoverno delle città.

5 | Casi applicativi

Sebbene l'impiego dei Large Language Models in urbanistica sia ancora in una fase iniziale, alcuni contributi internazionali offrono già esempi significativi di applicazione, utili per comprendere sia le potenzialità sia i limiti di questi strumenti. Uno dei casi più interessanti è quello proposto da Zhou, Lin, Jin, Li, (2024), che

³¹ Fistola R., Morello E. (a cura di, 2026), Nuove tecnologie, pratiche digitali, intelligenza artificiale e publicness, Atti della XXVII Conferenza Nazionale SIU "Publicness: le sfide della dimensione pubblica nelle città e nei territori", Milano, 18-20 giugno 2025, vol. 11, Planum Publisher e Società Italiana degli Urbanisti, Roma-Milano. | 978-88-99237-94-3

esplora l'uso dei LLM nella pianificazione partecipativa attraverso la costruzione di un sistema multi-agente. In questo quadro i modelli vengono utilizzati per simulare le interazioni di diversi profili di residenti, ciascuno caratterizzato da preferenze e priorità specifiche, con l'obiettivo di generare dinamiche simili a quelle che emergono nei processi deliberativi reali. Il risultato è un ambiente sperimentale che permette ai pianificatori di testare scenari e valutare reazioni collettive prima di attivare consultazioni pubbliche su larga scala. L'esperimento mostra come i LLM possano diventare strumenti preziosi per arricchire la fase di progettazione partecipata, riducendo tempi e costi e ampliando la gamma di prospettive considerate. Tuttavia gli autori evidenziano anche i limiti intrinseci del modello: le simulazioni riflettono i bias dei dati di addestramento e non possono sostituire l'esperienza diretta del confronto con i cittadini. Più che un'alternativa alla partecipazione tradizionale, si tratta dunque di un supporto complementare, utile a esplorare scenari preliminari e a rafforzare la consapevolezza dei decisori.

Un secondo contributo rilevante è quello di Zheng, Liu, Lin, Feng, Zhang, Jin, Li, (2025), che introduce UrbanPlanBench, il primo benchmark concepito specificamente per valutare le performance dei LLM in compiti tipici della pianificazione urbana. La piattaforma raccoglie un ampio ventaglio di attività, dall'analisi normativa all'elaborazione di scenari, offrendo uno strumento comparativo capace di misurare in modo oggettivo i punti di forza e i limiti dei diversi modelli. Ciò rappresenta un passo importante verso la definizione di standard condivisi, colmando il vuoto metodologico che finora ha caratterizzato l'applicazione dell'intelligenza artificiale al governo delle città. UrbanPlanBench non si limita a fornire un test tecnico, ma contribuisce a stabilire un linguaggio comune tra ricercatori, amministratori e sviluppatori, creando le condizioni per un'evoluzione più consapevole e regolata delle tecnologie basate su LLM.

Questi due esempi, pur diversi tra loro, convergono nel dimostrare che l'impiego dei modelli linguistici in urbanistica non è una prospettiva astratta, ma una realtà già in sperimentazione. Da un lato, le simulazioni partecipative mostrano come i LLM possano facilitare il dialogo e l'inclusione; dall'altro, la creazione di benchmark dedicati offre strumenti per garantire trasparenza, comparabilità e affidabilità. Entrambe le esperienze sottolineano la necessità di integrare innovazione tecnologica e attenzione ai valori democratici, indicando che la strada verso un'urbanistica supportata dall'IA è promettente, ma deve essere percorsa con cautela e senso critico.

6 | Discussione e conclusioni

L'analisi svolta mostra come i LLM possano incidere in profondità sulla pratica urbanistica, non solo migliorando l'accessibilità delle informazioni e la comprensione dei linguaggi specialistici, ma anche favorendo la partecipazione e l'esplorazione di scenari alternativi. Al tempo stesso, permangono rischi significativi legati a bias algoritmici, opacità dei modelli, dipendenza da piattaforme proprietarie ed esclusione digitale, che impongono un approccio critico e regolato.

Come sottolineato da Douay (2018), la pianificazione nell'era digitale non coincide semplicemente con l'adozione di nuove tecnologie, ma con una trasformazione più ampia delle pratiche e dei rapporti tra istituzioni e cittadini. L'integrazione dei LLM deve quindi essere considerata parte di questo processo, dove il valore della publicness urbana dipende dalla capacità di bilanciare innovazione ed equità.

Riferimenti bibliografici

- Aidaoui, A., Dechaicha, A., Alkama, D., Menai, I., e Salah Salah, H. (2024), "Mapping tomorrow's cities: GeoAI strategies for sustainable urban planning and land use optimization", in *Journal of Contemporary Urban Affairs*, 8(1), pp. 158–176. <https://doi.org/10.25034/ijcua.2024.v8n1-9>
- Ananny, M., e Crawford, K. (2018), "Seeing without knowing: Limitations of the transparency ideal and its application to algorithmic accountability", in *New Media & Society*, 20, pp. 973–989. <https://doi.org/10.1177/1461444816676645>
- Batty, M. (2018), "Digital twins", in *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 45(5), pp. 817–820.
- Bria, F., e Morozov, E. (2018), *Ripensare la smart city*, Codice edizioni.
- Corbett-Davies, S., e Goel, S. (2018), "The measure and mismeasure of fairness", in *arXiv (Cornell University)*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.1808.00023>
- Crawford, K. (2021), *Atlas of AI: Power, Politics, and the Planetary Costs of Artificial Intelligence*, Yale University Press.
- Douay, N. (2018), *Urban planning in the digital age*, John Wiley & Sons.

- Gün, A. (2023), “Urban design evolved: The impact of computational tools and data-driven approaches on urban design practices and civic participation”, in *Journal of Contemporary Urban Affairs*, 7(1), pp. 242–260. <https://doi.org/10.25034/ijcua.2023.v7n1-16>
- Terracciano, A., e Ferramosca, G. (2023), “From urban vulnerabilities to resilience: Lessons from Messina’s integrated risk approach”, in *Journal of Contemporary Urban Affairs*, 7(2), pp. 219–243. <https://doi.org/10.25034/ijcua.2023.v7n2-14>
- Yigitcanlar, T., Desouza, K. C., Butler, L., e Roozkhosh, F. (2020), “Contributions and Risks of Artificial Intelligence (AI) in Building Smarter Cities: Insights from a Systematic Review of the Literature”, in *Energies*, 13(6), p. 1473. <https://doi.org/10.3390/en13061473>
- Yigitcanlar, T. (2021), “Smart City Beyond Efficiency: Technology–Policy–Community at Play for Sustainable Urban Futures”, in *Housing Policy Debate*, 31(1), pp. 88–92. <https://doi.org/10.1080/10511482.2020.1846885>
- Zheng, Y., Liu, L., Lin, Y., Feng, J., Zhang, G., Jin, D., e Li, Y. (2025), “UrbanPlanBench: A comprehensive urban planning benchmark for evaluating large language models”, in *Proceedings of KDD 2025*.
- Zhou, Z., Lin, Y., Jin, D., e Li, Y. (2024), “Large language model for participatory urban planning”, in *arXiv (Cornell University)*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2402.17161>

Codice urbano sorgente. Piattaforme proprietarie e governance condivisa

Chiara Centanaro

Università degli Studi di Genova
DAD – Dipartimento di Architettura e Design
Email: chiara.centanaro@edu.unige.it

Abstract

Le piattaforme urbane operano come dispositivi di raccolta, elaborazione e governo dei dati, generando tensioni tra l'originaria promessa di orizzontalizzazione del digitale e le attuali dinamiche di accentramento e chiusura. Attraverso riferimenti teorici e casi applicativi, si evidenzia come la datificazione dei fenomeni urbani rischi di ridurre la complessità della città a schemi deterministici, condizionando la capacità collettiva di interpretazione e azione. Questi processi alimentano previsioni di progetto che orientano priorità e scenari decisionali, trasformando il software e gli algoritmi in nuove infrastrutture normative. Diventa quindi necessario decodificarne le logiche e aprirle alla partecipazione di cittadini, municipalità e progettisti attraverso processi inclusivi di co-progettazione. L'apertura – del codice, dei dati e dei processi – è la condizione abilitante per una progettualità urbana capace di negoziare e co-produrre regole e modelli, in linea con il dibattito sull'*algorithmic governance* e con strumenti come la *decision provenance*, che rendono leggibili e condivisibili le catene decisionali.

Parole chiave: governance, information technology, inclusive processes

Piattaforme urbane: dati, algoritmi, progetto

«Like a force of nature, the digital age cannot be denied or stopped. It has four very powerful qualities that will result in its ultimate triumph: decentralizing, globalizing, harmonizing, and empowering» (Negroponte, 1995, p. 229). Dal 1995, inizio dell'era digitale, a oggi la frontiera è cambiata e, dall'iniziale promessa, secondo Koolhaas, oggi si assiste a processi sempre più diffusi di accentramento: «questo convergere di retoriche – la «città intelligente», la «classe creativa» e l'«innovazione» sta portando argomenti sempre più forti a favore dell'accentramento. Se si vede la sala di controllo di una città intelligente, come quella gestita dall'IBM a Rio de Janeiro, non si può evitare di porsi alcune domande su quale sia la portata di ciò che viene in realtà controllato [...] Le smart city e la politica hanno preso strade diverse, crescendo in mondi separati. È assolutamente fondamentale che questi due mondi riescano a convergere di nuovo». (Koolhaas, 2021: 204-207). L'attuale accentramento del potere decisionale si scontra quindi con l'iniziale promessa di orizzontalizzazione. Secondo il professore di cibernetica William Ross Ashby, la "L'ultrastabilità" è la caratteristica che riduce «la complessità del mondo a dati statistici, immunizzandola contro ogni forma di alterità del reale. Quasi tutto viene percepito, mediato, da e per gli algoritmi» (Mhalla, 2024: 36) che individuano schemi e modelli, con il rischio di «tornare a una visione deterministica della società» (Nowotny, 2022: 65).

La sociologa Saskia Sassen identifica come conflittuale la relazione tra le città - insieme di sistemi aperti e incompleti che grazie al loro codice genetico si sono riconfigurate fino ad oggi - e i sistemi tecnologici/piattaforme urbane di analisi dei dati - sistemi chiusi che riducono i fenomeni urbani a sistemi quantificati e semplificati: «but it seems to me that these are systems that really need a certain level of control to function. Which means that they're pretty closed» (Sassen, 2011).

Secondo Giancarlo De Carlo, la riduzione della complessità urbana tramite specializzazione e gerarchizzazione dello spazio produce assoggettamento ai processi produttivi e rafforza il controllo sociale (De Carlo, 2013). Questa logica chiusa si ritrova oggi nella datificazione: l'agire, i comportamenti e le esperienze vengono trasformati in dati, resi misurabili e processabili da algoritmi che indirizzano percezioni e decisioni, fino a sostituirsi ad esse.

L'adozione di piattaforme tecnologiche avanzate per la gestione e la predizione dei fenomeni urbani apre a riflessioni sulla governance sia dei sistemi tecnologici che influenzano le scelte progettuali urbane, sia sulla governance urbana di progettazione/gestione/utilizzo delle piattaforme stesse. Le tecnologie non sono neutre e, come dimostra Cathy O'Neil, «i modi in cui la piattaforma tecnologica viene progettata, pensata,

organizzata, i set di dati inseriti, i filtri tecnici, etici o morali applicati, formano dei bias e dei pregiudizi intrinseci» (Mhalla, 2024: 37).

L'uso di piattaforme proprietarie, come quelle sviluppate da grandi aziende tecnologiche –Big Tech– può limitare l'accesso pubblico alle informazioni; la difficoltà di accesso al codice e alle logiche che correlano i dati urbani può essere un ostacolo alla definizione di processi di governance condivisi, condizionando la capacità di comprendere e intervenire nei processi decisionali e nelle politiche urbane. Come sottolineano Gausa e Vivaldi, la piattaforma non è uno spazio neutro, ma un comportamento in sé, che agisce contemporaneamente come supporto operativo e come meccanismo regolativo di sviluppo: «a platform operates as a digital/physical infrastructure that mediates in between heterogeneous groups of behaviours. It is not an empty and neutral space exterior to its agents, but a behaviour in itself with a double purpose: on the one hand, platforms provide assistance by supplying specific tools, products and services, and on the other hand, platforms regulate activity by structuring development processes under a specific ideological regime» (Gausa, Vivaldi, 2021: 223).

Alcune delle piattaforme implementate nei sistemi municipali che generano prospettive progettuali utilizzano componenti proprietarie, in cui l'accesso al codice è limitato in relazione alla natura della piattaforma, all'origine dei dati estratti, ai sistemi correlativi. Adam Clair, partendo dalla critica di Max Weber ai processi burocratici, propone un parallelo tra algoritmo e burocrazia: «gli algoritmi sarebbero una versione aggiornata della «gabbia di acciaio» di Weber, una gabbia d'acciaio algoritmica con la quale non si può trattare» (Mhalla, 2024: 35). Da queste premesse emerge la necessità di costruire una metodologia analitica condivisa dei codici, per far inter-agire i diversi attori coinvolti – cittadini, amministrazioni, progettisti, sviluppatori – nella definizione stessa delle logiche algoritmiche. Secondo Luigi Laura «gli algoritmi sono *decisioni nel codice*» (Laura, 2019: 95): ciò implica che ogni scelta algoritmica – dalla selezione delle fonti dati fino alla definizione delle priorità di intervento – rappresenta una forma implicita di governo. La comprensione e l'apertura del codice sorgente sono oggetto di interesse pubblico, al pari delle leggi o dei regolamenti urbanistici. In una logica aperta, i cittadini e le municipalità non sono solo raccoglitori di dati o fruitori passivi, ma l'accedere, il comprendere e il contribuire alla costruzione delle logiche che regolano le piattaforme può diventare parte dei *diagrammi di flusso*¹ dei codici sorgente. Questo approccio, vicino alle istanze dell'*open government* e della *data democracy*, supera la logica della trasparenza dei dati per puntare all'intelligibilità dei sistemi.

In questa direzione, la normativa europea si è concentrata sulla definizione del dato come bene comune e sullo sviluppo di modelli di *data sharing*, promuovendo aperture normative attraverso la Direttiva *Open Data* (2019/1024), il *Data Governance Act* (2022/868) e il *Data Act*.

Dati come bene comune

L'Unione Europea ha avviato un processo di riforma per garantire apertura, interoperabilità e tutela dei diritti fondamentali. Un primo passo è rappresentato dalla Direttiva (UE) 2019/1024, nota come *Direttiva Open Data* favorendo l'idea dei dati come risorsa comune e accessibile. Nel 2020 la Commissione ha pubblicato la Strategia europea per i dati che diventano una infrastruttura per la sovranità digitale europea. Questa strategia ha portato all'adozione del *Data Governance Act* (*Regolamento UE 2022/868*), primo atto normativo a fornire una definizione giuridica di dato: il regolamento introduce inoltre meccanismi per facilitare la condivisione dei dati, la creazione di spazi europei comuni e la promozione di modelli di *data altruism*, in cui i cittadini possano volontariamente mettere a disposizione i propri dati per finalità di interesse generale. Il *Data Act* stabilisce condizioni per l'accesso pubblico a dati detenuti da soggetti privati, in particolare in situazioni di necessità eccezionale come catastrofi naturali. L'art. 22 del Regolamento (UE) 2016/679 – GDPR riconosce il diritto dei cittadini a non essere sottoposti a decisioni unicamente automatizzate senza garanzie procedurali. La più recente Dichiarazione europea sui diritti e principi digitali (2022) rafforza ulteriormente il quadro giuridico, affermando il legame tra trasformazione digitale e valori democratici. Sul piano nazionale, l'Italia ha sviluppato un quadro che intreccia trasparenza amministrativa e digitalizzazione. La Legge 241/1990 ha aperto l'accesso agli atti amministrativi, ponendo le basi per la partecipazione dei cittadini ai procedimenti decisionali. Il Codice dell'Amministrazione Digitale (D.Lgs. 82/2005) ha introdotto l'obbligo per le pubbliche amministrazioni di privilegiare software open source o a codice aperto, promuovendo trasparenza e controllo civico sulle tecnologie utilizzate. Con il D.Lgs.

¹ «I diagrammi di flusso sono probabilmente il modo più consolidato per visualizzare un algoritmo. Risalgono al 1921, all'American Society of Mechanical Engineers» (Laura, 2019, p. 105).

150/2009, la partecipazione viene ulteriormente collegata all'idea di trasparenza come apertura dei processi decisionali, anticipando concetti di *open government*.

Il dato urbano non è neutro: è un artefatto tecnico, giuridico e politico, il cui utilizzo implica scelte di inclusione, esclusione e gerarchizzazione.

Decodificare il codice sorgente

L'utilizzo di software proprietari e dati chiusi apre a riflessioni sulle logiche dei sistemi *closed source* e sul modo in cui essi definiscono, misurano e correlano le strutture territoriali, «closely guarded by private companies and inaccessible to most researchers or the broader public, too much algorithmic decision-making remains a black box to this day» (Brevini, Pasquale, 2020: 2) e questi meccanismi influenzano la costruzione delle previsioni su cui si basano le decisioni di progetto.

Si propone un'analisi preliminare della piattaforma Tim Urban Genius, applicato tra le altre città a Venezia e sviluppata su base Mindicity per identificare alcune componenti del codice e i *framework* di riferimento (Tabella 1). La piattaforma consente il monitoraggio e l'analisi dei dati urbani provenienti da fonti eterogenee, attraverso un sistema di raccolta anonima degli spostamenti degli utenti mobili. L'elaborazione dei dati avviene in near real-time mediante l'integrazione di tecnologie Cloudera Data Platform (Figura 1) e Google Dataproc, con una capacità di gestione pari a circa 6,5 miliardi di eventi giornalieri. I dati trattati consentono di stimare la distribuzione della popolazione, analizzare flussi di mobilità, origini e destinazioni, e punti di accesso o uscita verso aree di interesse urbano (Campagna, Jean, Parata, Valla, 2022). Il sistema adotta il modello DIKW (*Data Information Knowledge Wisdom*) per trasformare i dati grezzi in indicatori sintetici, normalizzati su una scala da 0 (critico) a 10 (ottimale), visualizzati in modalità istantanea, storicizzata e predittiva, a seconda delle correlazioni tra gli indici (Campagna et al., 2022). Tali indicatori contribuiscono alla costruzione del *City Heartbeat*, un cruscotto sintetico dello stato della città per l'individuazione delle priorità d'intervento.

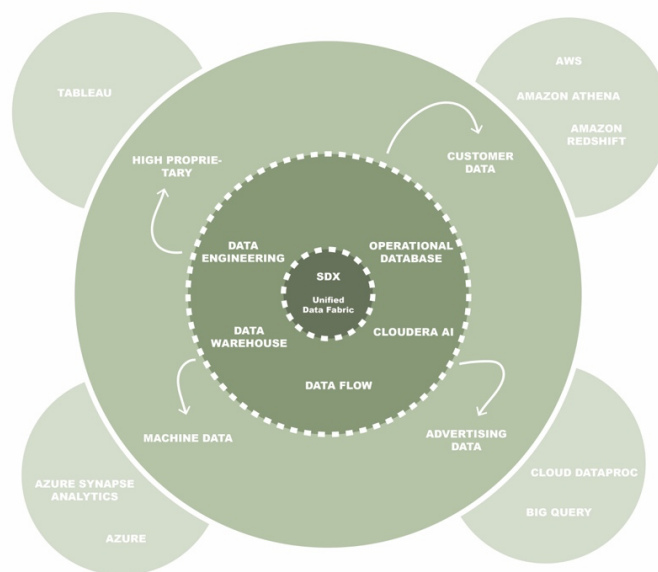


Figura 1 | Struttura di Cloudera Data Platform

Tabella I | Componenti della piattaforma

Componente	Tipologia	Proprietaria/open source	Note
SDX (Shared Data Experience)	Piattaforma dati	Proprietario	Modulo proprietario della piattaforma Cloudera.
Cloudera Manager	Gestione cluster	Proprietario	Richiede licenza Cloudera.
Apache Hadoop/Spark /Hive	Processing e query	Open source	Parte della distribuzione Cloudera.
Google Dataproc	Cluster dati e Machine Learning engine	Proprietario	Basato su software open (Spark, Hadoop) gestito da Google.
Google BigQuery	Data warehouse analitico	Proprietario	Servizio Google Cloud.

Dati di mobilità TIM	Dato	Chiuso/proprietario	Raccolti da rete TIM, anonimizzati.
Dati urbani (open data)	Dato	Open source	Integrazione con dataset pubblici.
City Heartbeat (output indicatore)	Sintesi dati		

Il processo della piattaforma di basa sulla piramide *data-information-knowledge-wisdom* (DIKW) (Frické, 2019) (Figura 2) che rappresenta una gerarchia concettuale secondo cui a partire dai dati grezzi si costruisce conoscenza.



Figura 2 | The Knowledge Pyramid

Contrariamente a come viene utilizzata la piramide, Tuomi (1999) sostiene che la conoscenza e la teoria precedano i dati poiché non esistono davvero dati grezzi: ogni dato porta sempre con sé una componente teorica. Per questo motivo è la teoria – cioè la conoscenza e l’informazione – che deve dare senso e orientare i dati, dall’alto verso il basso, e non viceversa, dal basso verso l’alto.

Salvanelli, CEO di Mine Crime parte di Urban Genius, sottolinea che i dati raccolti rappresentano non solo la base per l’elaborazione di insight sullo storico, ma anche il punto di partenza per sviluppare *Agent-Based Model*² per costruire scenari future simulare l’evoluzione dei fenomeni considerando tutte le variabili in gioco e orientare le proprie scelte verso lo scenario più coerente con gli obiettivi attesi (Manera, 2023).

Decodificare la struttura della piattaforma per innestare una governance condivisa può superare le sequenze chiuse e ridefinire i processi – dalla raccolta dei dati alla loro elaborazione – attraverso la co-progettazione. Decentrare il codice, aprire a metodologie distribuite di generazione o validazione dei dati da parte delle comunità e rendere pubblico il funzionamento del sistema algoritmico significa rendere leggibili e modificabili i nodi che strutturano le decisioni urbane.

Selezione, iterazione, sequenza

L’urbanistica, in questo scenario, può riappropriarsi della sua dimensione regolativa e critica, articolando forme di progettazione capaci di confrontarsi con queste trasformazioni, non solo interpretandole secondo logiche imposte dalle piattaforme, ma contribuendo attivamente alla loro definizione.

L’algoritmo emerge come una nuova forma di infrastruttura normativa, che orienta l’azione attraverso una grammatica computazionale fondata su criteri di selezione, iterazione e sequenza. Queste tre strutture logiche fondamentali – alla base di ogni codice sorgente – sono formalizzate nel teorema di Böhm-Jacopini nel 1966, che dimostra come qualsiasi algoritmo possa essere costruito mediante la combinazione ordinata di questi tre costrutti fondamentali, rendendo possibile una rappresentazione deterministica e strutturata del flusso computazionale (Laura, 2019). Queste categorie, che nel linguaggio dell’informatica costituiscono la struttura di base di ogni codice sorgente, possono essere reinterpretate come dispositivi concettuali utili per

² L’Agent-Based Modelling and Simulation (ABMS) è un approccio alla modellazione di sistemi complessi attraverso agenti autonomi e interagenti, ciascuno con comportamenti propri definiti da regole semplici. Modellando questi agenti singolarmente, è possibile osservare come la diversità e le interazioni generino fenomeni collettivi emergenti, spesso non programmati esplicitamente, ma derivanti dal sistema stesso. Due tratti distintivi dell’ABMS sono la capacità di rappresentare l’eterogeneità degli agenti e l’auto-organizzazione del sistema (Macal, North, 2010, p. 151).

leggere le trasformazioni della governance urbana. Il codice non è solo una sequenza di istruzioni, ma una forma di organizzazione della realtà, in grado di definire priorità, filtri e percorsi decisionali. In questo senso, la metafora del compilatore – che traduce un codice sorgente in linguaggio macchina eseguibile – diventa lo strumento per comprendere come i dati urbani vengano trasformati in decisioni operative attraverso modelli algoritmici. L'algoritmo predittivo si fonda su regole logiche che processano input (flussi, eventi, condizioni ambientali) per produrre output operativi (scenari, allerte, priorità di intervento) ed è necessario un ripensamento radicale del rapporto tra software, dato e progetto, in cui la proprietà e la comprensibilità del codice siano condizioni abilitanti per l'accesso democratico al governo del territorio. La partecipazione non può essere ridotta a input raccolti a valle del processo, ma integrata nella stessa architettura algoritmica, rendendo visibile e discutibile ogni passaggio logico, ogni iterazione, ogni selezione operata dal sistema. Solo a partire da un impianto teorico che riconosca il software come artefatto culturale e politico – e non come strumento neutro – sarà possibile costruire una grammatica del progetto urbano all'altezza delle trasformazioni in corso. In tal senso diventa fondamentale interfacciarsi non solo con l'infrastruttura materiale della città, ma con il codice che ne regola il funzionamento, nella prospettiva di una progettualità capace di riscrivere, hackerare e condividere i linguaggi del governo algoritmico dello spazio.

Principi per un codice urbano co-prodotto

Manuel Gausa definisce la condizione contemporanea dello spazio-tempo come *Inform(ation)al time-space*, riferendosi allo spazio di interscambio tra porzioni simultanee di informazioni. Questo spazio genera maggiore instabilità e indeterminatezza nella comprensione dei fenomeni, ma allo stesso tempo agisce come un catalizzatore capace di assimilare costantemente impulsi e stimoli in interazione continua.

Tre sono le caratteristiche descritte: reattività nei confronti dello stimolo di informazioni combinate e sovrapposte, assenza di forma e mancanza di obbedienza a codici o comportamenti precedenti e predefiniti. La logica inform(azion)ale del progetto contemporaneo è aperta e «Open is indeterminate - non-determinate and non-terminated. Open is "incomplete" (and unfinished). Evolutionary. That is, animated. Unsettled. And liberated. Open, then, means non-limited and non-limiting. For uninhibited and unencumbered: unrestrained. Open for exteriorised. Relational. Relaxed and spontaneous (in attitudes and movements)» (Gausa, 2008: 463). In questo contesto teorico si propone di hackerare l'attuale applicazione delle piattaforme proprietarie superando il processo decisionale algoritmico (Pasquale, 2015) chiuso attraverso processi progettuali aperti, indeterminati, evolutivi e relazionali secondo alcuni punti nodali:

1. Codice e dati come bene comune;
2. Cittadini e municipalità non utenti finali ma co-progettisti attivi;
3. Logica algoritmica non predeterminata ma negoziata, riscrivibile, iterabile;
4. Piattaforma non solo infrastruttura ma ambiente relazionale.

Queste logiche si innestano nel dibattito sull'*algorithmic governance*, che mette in evidenza i rischi democratici connessi ai processi decisionali automatizzati. Come osservano Coglianesi e Lehr (2019), la trasparenza non può ridursi alla piena visibilità dei codici (*fishbowl transparency*), ma deve tradursi nella possibilità di comprendere le motivazioni delle scelte algoritmiche (*reasoned transparency*). Parallelamente, il tema della *decision provenance*, ossia la tracciabilità dei flussi di dati e delle pipeline decisionali (*input*, processi, *output*, effetti), viene discusso come strumento utile a garantire audit, supervisione e *accountability* all'interno di sistemi distribuiti e complessi (Singh, Cobbe, Norval, 2019).

Le sole strategie di accesso, inclusione e trasparenza rischiano però di rimanere interne alla logica delle piattaforme, rafforzandone talvolta i presupposti anziché metterli in discussione. Per questo motivo alcuni autori propongono approcci più radicali, come quelli della *data justice* e della *refusal* (James, Hynes, Whelan, Dreher, Humphry, 2023), che non si limitano a rendere visibili i meccanismi algoritmici ma intendono riequilibrare le asimmetrie di accesso, controllo e partecipazione tra cittadini, istituzioni e piattaforme. La *data justice* richiama la necessità di valutare gli impatti sociali e distributivi dei sistemi di dati, mentre la *refusal* introduce la possibilità di sottrarsi a logiche predeterminate, opponendosi a pratiche di raccolta e uso dei dati percepite come ingiuste. Entrambi gli approcci si orientano quindi verso una ridefinizione profonda delle relazioni tra cittadini, istituzioni e piattaforme, spostando l'attenzione dal semplice accesso alla necessità di incidere sulle regole che governano i processi algoritmici.

Riferimenti bibliografici

- Brevini, Pasquale (2020), "Revisiting the Black Box Society by rethinking the political economy of big data", in *Big Data & Society*, 7(2), pp. 1-4.
- Campagna G., Jean S., Parata D., Valla M. (2022), "La piattaforma TIM per le Smart City", in *Notiziariotecnico*, no. 2, pp. 98-113.
- Coglianesi C., Lehr D. (2018), "Transparency and Algorithmic Governance", in *Administrative Law Review*, no. 71, vol. 1, pp. 1-56.
- Crawford K. (2021), *Né intelligente né artificiale. Il lato oscuro dell'IA*, Il Mulino, Bologna.
- De Carlo G. (2015), *L'architettura della partecipazione*, Quodlibet, Macerata.
- Direttiva (UE) 2019/1024 del Parlamento europeo e del Consiglio del 20 giugno 2019 relativa all'apertura dei dati e al riutilizzo dell'informazione del settore pubblico (rifusione) (2019) *Gazzetta ufficiale dell'Unione europea* L 172/56. Disponibile su: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2019/1024/oj?locale=it>
- Frické M. (2019), "Knowledge pyramid. The DIKW hierarchy", in *Knowledge Organization*, no. 49, vol. 1, pp. 33-46.
- Gausa M., Guallart V., Muller W., Soriano F., Porras F., Morales J. (2003), *Metapolis Dictionary of Advanced Architecture*, Actar, Barcelona.
- Gausa, M., Vivaldi J. (2021), *The Threifold Logic of Advanced Architecture: Conformative, Distributive and Expansive Protocols for an Informational Practice: 1990-2020*, Actar, NY-Barcelona.
- James A. Hynes D., Whelan A., Dreher T., Humphry J. (2023), "From access and transparency to refusal: Three responses to algorithmic governance", in *Internet Policy Review*, no. 12, vol. 2, pp. 1-28.
- Koolhaas R. (2021), *Testi sulla (non più) città*, Quodlibet, Macerata.
- Laura L. (2019), *Breve e universale storia degli algoritmi*, Luiss University Press, Roma.
- Macal C. M., North M. J. (2010), "Tutorial on agent-based modelling and simulation", in *Journal of Simulation*, n. 4, pp. 151-162.
- Mhalla A. (2024), *Tecnopolitica. Come la tecnologia ci rende soldati*, add editore, Torino.
- Negroponte N. (1995), *Being Digital*, Alfred A. Knopf, Inc., New York.
- Nowotny H. (2022), *Le macchine di Dio. Gli algoritmi predittivi e l'illusione del controllo*, Luiss University Press, Roma.
- Pasquale F. (2015), *The black box society*, Harvard University Press, Cambridge-London.
- Singh J., Cobbe J., Norval C. (2019), "Decision Provenance: Harnessing Data Flow for Accountable Systems", in *IEEE Access*, n. 7, pp. 6562-6574.
- Tuomi I. (1999), "Data Is More than Knowledge: Implications of the Reversed Knowledge Hierarchy for Knowledge Management and Organizational Memory", in *Journal of Management Information Systems*, no. 16, vol. 3, pp. 103-117.

Sitografia

Cloudera Data Platform

<https://www.cloudera.com/products/cloudera-data-platform.html>

Manera, G. (2023) Smart city 2.0, la via è aperta.

<https://www.sicurezzaemagazine.it/urban-genius-piattaforma-smart-city/>

Sassen S. (2011), *The Future of Smart Cities*, Lift.

<https://www.youtube.com/watch?v=Ww4pYjLVIFE>

Unione europea, Una strategia europea per i dati.

<https://digital-strategy.ec.europa.eu/it/policies/strategy-data>

Unione europea, governance europea dei dati

<https://eur-lex.europa.eu/IT/legal-content/summary/european-data-governance.html>

Unione europea, Regolamento generale sulla protezione dei dati (GDPR)

<https://eur-lex.europa.eu/IT/legal-content/summary/general-data-protection-regulation-gdpr.html>

Unione europea, European Declaration on Digital Rights and Principles for the Digital Decade 2023/C 23/01

https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:JOC_2023_023_R_0001

Indagare e promuovere comportamenti di mobilità sostenibile, l'AI a supporto dei policy-maker: spunti dal progetto GreenGo

Valentina Costa

Università di Genova

CIELI – Centro Italiano di Eccellenza sulla Logistica, i Trasporti e le Infrastrutture

Email: valentina.costa@edu.unige.it

Federico Campanini

Università di Genova

CIELI – Centro Italiano di Eccellenza sulla Logistica, i Trasporti e le Infrastrutture

Email: federico.campanini@edu.unige.it

Abstract

L'individuazione di classi di comportamento caratterizzate in base a fattori psicologici, interessi e valori personali permette di definire in modo sartoriale iniziative ed incentivi a supporto della mobilità sostenibile. Un simile approccio richiede la raccolta e la gestione di una grande mole di dati, al fine di assegnare ogni utente potenziale a classi di comportamento precedentemente individuate e codificate. Le risorse e l'infrastruttura da dedicare risultano quindi ingenti e determinano non poche criticità nell'ambito di processi in capo alle pubbliche amministrazioni. In questo senso, l'Intelligenza Artificiale (IA) rappresenta senza dubbio uno strumento chiave nel tentativo di razionalizzare lo sforzo istituzionale a supporto dei processi di pianificazione della mobilità sostenibile. Le potenzialità di un simile approccio vengono indagate nell'ambito delle prime risultanze del Progetto *GreenGo* (Bando "FESR 2021-2027" promosso da Regione Liguria) che intende promuovere la mobilità sostenibile e raccogliere dati di mobilità tramite app mobile. L'obiettivo è proporre un sistema di acquisizione automatico di dati di mobilità, che supera gli intermediari attuali, fornendo dati utili per la pianificazione degli enti locali e premiando l'utente in cambio delle preziose informazioni che sceglie di condividere. Una simile occasione fornisce l'opportunità di indagare il valore della *publicness* intesa come il riposizionamento dell'attore pubblico come orchestratore di servizi tecnologici con finalità pubbliche, ma con modalità operative user-centered che superino le rigidità governative e pongano al centro fiducia e trasparenza.

Parole chiave: artificial intelligence, pianificazione, mobility management

1 | La mobilità sostenibile in pianificazione urbana

Tra gli obiettivi prioritari della pianificazione urbana e territoriale contemporanea la transizione sostenibile occupa senza dubbio un ruolo di primo ordine e la mobilità ne costituisce una componente chiave. In questo senso, vanno letti gli sforzi profusi, quantomeno in ambito europeo, per la promozione ed implementazione di strumenti quali piani e strategie specificatamente adottati. Nonostante l'obiettivo di spostare lo shift modale dal mezzo privato verso alternative più sostenibili - trasporto pubblico e mobilità condivisa in primis - sia stato univocamente definito, le modalità di perseguirlo sono molteplici e in continua evoluzione.

Da un approccio di tipo top-down quale quello promosso inizialmente dai Piani Urbani della Mobilità Sostenibile PUMS per le grandi città, si è progressivamente passati alla prospettiva integrata del Mobility Management (MM) e dei Piani Spostamento Casa-Lavoro (PSCL), in cui singole aziende ed enti sono chiamate a definire le proprie strategie, mentre la struttura di Mobility Management d'Area -tipicamente assegnata al Comune Capoluogo - è chiamata a mettere a sistema le differenti iniziative nell'ambito di un quadro più ampio di efficientamento e ottimizzazione dei flussi di mobilità sistematica a scala urbana (Delponte et al., 2024).

Il crescente commitment istituzionale, insieme ad un approccio sempre più flessibile e personalizzato di pianificazione e gestione della mobilità sostenibile porta i policy makers ad interrogarsi in merito alle strategie di engagement e nudging degli utenti a favore di scelte di mobilità sostenibile. Non stupisce dunque il crescente interesse per i principi dell'economia comportamentale applicata al settore in oggetto (Forbes et al., 2014).

1.2 | Economia comportamentale applicata alla mobilità

Il concetto di nudging, viene descritto da Sunstein nel 2014 (Sunstein, 2014) come strumento per politiche in opposizione alle restrizioni o incentivi tradizionalmente adottati per punire o premiare un determinato atteggiamento. La parola, che in italiano è traducibile con 'spinta' esprime la volontà di indicare una direzione, generalmente volta al bene dell'individuo che la sceglierà, la cui caratteristica principale risiede nel mantenimento della libertà di scelta. Semplificazione, riferimenti alle norme sociali, avvertimenti e reminder, ma anche informazione sulle conseguenze dei comportamenti sono semplici forme di nudging derivati dallo studio dell'economia comportamentale (Zimmermann et al., 2021). La crescente attenzione rivolta a tali strumenti e la migrazione verso ambiti precedentemente non coinvolti è facilitata dalla diffusione della tecnologia digitale, in particolare dei dispositivi personali, che costituisce un veicolo altamente capillare e personalizzabile e per questo più efficace. Si parla specificatamente di Digital Nudging (DN), che viene applicato in svariati campi e sempre più per la promozione di abitudini sostenibili, anche nell'ambito della mobilità.

Si sviluppano a partire dagli anni '10 del 2000 gli studi sull'applicabilità delle tecniche di persuasione per la promozione di spostamenti sostenibili. È utile citare gli esempi di *Peacox* (Schrammel et al., 2013) e *IPET* (Meloni et al., 2014) che proposero sistemi di pianificazione di viaggio multimodali e personalizzati in grado di fornire agli utenti feedback sulle conseguenze delle loro scelte a priori dello spostamento, mostrando le alternative disponibili e successivamente allo stesso, in modo da sensibilizzare gli utenti riguardo al comportamento intrapreso.

Queste prime esperienze soffrivano dell'incapacità di mantenere coinvolti gli utenti, dovuta anche ad una non immediata fruibilità del servizio, spesso basato su interfacce desktop. Per contrastare il fenomeno, le tecniche di persuasione comprendono oggi elementi di gamification e rewarding. In questo senso, la spinta gentile del nudging si arricchisce per raggiungere un duplice scopo: da una parte mantenere attivi gli utenti che potrebbero decidere di abbandonare il servizio dopo un primo entusiasmo iniziale; dall'altra si possono catturare anche categorie di utenti inizialmente non interessate al servizio, ma che vengono attratte dall'opportunità di ottenere un vantaggio (Casquero et al., 2022).

La diffusione della tecnologia mobile, più adatta a interfacciarsi con gli utenti non solo a priori o a posteriori del viaggio, ma anche durante l'esperienza stessa, permette inoltre di raggiungere nuovi livelli di personalizzazione e di supporto alle decisioni. È per questo motivo che praticamente ogni sistema di persuasione volto a migliorare le abitudini di mobilità degli utenti coinvolge l'utilizzo di smartphone, ormai diffusissimi. D'altra parte, l'elevata permeabilità del sistema comporta preoccupazioni per la privacy degli utenti, che spesso temono di avere controllo limitato o nullo sulla quantità, qualità e utilizzo dei dati, anche sensibili, che i sistemi richiedono per funzionare.

Non a caso Tavmen (2020) descrive gli utenti come vera e propria infrastruttura del sistema di trasporto di una città. È infatti grazie al loro contributo che i servizi di mobilità possono raccogliere utili informazioni sulla situazione in tempo reale di traffico, interruzioni e deviazioni di percorso, nonché sull'apertura nuove strade o modifiche temporanee. In questo senso gli utenti del servizio sono veri e propri *prosumer*, ovvero sia provider (fornitori) sia consumer (utenti) del servizio.

È chiaro che una tale miniera di informazioni necessita di una corretta gestione e protezione e sono lecite le preoccupazioni che sempre più emergono in tema di privacy e trattamento dei dati. Il punto è decidere quanti e quali informazioni chiedere all'utente, bilanciando la necessità di offrire un servizio personalizzato in real-time con i rischi associati alla gestione di quantità ingenti di dati. A questo proposito, MUV (Di Dio et al., 2019) sceglie di non utilizzare il tracciamento automatico della posizione, ma di far scegliere all'utente in ogni momento se attivarlo.

È intuibile che un'azione del pubblico sia auspicabile e necessaria al fine di tutelare i diritti dei cittadini, ma allo stesso tempo capace di centralizzare la raccolta di informazioni per fare in modo che i benefici che se ne possono trarre siano a disposizione di tutti e abbiano un impatto positivo sull'intera comunità, per esempio in termini di una mobilità più efficiente, riduzione delle esternalità e dei costi percepiti dagli utenti. In questo quindi il pubblico riveste un ruolo da garante, ed è proprio questo l'aspetto che, rispetto alle altre esperienze simili già portate avanti, GreenGo intende promuovere.

2 | Caso Studio: GreenGo

Nell'ambito del finanziamento POR FESR Liguria 2021-2027, il progetto GreenGo intende sviluppare un sistema in grado di promuovere la mobilità sostenibile e raccogliere dati sugli spostamenti dei cittadini al fine di supportare i processi decisionali e di pianificazione del trasporto urbano.

Il sistema impiega un'applicazione mobile appositamente sviluppata al fine di permettere l'interazione con l'utente e mantenere attivo l'interesse verso il servizio che consiste, in un tracker delle abitudini di spostamento in grado di proporre soluzioni di mobilità alternative. Utilizzando l'applicazione durante i propri spostamenti quotidiani, l'utente può tenere traccia di percorsi, veicoli o mezzi di trasporto utilizzati e ottenere feedback personalizzati sull'impatto delle proprie scelte, oltre che consigli e suggerimenti per ridurlo.

Il sistema si basa su due principi primari:

- Applicazione di nudging, gamification e rewarding per ingaggiare gli utenti verso scelte di mobilità sostenibile;
- Condivisione dei dati raccolti dagli utenti con le amministrazioni per una migliore pianificazione della mobilità urbana.



Figura 1 | Schema esplicativo del funzionamento del sistema GreenGo.

Fonte: autori

Uno degli obiettivi principali di GreenGo è superare le barriere legate alla condivisione dati. A questo fine, le premialità riservate agli utenti vengono assegnate non solo per incentivare abitudini di mobilità sostenibili, ma anche e proprio al fine di riconoscere un contributo in relazione alla disponibilità alla condivisione delle informazioni sui propri spostamenti. Come discusso in letteratura, infatti, preoccupazioni in merito a privacy e protezione dei dati personali limitano fortemente la disponibilità degli utenti alla condivisione di informazioni. Rispetto a simili esperienze precedenti, quindi, GreenGo si distingue sotto un duplice punto di vista: (i) il sistema è a doppio senso, vale a dire che non si riferisce soltanto agli utenti, ma anche alle amministrazioni che possono beneficiare non solo di una riduzione delle esternalità dovute a migliori scelte di mobilità, ma anche su una base dati consistente, aggiornata ed affidabile; (ii) il sistema prevede premialità specifiche per gli utenti che si impegnino a condividere le proprie informazioni, secondo livelli di condivisione che si differenziano per tipologia di dato condiviso e precisione.

GreenGo punta a superare le barriere che hanno ostacolato lo sviluppo di iniziative simili in passato. In questo contesto il ruolo del pubblico è di garante dell'utilizzo corretto e utile dei dati dei cittadini in un processo che garantisce la protezione delle informazioni ed un equo corrispettivo in funzione del beneficio ottenuto.

2.1 | Raccolta dati

GreenGo adotta un sistema di profilazione continua che permette di aggiornare periodicamente il profilo di mobilità dell'utente, in modo da poter indirizzare incentivi e leve di ingaggio specifiche in base sue caratteristiche.

La profilazione continua si basa primariamente sulle informazioni fornite dai sensori dello smartphone e di contesto (ad esempio meteo, eventi) raccolte automaticamente quando il tracciamento delle attività è abilitato. Completano il profilo dell'utente informazioni qualitative dedotte dall'interazione con l'applicativo (Tabella I).

Tabella I | Dati e informazioni raccolti da GreenGo per la profilazione continua dell'utente

Sensori	Contesto	Interazione
Origine e destinazione	Offerta di trasporto	Abitudini quotidiane
Percorsi	Meteo	Scelte di mobilità e motivazioni
Orari	Traffico	Percezione e barriere mobilità sostenibile
Modalità di trasporto	Eventi	Opinioni e visioni sulla mobilità urbana
		Approccio alla tecnologia e alla condivisione dati

Affinché gli utenti siano disposti a condividere le proprie informazioni, è importante che si instauri un senso di fiducia con l'utilizzatore dei dati. Nel caso di GreenGo il dato viene condiviso con enti pubblici e istituti di ricerca allo scopo di agevolare la pianificazione dei servizi di trasporto, l'utente è quindi informato riguardo a chi tratterà i propri dati e a quale scopo. La trasparenza riguardo al trattamento dei dati, non solo incrementa il senso di fiducia verso l'utilizzo del servizio, ma alimenta inoltre l'idea che il proprio contributo possa generare un beneficio per la collettività, aspetto che in letteratura viene riconosciuto come incentivo per la promozione di abitudini di mobilità sostenibili (dos Reis et al., 2022).

L'impegno di GreenGo verso la tutela delle informazioni degli utenti è testimoniato dalla combinazione di autenticazione robusta, crittografia avanzata, minimizzazione dei dati, tecnologie hardware per la sicurezza e governance centralizzata degli accessi per garantire una protezione completa e conforme dei dati personali degli utenti. La tecnologia blockchain, inoltre, permette di gestire in modo trasparente, sicuro e decentralizzato i token GreenGo, che rappresentano premi o incentivi per gli utenti che adottano comportamenti di mobilità sostenibile.

2.2 | Opportunità IA

L'adozione di tecnologie innovative nei servizi di trasporto rappresenta senza dubbio uno strumento fondamentale per ottimizzare l'impegno istituzionale a supporto dei processi di pianificazione della mobilità sostenibile. La raccolta e la clusterizzazione dei dati sulle abitudini di mobilità degli utenti possono essere efficacemente gestite mediante sistemi di intelligenza artificiale (IA), che consentono di migliorare la pulizia e la standardizzazione dei dati, facilitandone così le successive fasi di analisi e processamento. Parallelamente, l'impiego di modelli linguistici di grandi dimensioni (Large Language Model – LLM) nell'interazione tra utente e applicazione favorisce un maggiore coinvolgimento e permette un elevato livello di personalizzazione del servizio.

L'utilizzo delle tecnologie IA in GreenGo riveste un ruolo cruciale per la profilazione continua degli utenti, basata su dati provenienti da sensori, caratteristiche socio-demografiche, motivazioni delle scelte di mobilità e tutti gli altri dati desunti dall'interazione con l'applicazione stessa. Tecniche di pattern recognition e machine learning permettono di identificare automaticamente la modalità di trasporto utilizzata e di aggiornare dinamicamente il profilo di mobilità dell'utente, personalizzando così l'esperienza e gli incentivi proposti. I modelli linguistici avanzati analizzano le risposte fornite dagli utenti alle domande periodicamente proposte dall'app (cards). Il sistema interpreta queste risposte per associare i comportamenti rilevati ai corrispondenti profili di mobilità, integrando così l'analisi quantitativa derivante dai sensori e dalle altre informazioni raccolte.

Le potenzialità dell'interazione basata sull'interpretazione del linguaggio naturale non si limitano all'analisi degli input degli utenti, ma si estendono anche alla capacità del sistema di fornire supporto, suggerimenti e consigli tramite interfacce interattive, più coinvolgenti ed efficaci.

3 | Discussione: Tecnologia e Publicness

Dalla trattazione precedente si evince una tensione tra la necessità di sviluppare approcci sempre più user-centred - caratterizzati da elevati livelli di personalizzazione, adattabilità e prossimità all'utente - e l'esigenza di preservare il ruolo dell'attore pubblico quale garante degli interessi collettivi e dei diritti individuali dei cittadini. Tale dicotomia assume particolare rilevanza nell'ambito dei servizi digitali per la mobilità sostenibile, dove la raccolta e l'elaborazione di dati personali rappresentano prerequisiti fondamentali per l'efficacia del sistema.

Le principali resistenze alla condivisione delle informazioni personali - elemento essenziale per il funzionamento dei servizi innovativi di mobilità - sono riconducibili principalmente a preoccupazioni

relative alla privacy e alla trasparenza nell'utilizzo dei dati raccolti. La letteratura evidenzia come la fiducia negli attori coinvolti nella gestione dei dati costituisca un fattore critico per l'adozione di tecnologie digitali (Murati, 2023).

In questo contesto, le iniziative promosse da soggetti istituzionali possono beneficiare del capitale di fiducia tradizionalmente associato all'attore pubblico, percepito come garante del bene comune. L'implementazione di modelli di data ownership pubblica, supportati da tecnologie blockchain per garantire trasparenza e immutabilità delle operazioni sui dati, può contribuire significativamente a superare le barriere legate al data sharing e al monitoraggio delle abitudini di mobilità. L'utilizzo di sistemi digitali, strategie di engagement e l'opportunità di minimizzare lo sforzo richiesto agli utenti grazie alle tecnologie di IA, auspica una maggiore partecipazione, nonché una raccolta di informazioni maggiormente estesa e accurata.

Il sistema GreenGo propone quindi un che colloca l'attore pubblico nel ruolo di unico amministratore delle informazioni raccolte, con l'obiettivo dichiarato di utilizzare i dati esclusivamente per l'ottimizzazione dei processi di mobilità urbana. Tale approccio si differenzia sostanzialmente dai modelli commerciali tradizionali, dove la monetizzazione delle informazioni degli utenti costituisce la principale fonte di ricavo.

Il framework proposto prevede un meccanismo di retribuzione diretta degli utenti, configurando un sistema di pay-for-data che riconosce economicamente il valore delle informazioni condivise. Tale modello trova giustificazione economica nella quantificazione dei benefici ottenuti dalle amministrazioni attraverso, ad esempio, la diminuzione dei costi associati alle esternalità negative del traffico veicolare e la riduzione dei tempi e dei costi per l'analisi e la raccolta dati utili alla gestione della mobilità urbana.

In un panorama caratterizzato dalla coesistenza di iniziative governative top-down, spesso criticate per la loro distanza dai bisogni reali dei cittadini, e soluzioni bottom-up altamente personalizzate ma che rischiano di essere percepite come invasive e poco affidabili, GreenGo propone un modello ibrido di *publicness* che mira a coniugare l'efficacia della personalizzazione tecnologica con la legittimità e l'affidabilità dell'attore pubblico, creando un sistema bidirezionale che genera valore sia per gli utenti individuali, sia per le amministrazioni locali.

L'implementazione di sistemi come GreenGo solleva importanti questioni relative al ruolo delle tecnologie di intelligenza artificiale nella governance urbana e alla ridefinizione dei rapporti tra cittadini, tecnologia e istituzioni pubbliche. Il modello proposto suggerisce la possibilità di sviluppare forme innovative di partecipazione civica digitale, dove la condivisione consapevole dei dati personali diventa strumento per la realizzazione di politiche maggiormente efficaci e responsive ai bisogni della comunità.

4 | Conclusioni

Il presente contributo ha evidenziato come le iniziative bottom-up e user-centered stiano progressivamente sostituendo gli approcci top-down tradizionali nella pianificazione della mobilità urbana, pur presentando il rischio di attrarre prevalentemente cittadini già sensibilizzati alle tematiche della sostenibilità. In questo contesto, la tecnologia digitale emerge come strumento strategico per l'engagement, attraverso tecniche di nudging, rewarding e gamification capaci di coinvolgere anche i segmenti più scettici della popolazione.

GreenGo si inserisce in questo panorama proponendo un'applicazione mobile che raccoglie dati sulla mobilità degli utenti per condividerli con le amministrazioni pubbliche, implementando un sistema di premialità che riconosce all'utente un doppio ruolo: attore del cambiamento verso la mobilità sostenibile e contributore attivo nella condivisione di dati strategici per la pianificazione urbana.

L'esperienza progettuale ha permesso di sviluppare il concetto di publicness come modello di governance che trascende la dicotomia tradizionale tra gestione pubblica e soluzioni di mercato. Tale paradigma si caratterizza per il superamento delle rigidità governative, la centralità di fiducia e trasparenza, la bidirezionalità del valore generato e il riposizionamento dell'attore pubblico come orchestratore di servizi tecnologici con finalità pubbliche ma modalità operative user-centered.

Studi futuri dovranno approfondire la validazione tecnologica dell'applicativo, oltre che la rispondenza alle necessità degli utenti, lo sviluppo di un modello di business sostenibile e l'esplorazione delle implicazioni del paradigma della publicness per le politiche pubbliche. Il modello proposto si inserisce nel dibattito sulla digitalizzazione dei servizi pubblici e sulla partecipazione cittadina, offrendo una prospettiva inedita che necessita di ulteriori studi e approfondimenti.

Riferimenti bibliografici

- Casquero, D., Monzon, A., García, M., & Martínez, O. (2022). “Key Elements of Mobility Apps for Improving Urban Travel Patterns: A Literature Review”. *Future Transportation*, 2(1), 1–23. <https://doi.org/10.3390/futuretransp2010001>
- Delponte, I., Costa, V., Soraggi, D., D’Amato, G. (2024) “Home-University Commuting Plan: urban culture and mobility public spaces” *TRIA – Territorio di Ricerca su Insediamenti e Ambiente*, 32 (1), 155-176.
- Di Dio, S., Lissandrello, E., Schillaci, D., Caroleo, B., Vesco, A., & D’Hespeel, I. (2019). “MUV: A game to encourage sustainable mobility habits”. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 11385 LNCS, 60–70. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11548-7_6/FIGURES/1
- dos Reis, R. A., Grant-Muller, S., Lovelace, R., & Hodgson, F. (2022). “Different people, different incentives? Examining the public acceptance of smartphone-based persuasive strategies for sustainable travel using psychographic segmentation”. *International Journal of Sustainable Transportation*, 16(1), 1–21. <https://doi.org/10.1080/15568318.2020.1836693>
- European Commission (2018). AI watch. Available online: https://ai-watch.ec.europa.eu/about_en
- European Commission (2020). Digital Transformation in Transport, Construction, Energy, Government and Public Administration. https://ai-watch.ec.europa.eu/publications/digital-transformation-transport-construction-energy-government-and-public-administration_en
- Forbes, P. J., Gabrielli, S., Maimone, R., Masthoff, J., Wells, S., & Jylhä, A. (2014). “Towards using Segmentation-based Techniques to Personalize Mobility Behavior Interventions”. *ICST Transactions on Ambient Systems*, 1(4), e4. <https://doi.org/10.4108/AMSYS.1.4.E4>
- Loidl, M., Kaziyeva, D., Wendel, R., Luger-Bazinger, C., Seeber, M., & Stamatopoulos, C. (2023). “Unlocking the Potential of Digital, Situation-Aware Nudging for Promoting Sustainable Mobility”. *Sustainability*, 15(14), 11149.
- Meloni, I., Sanjust, B., Delogu, G., & Sottile, E. (2014). “Development of a Technological Platform for Implementing VTBC Programs”. *Transportation Research Procedia*, 3, 129–138. <https://doi.org/10.1016/J.TRPRO.2014.10.098>
- Schrammel, J., Busch, M., & Tscheligi, M. (2013). “Peacock - Persuasive Advisor for CO2-Reducing Cross-Modal Trip Planning”. *International Conference on Persuasive Technology*.
- Sunstein, C. R. (2014). “Nudging: A Very Short Guide”. *Journal of Consumer Policy*, 37(4), 583–588. <https://doi.org/10.1007/S10603-014-9273-1/METRICS>
- Tavmen, G. (2020). “Data/infrastructure in the smart city: Understanding the infrastructural power of Citymapper app through technicity of data”. *Big Data and Society*, 7(2). https://doi.org/10.1177/2053951720965618/ASSET/8A750270-D7F6-4DC9-865C-BD876B7A2ACE/ASSETS/IMAGES/LARGE/10.1177_2053951720965618-FIG6.JPG
- Zimmermann, S., Hein, A., Schulz, T., Gewalt, H., & Krcmar, H. (2021). “Digital Nudging Toward Pro-Environmental Behavior: A Literature Review”. *PACIS 2021 Proceedings*, 7–12. <https://aisel.aisnet.org/pacis2021/226>

Verso l'obiettivo del Net Land Take 0: un approccio data-driven a supporto della pianificazione territoriale

Gianni Di Pietro

Università degli Studi dell'Aquila
Dipartimento di Ingegneria Civile Edile-Architettura e Ambientale
Email: gianni.dipietro@graduate.univaq.it

Cristina Montaldi

Università degli Studi dell'Aquila
Dipartimento di Ingegneria Civile Edile-Architettura e Ambientale
Email: cristina.montaldi@univaq.it

Annamaria Felli

Università degli Studi dell'Aquila
Dipartimento di Ingegneria Civile Edile-Architettura e Ambientale
Email: annamaria.felli@graduate.univaq.it

Emilio Marziali

Università degli Studi dell'Aquila
Dipartimento di Ingegneria Civile Edile-Architettura e Ambientale
Email: emilio.marziali@graduate.univaq.it

Abstract

La pianificazione territoriale deve essere oggi supportata da strumenti avanzati che consentano una gestione sostenibile, consapevole e dinamica sia dell'insediamento che del contesto ambientale e paesaggistico circostante. In questa direzione va il progetto di ricerca GeoSciencesIR che ha l'obiettivo di offrire una piattaforma innovativa che integri conoscenze geologiche, dati geospaziali e strumenti di analisi per supportare chi opera in diversi settori della pianificazione territoriale. In particolare, un tema centrale è il consumo di suolo che oggi riveste un ruolo chiave sia in termini geopolitici che socio-economici, come dimostra il loro inserimento negli impalcati normativi che governano il paesaggio, l'urbanistica e la pianificazione territoriale dalla scala europea fino a quella regionale. È su questo aspetto che si è concentrato il lavoro dell'Unità Operativa dell'Università degli Studi dell'Aquila, il cui obiettivo ha riguardato la creazione di un toolkit a supporto degli enti pubblici. La raccolta dati è stata condotta su un arco temporale che copre oltre vent'anni. Il lavoro presentato mira a illustrare e divulgare l'infrastruttura di ricerca, ed in particolare la dashboard (toolkit) realizzata ed il supporto analitico e di monitoraggio alla pianificazione territoriale. Questa dashboard rappresenta uno strumento fondamentale all'interno dell'ampio panorama dei DSS, poiché è in grado di fornire informazioni e dati sia su scale territoriali diverse (regione, provincia, comune) sia su letture territoriali diverse (amministrativa, funzionale, ambientale).

Parole chiave: Consumo di suolo, Pianificazione territoriale, Decision Support System (DSS)

Introduzione

La pianificazione territoriale affinché possa assolvere in maniera efficace il suo importante compito deve essere supportata da strumenti avanzati che consentano una gestione sostenibile, consapevole e dinamica sia dell'insediamento che del contesto ambientale e paesaggistico nel quale questo è inserito. Il lavoro proposto vuole evidenziare il ruolo dell'Unità Operativa dell'Università dell'Aquila (Univaq U.O.) nella costruzione di una parte dell'infrastruttura, soffermandosi in particolare sulle questioni affrontate in merito alla tematica del consumo di suolo a supporto delle amministrazioni regionali e locali. L'attenzione è rivolta soprattutto ai dati e agli indicatori sviluppati con l'obiettivo di agevolare la redazione dei piani e delle relative procedure di valutazione ambientale. L'U.O. ha lavorato alla creazione di un DSS. Esso si configura come una dashboard, che mette a disposizione delle amministrazioni locali, dati aggiornati e informazioni su aspetti che incidono sui processi di trasformazione del territorio, in particolare sull'urbanizzazione e i suoi effetti alla scala territoriale. Attraverso indicatori grafici e parametri statistici, attentamente selezionati, la piattaforma consente di seguire l'evoluzione di aspetti demografici, economici, sociali e territoriali, offrendo un quadro completo delle tendenze in corso. Gli indicatori sono stati scelti per continuità temporale ed efficacia descrittiva dei fenomeni. Un aspetto centrale è il consumo di suolo, questione cruciale per la pianificazione territoriale e per le politiche di sostenibilità ambientale. Viene inoltre affrontata la differenza tra le definizioni giuridiche e quelle tecniche del consumo di suolo, mettendo in luce come queste

discrepanze incidano sulla coerenza delle normative regionali rispetto agli obiettivi europei (Fiorini et al., 2021; Munafò, 2023; Felli & Zullo, 2024; Montaldi, 2024). L'analisi evidenzia infatti l'assenza di una definizione univoca e la presenza di forti differenze tra le normative regionali, elementi che rischiano di indebolire l'efficacia delle politiche di contenimento e riduzione del consumo di suolo, rallentando il raggiungimento degli ambiziosi traguardi di "saldo zero" fissati a livello nazionale ed europeo (Decoville & Schneider, 2016; Barbier & Burgess, 2017; Berisha et al., 2023). La complessità delle variabili in gioco rende ancora difficile immaginare scenari evolutivi del territorio che aderiscano pienamente alle configurazioni attese. In questa direzione, il toolkit realizzato si propone di offrire un supporto concreto alle autorità locali, fornendo un sistema integrato di dati e informazioni provenienti da fonti diverse e su una scala sufficientemente ampia da consentire la costruzione di quadri conoscitivi solidi e affidabili. L'impiego di indicatori mirati, accompagnati dalla possibilità di rappresentare graficamente i dati, rende lo strumento accessibile e immediato per tutti gli attori coinvolti nel processo di pianificazione.

Il progetto GeoSciencesIR

GeosciencesIR rappresenta un progetto di ricerca di grande rilevanza, finanziato nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR, Missione 4 "Istruzione e Ricerca", Componente 2 "Dalla Ricerca all'Impresa", Linea di investimento 3.1 "Fondo per la creazione di un sistema integrato di infrastrutture di ricerca e innovazione"). Il progetto coinvolge 16 partner istituzionali, tra cui 13 università e 3 enti di ricerca, ed è coordinato da ISPRA. L'obiettivo principale è la realizzazione di un'infrastruttura di ricerca al servizio della Rete Italiana dei Servizi Geologici e, più in generale, dei professionisti che operano quotidianamente nel settore della pianificazione territoriale. Attraverso attività di monitoraggio e controllo in diversi ambiti delle Scienze della Terra, integrate da una comprensione approfondita delle dinamiche che influenzano i modelli insediativi nazionali, il progetto fornisce informazioni fondamentali per una pianificazione più consapevole e sostenibile dell'uso del territorio, affiancate da conoscenze aggiornate sui fenomeni geologici e sui rischi ad essi correlati. Il progetto si è concentrato su dodici temi prioritari: cartografia geologica e geotematica, fenomeni franosi, servizi operativi e Copernicus, attività estrattive, tutela del suolo, tettonica attiva, patrimonio geologico, geologia marina, modellazione geologica 3D, uso del suolo e consumo di suolo, e sprofondamenti. Le diverse Unità Operative coinvolte in questi temi, organizzate in quattro Work Package specifici, hanno prodotto non solo dati e informazioni, ma anche strumenti e servizi utili, successivamente integrati in un'infrastruttura cloud, seguendo un processo di verifica basato sui principi FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable) e sugli standard normativi INSPIRE per dati, metadati e servizi, al fine di garantire la massima condivisione e diffusione dei prodotti sia nella comunità scientifica sia nel settore privato. Durante l'intero progetto è stato inoltre mantenuto un costante dialogo con stakeholder, tecnici e potenziali utenti dei prodotti GeosciencesIR, attraverso tavoli tecnici dedicati e webinar tematici, al fine di costruire set di dati e strumenti coerenti con le esigenze degli utilizzatori finali.

Il contributo di UNIVAQ

L'Unità Operativa dell'Università dell'Aquila ha abbracciato fin da subito l'idea del progetto, essendo da tempo attiva in uno dei temi prioritari individuati: il consumo di suolo. La gestione sostenibile del territorio è infatti diventata un elemento centrale nelle politiche europee e nazionali, come dimostrato da recenti normative europee, tra cui la legge europea sul ripristino della natura del 2023, e dagli obiettivi di tutela a livello comunitario (Felli & Zullo, 2024). Si assiste a una crescente consapevolezza della necessità di politiche strategiche che vadano oltre la semplice protezione o prevenzione dei rischi, ponendo attenzione anche ad azioni volte a ripristinare le funzioni e gli ecosistemi alterati dalle attività umane. In questo contesto, la pianificazione territoriale, quale disciplina che determina l'utilizzo del territorio, è chiamata a svolgere un ruolo centrale nei prossimi anni. Un obiettivo chiave è certamente il raggiungimento del No Net Land Take entro il 2050, fissato dall'Italia per il 2030 nel Piano per la Transizione Ecologica, che costituisce un punto di riferimento per la costruzione di strumenti di pianificazione efficaci a diversi livelli, mirati al raggiungimento di questo importante traguardo. Una delle prime attività dell'Unità Operativa nell'ambito del progetto ha riguardato l'analisi del quadro normativo europeo, nazionale e regionale relativo al consumo di suolo e alla rigenerazione urbana. L'indagine ha incluso lo studio delle normative di Paesi come Germania, Spagna e Francia, evidenziando un quadro altamente eterogeneo, ulteriormente complicato in Italia dalla mancanza di una legge quadro nazionale (Felli & Zullo, 2024). Dal 2012 numerose proposte legislative sono state discusse in Parlamento, ma nessuna ha portato all'approvazione di un testo condiviso, spingendo le regioni a emanare normative autonome, con conseguenti problematiche di definizione, sistemi di monitoraggio, sistemi di deroghe e soglie di contenimento differenziate. La convivenza di due quadri normativi separati genera ulteriore complessità tecnica e giuridica nella gestione delle azioni correlate. Il

progetto ha analizzato in dettaglio le strategie regionali adottate per raggiungere l'obiettivo del No Net Land Take, mettendo in luce approcci e metodologie diverse. L'indagine ha evidenziato alcune tendenze comuni nelle politiche regionali, spesso basate sulla definizione di soglie di consumo di suolo libero o sulla delimitazione delle aree urbanizzabili (Montaldi, 2024). Partendo da questi primi risultati, l'attività è poi proseguita verso il reperimento di dati e implementazione di indicatori con una duplice finalità: da un lato mettere in evidenza i limiti degli approcci normativi oggi utilizzati, dall'altro offrire agli enti locali uno strumento di supporto capace di favorire soluzioni consapevoli e bottom-up, considerando che in Italia i comuni hanno un ruolo centrale nelle scelte sull'uso del suolo. Su queste basi è stato sviluppato un toolkit operativo per la pianificazione comunale, pensato per integrare la conoscenza delle dinamiche locali e progettare scenari di trasformazione sostenibile, realmente aderenti alle esigenze delle comunità. Il cuore di questo strumento è una dashboard interattiva, concepita come Decision Support System (DSS), che permette di visualizzare e interpretare i principali fenomeni territoriali attraverso sette Key Indicators, scelti per la loro significatività, continuità temporale e rilevanza per la pianificazione.

Struttura della piattaforma

Il toolkit è stato concepito come una dashboard strutturata attorno a un ampio volume di dati. A tal fine, sono stati raccolti, analizzati e riorganizzati dati provenienti da diversi enti e istituzioni governative. I dati sono stati riorganizzati in banche dati multi-tematiche e dataset di lungo periodo. Quando disponibili, i dati ricostruiscono le dinamiche territoriali a partire dal 2001. L'unità di analisi di base è il comune, aggiornata al 1° gennaio 2024 (questa configurazione sarà aggiornata annualmente per tener conto di eventuali fusioni o scissioni di enti comunali). Per ciascuna delle sette banche dati sono stati studiati e sviluppati diversi indici, alcuni dei quali, definiti Key Indicators, sono stati identificati come descrittori particolarmente efficaci per ciascuna area tematica. Ogni database è accompagnato da un file di metadati. I 46 indicatori del toolkit sono suddivisi in sette categorie tematiche (Tabella I) e la cui fonte dei dati viene riportata in Figura 1.

Tabella I | Numero di indicatori analizzati per ciascun database.

Database	Numero di indicatori	Fonte dati
Consumo di suolo	2	ISPRA
Demografia	7	ISTAT
Economia	15	MEF
Vincoli territoriali	8	ISPRA/ISTAT
Mercato immobiliare	4	Agenzia delle Entrate
Patrimonio immobiliare	1	Agenzia delle Entrate
Rete viaria	9	Open Street Map

La selezione degli indicatori è stata preceduta da un'accurata revisione della letteratura scientifica pertinente (Batty, 2013; Fiorini et al, 2022), al fine di individuare quelli più appropriati per ciascuna categoria. La struttura del toolkit è stata progettata per offrire una lettura del territorio non solo dal punto di vista amministrativo, ma anche funzionale (Sistemi Locali del Lavoro - ISTAT) e ambientale (ecoregioni - ISTAT). La dashboard consente di visualizzare le tendenze di questi indicatori a livello comunale, mettendo in evidenza il comportamento del comune analizzato rispetto alla propria Provincia o Città Metropolitana, così come in relazione all'ecoregione e al Sistema Locale del Lavoro di appartenenza. I valori degli indicatori sono rappresentati in modo sincronizzato, permettendo il confronto del valore del comune con parametri statistici (media, mediana, primo e terzo quartile) calcolati per ciascuna delle entità territoriali più ampie sopra menzionate (Sistemi Locali del Lavoro, Ecoregioni, Province/Città Metropolitane).

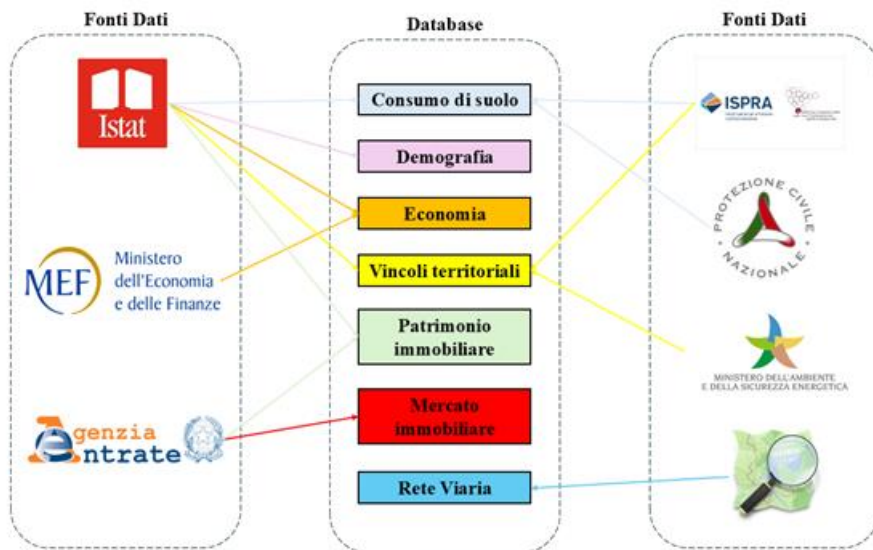


Figura 1 | Fonti dei dati usati per la costruzione di ciascun database. Fonte: elaborazione degli autori.

Un elemento distintivo del progetto è l'Indicatore di Benessere Territoriale, che combina 11 indicatori chiave per fornire una misura sintetica delle performance territoriali. L'indicatore è standardizzato sia su scala nazionale che regionale, integra variabili eterogenee legate agli aspetti demografici, economici, ambientali offrendo una visione multifattoriale dello stato dei comuni italiani. L'indicatore consente analisi più immediate e comprensibili da parte di amministratori, tecnici e cittadini, supportando le valutazioni strategiche nei processi di pianificazione. Inoltre, aiuta ad individuare i territori con maggiori criticità, facilitando il monitoraggio e la lettura dei fenomeni nel tempo (Figura 2).

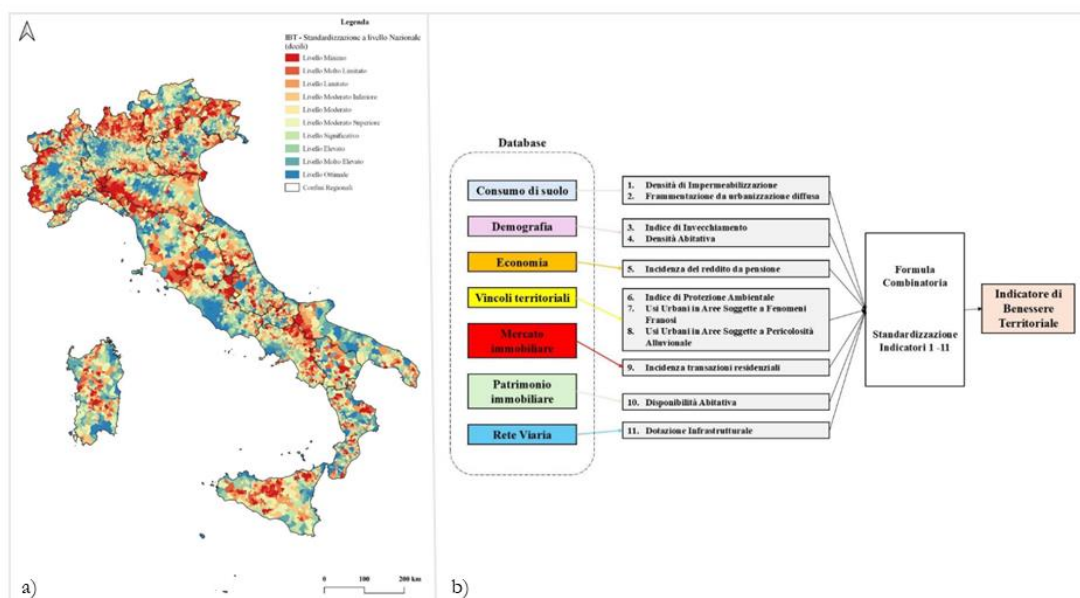


Figura 2 | a) Indicatore di benessere territoriale a livello nazionale. b) Diagramma di costruzione dell'indicatore di benessere territoriale. Fonte: elaborazione degli autori.

Conclusioni e sviluppi futuri

La pianificazione territoriale è un processo complesso che richiede un approccio integrato capace di coniugare analisi spaziali, sociali, economiche e ambientali in archi temporali estesi. Solo attraverso quadri conoscitivi solidi e coerenti è possibile individuare punti di forza e criticità del territorio, calibrando obiettivi e azioni di piano in maniera certamente efficace. Tuttavia, i processi tradizionali risultano spesso troppo lenti rispetto alla rapidità delle trasformazioni in atto e all'urgenza di affrontare sfide globali come il cambiamento climatico o il consumo di suolo. In Italia, inoltre, l'assenza di un coordinamento nazionale ha favorito approcci regionali divergenti, con normative eterogenee che hanno reso ancora più complesso il

già frammentato sistema di governance territoriale. Lo strumento proposto attraverso l'integrazione di dati territoriali, ambientali, demografici ed economici provenienti da fonti istituzionali e open source, armonizzati per assicurare coerenza spaziale e temporale vuole fornire una prima risposta in questa direzione. La peculiarità del toolkit consiste nella possibilità di leggere il territorio non soltanto nella sua dimensione amministrativa, ma anche attraverso le prospettive funzionali dei Sistemi Locali del Lavoro e ambientali delle Ecoregioni. Questo approccio multi-livello, supportato da oltre vent'anni di serie storiche a scala comunale, consente di cogliere con maggiore precisione le dinamiche insediative e i processi di trasformazione. Il sistema, concepito come DSS, organizza i dati in forma sincronica e diacronica e offre strumenti di analisi basati su un set di indicatori tematici calcolati in modo omogeneo su scala nazionale. Tali indicatori consentono di confrontare i territori in maniera coerente, identificare responsabilità settoriali, monitorare le tendenze e costruire indicatori sintetici utili alla definizione di strategie di rigenerazione urbana e gestione sostenibile del territorio. La natura open della piattaforma garantisce un accesso libero ai dati e agli strumenti, favorendo la condivisione della conoscenza e promuovendo un approccio partecipativo e bottom-up. In questo modo, i Comuni, che in Italia hanno un ruolo centrale nelle decisioni sull'uso del suolo, possono disporre di un supporto concreto per la progettazione di politiche allineate agli obiettivi europei, all'Agenda 2030 e alla Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile. Un aspetto di grande rilevanza è la continuità nel tempo: il toolkit sarà aggiornato fino al 2035 all'interno della piattaforma GeosciencesIR, garantendo la disponibilità di dati sempre aggiornati e strumenti operativi affidabili per un periodo di lungo termine. Allo stesso tempo, la piattaforma mantiene un carattere dinamico e flessibile, con la possibilità di integrare in futuro nuovi dataset e indicatori riguardanti i piani urbanistici comunali, le infrastrutture verdi, i rischi idrogeologici, gli ecosistemi e gli impatti dei cambiamenti climatici. In tal modo, la piattaforma assumerà un carattere dinamico e adattabile, capace di evolvere in parallelo ai mutamenti territoriali e di rispondere a nuove esigenze conoscitive e pianificatorie. In definitiva, il toolkit rappresenta non solo un sistema di osservazione avanzato, ma una vera e propria infrastruttura di supporto alle decisioni che consente di superare la frammentazione informativa, migliorare la capacità di analisi e rafforzare la consapevolezza del suolo come risorsa limitata e non rinnovabile. Grazie alla sua struttura flessibile e agli aggiornamenti previsti, potrà costituire un riferimento stabile e innovativo per accompagnare amministratori, tecnici e decisori politici verso una gestione del territorio più consapevole, resiliente e sostenibile nel lungo periodo.

Attribuzioni

La redazione delle parte "Abstract" è di Emilio Marziali; "Introduzione" è di Cristina Montaldi; "Il progetto GeoSciencesIR", "Il contributo di UNIVAQ" è di Annamaria Felli; "Struttura della piattaforma", "Conclusioni e sviluppi futuri" è di Gianni Di Pietro.

Riferimenti bibliografici

- Barbier, E. B., & Burgess, J. C. (2017), "The Sustainable Development Goals and the systems approach to sustainability", in *Economics*, 11(1)
- Batty, M. (2013), "Big data, smart cities and city planning", in *Dialogues in Human Geography* 3(3), pp. 274–279.
- Berisha, E., Cotella, G., Rivolin, J., Solly, A. (2023), "Sistemi di governo del territorio e consumo di suolo in Europa", in *Territorio*, pp. 123-132.
- Decoville, A., Schneider, M. (2016), "Can the 2050 zero land take objective of the EU be reliably monitored? A comparative study", in *J. Land Use Sci.*, no. 11, vol. 3, pp. 331–349.
- Felli, A., Zullo, F. (2024), "Legislative Foundations: Exploring Land Take Laws and Urban Regeneration Policies in Italy and Europe", in *Land*, vol.13, no. 713.
- Fiorini, L., Marucci, A., Zullo, F., Romano, B. (2022), "Towards a regional land take accounting system: The case of Abruzzo (Italy)", in *Sustainability* 14(4):2381.
- Fiorini, L., Zullo, F., Marucci, A., Di Dato, C., & Romano, B. (2021), "Planning tool mosaic (Ptm): A platform for Italy, a country without a strategic framework", in *Land*, 10(3), 279.
- Montaldi C (2024), "Consumo di suolo: Un complesso quadro di politiche, definizioni e soglie", in *Territorio*, vol. 103, pp. 147–156.
- Montaldi C. et al. (2024), "Limit land take. A matter of thresholds?", in *International Conference on Innovation in Urban and Regional Planning*, Springer.
- Munafò, M. (2023), *Consumo di Suolo, Dinamiche Territoriali e Servizi Ecosistemici*, Report SNPA 37/23, Ispra, Rome, Italy.

Sitografia

GeoSciences IR Homepage, disponibile online: <https://geosciences-ir.it/>

This contribution is realized within the framework of the PNRR project "Geo-sciencesIR" funded by the European Union Next Generation EU (PNRR "Geo-SciencesIR" – Missione 4, "Istruzione e Ricerca" – Componente 2, "Dalla ricerca all'impresa" – Linea di investimento 3.1, "Fondo per la realizzazione di un sistema integrato di infrastrutture di ricerca e innovazione". Finanziato dall'Unione Europea NextGenerationEU CUP I53C22000800006).

La mappatura del sistema scolastico-educativo alla scala territoriale del Friuli Venezia Giulia: dati, strumenti, metodi

Michele Gammino

Università degli Studi di Trieste
DIA – Dipartimento di Ingegneria e Architettura
Email: michele.gammino@phd.units.it

Andrea Peraz

Università degli Studi di Trieste
DIA – Dipartimento di Ingegneria e Architettura
Email: aperaz@units.it

Abstract

Il contributo proposto si inserisce nel dibattito sul rapporto tra scuole e contesti, indagando nello specifico la distribuzione delle scuole sul territorio regionale del Friuli Venezia Giulia. Il lavoro approccia il tema da un punto di vista prettamente metodologico con un focus alla scala del territorio: obiettivo è infatti la definizione di un iter procedurale per l'analisi dell'infrastruttura scolastica regionale, considerate le banche dati regionali e nazionali, mettendo in evidenza eventuali non-interoperabilità dei dati disponibili e conseguenti difficoltà nel restituire un quadro completo e accurato dello stato dell'arte. Il lavoro e le riflessioni riportate nel paper sono frutto della fase preparatoria del progetto *Formazione 360°*, promosso e finanziato dalla Regione Friuli Venezia Giulia¹.

Parole chiave: tools and techniques, digitalization, public spaces

1 | Il dibattito contemporaneo sulle attrezzature scolastiche: temi e approcci

Il tema delle attrezzature scolastiche, della loro architettura così come del loro rapporto con i contesti urbani, è da sempre presente nel dibattito urbanistico e architettonico (cfr. ad esempio Siola 1966; Isabella 1965; Gazzani 1974; Sansoni Tutino 1966). Ieri come oggi, il tema è approcciato nelle diverse dimensioni disciplinari. Principali temi d'indagine alla scala architettonica sono i caratteri tipologici e morfologici delle architetture scolastiche, il loro programma funzionale, la loro sostenibilità ambientale unitamente alla fase meta-progettuale che mira a coinvolgere tutta la comunità scolastica ed extrascolastica (a titolo d'esempio si rimanda a Carro, Tosi 2023; Bartels, Pampe 2020; Weyland 2019; Pezzetti 2012; S.Hofmann 2020). Alla scala urbana, di particolare interesse sono i progetti di rigenerazione urbana che “mettono al centro” le scuole, soffermandosi in particolar modo sulla raggiungibilità delle stesse attraverso percorsi urbani di mobilità dolce, dando particolare rilievo agli spazi immediatamente antistanti gli accessi alle scuole che vengono immaginati come vere e proprie “piazze scolastiche” (si veda, tra gli altri, Pileri, Renzoni, Savoldi 2022; Saporito, Vassallo 2023; Renzoni, Savoldi 2023; Renzoni, Vassallo, Donadoni, Lantieri 2023, Lamacchia, Luisi, Mattioli, Pastore, Renzoni, Savoldi 2021). Alla scala sovracomunale è sicuramente centrale il tema della distribuzione territoriale dei punti di erogazione del servizio scolastico (vedi ad esempio Lamacchia, Pastore, Volpe 2024; Pacchi, Ranci 2021, Marchigiani, Gammino, Peraz 2024; Gammino 2024). Il tema delle attrezzature scolastiche risulta quindi squisitamente multiscale: al variare delle diottrie è infatti possibile mettere a fuoco questioni rilevanti legate alla progettazione e pianificazione dell'infrastruttura educativa.

In questa sede, ci si focalizzerà sulla dimensione regionale in quanto si ritiene che una lettura ampia dell'infrastruttura formativa possa risultare strategica per inquadrare fenomeni endogeni ed esogeni a cui essa è ad oggi sottoposta e a cui, ragionevolmente, lo sarà sempre più nel prossimo futuro. Crisi demografica, spopolamento dei territori più marginali e conseguente rischio di chiusura dei plessi più periferici

¹ La fase preparatoria del lavoro ha visto impegnate l'Università degli Studi di Trieste, l'Università degli Studi di Udine, la Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati (SISSA) e la Regione Friuli Venezia Giulia. Nello specifico, il gruppo di lavoro multidisciplinare che ha partecipato alle indagini e alle ricostruzioni alla base di questo paper è composto da Elena Marchigiani (UniTS), Andrea Cafarelli (UniUD), Andrea Brunello (UniUD), Andrea Peraz (UniTS), Eleonora Ceschin (UniTS) e Michele Gammino (UniTS). La costruzione del metodo qui riportato è servita al gruppo di ricerca per elaborare agevolmente mappe e analisi ad uso interno dei ricercatori.

necessitano infatti di analisi e letture ad ampio raggio per comprendere quanto vadano a intaccare l'equilibrio di assetto dell'infrastruttura educativa. La scala regionale permette inoltre di osservare tematiche rilevanti anche alle scale inferiori (es: attrezzamento dei plessi, consistenza e distribuzione della popolazione scolastica, stato di conservazione dei corpi di fabbrica) inquadrati in un contesto più ampio, permettendo di individuare pattern e/o situazioni comuni rispetto a territori differenti (Gammino 2024).

Emerge quindi la necessità di disporre di un quadro il più completo e aggiornato possibile dello stato dell'arte dell'infrastruttura scolastico-formativa nei contesti regionali e, nel caso specifico qui riportato, nel Friuli Venezia Giulia. Tuttavia, nel momento in cui si intende procedere con una mappatura dei plessi e degli edifici scolastici operanti nel territorio regionale, tale operazione non sembra banale né scontata. Nel momento poi in cui si intendono effettuare operazioni di *join*² con informazioni di carattere tecnico inerente agli edifici scolastici (spesso provenienti da *dataset* differenti), possono presentarsi ulteriori criticità insite ai protocolli di *data entry*.

Si assume quindi in questa sede la definizione di un iter procedurale come vero e proprio nodo metodologico di fondamentale importanza per garantire risultati che siano replicabili, confrontabili ed estendibili a territori differenti.

2 | Dati e database: una ricognizione a livello nazionale

Appare quindi necessario l'accesso a dati afferenti alle singole scuole. Per fare questo, si è proceduto ad una ricognizione dei *database* disponibili. Si considerano in questa sede come prioritari i *database* nazionali ad accesso libero (*open data*) come il "Portale Unico dei Dati della Scuola"³, che contiene una vasta quantità di dati d'interesse (non solo su edilizia scolastica, ma anche su popolazione studentesca, sul sistema nazionale di valutazione, sul personale scolastico, sui fondi...) e ne permette il download in diversi formati tra cui il *Comma-Separated Values* (.csv), e il portale "Scuola in Chiaro"⁴, che attraverso la ricerca di istituti scolastici e singole scuole permette la visualizzazione di molti dati d'interesse (al momento in cui si scrive questo testo, tuttavia, non ne permette il download). Altre fonti ad accesso libero contenenti dati di interesse, seppur non direttamente riguardanti le scuole, sono i database dell'Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT)⁵ e il *Web Feature Service* (WFS) della cartografia catastale disponibile sul sito dell'Agenzia delle Entrate⁶.

Altro database da menzionare è l'Anagrafe Regionale per l'Edilizia Scolastica (ARES), articolazione regionale del Sistema Nazionale dell'Anagrafe di Edilizia Scolastica (SNAES)⁷: tali database contengono non solo i dati relativi all'edilizia scolastica e ai Punti di Erogazione del Servizio (PES), ma, interagendo con il Sistema Informativo dell'Istruzione (SIDI), raccolgono anche dati specifici sulla popolazione studentesca non aggregati e, quindi, sensibili. Per questo motivo SNAES e i suoi nodi regionali ARES non sono accessibili al pubblico: vi hanno accesso esclusivamente il Ministero, gli Enti Locali, le Regioni e le Istituzioni Scolastiche, che vi accedono per l'inserimento e la consultazione dei dati. Nello specifico, gli Enti Locali aggiornano le schede relative agli edifici scolastici, mentre i Dirigenti Scolastici compilano le schede relative ai PES. Come già specificato, l'accesso ai dati contenuti in ARES non è pubblico e dipende quindi da eventuali intese sottoscritte con Regioni o altri Enti Locali, ferma restando ovviamente l'impossibilità di accesso ai dati sensibili ivi contenuti.

Un ulteriore contenitore d'interesse, seppur specifico della regione Friuli Venezia Giulia, è l'Infrastruttura Regionale dei Dati Ambientali e Territoriali (IRDAT)⁸ che offre diversi *dataset* rilevanti, tra cui la geolocalizzazione delle scuole sul territorio regionale.

Questa prima ricognizione sembra offrire alcuni spunti di riflessione.

In primo luogo, tra le banche dati considerate, l'unico *open data* che sembra permettere una mappatura puntuale dei plessi scolastici a scala nazionale è il Portale Unico dei Dati della Scuola: i dati contenuti in ARES non sono infatti accessibili pubblicamente e il portale IRDAT è solo riferibile alla realtà specifica del Friuli Venezia Giulia. Tuttavia, il dataset che permetterebbe, almeno in potenza, una mappatura dei plessi non riporta le coordinate di latitudine e longitudine per una georeferenziazione, bensì l'indirizzo della scuola disgregato su più campi (nello specifico si fa riferimento ai campi dal nome

² Per "operazioni di *join*" si intendono le operazioni di unione di due o più dataset sulla base di un campo condiviso. L'utilizzo di tale funzione è piuttosto comune nei software di GIS per l'elaborazione di analisi territoriali.

³ Link al database: <https://dati.istruzione.it/opendata/> (consultato nel mese di settembre 2025)

⁴ Link al portale: <https://unica.istruzione.gov.it/portale/it/scuola-in-chiaro> (consultato nel mese di settembre 2025)

⁵ Link al database: <https://www.istat.it/dati/banche-dati/> (consultato nel mese di settembre 2025)

⁶ Link: <https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/cartografia-catastale-wfs> (consultato nel mese di settembre 2025)

⁷ Link al portale: https://www.istruzione.it/edilizia_scolastica/anagrafe.shtml

⁸ Link: <https://www.regione.fvg.it/rafvfg/cms/RAFVG/ambiente-territorio/conoscere-ambiente-territorio/FOGLIA2/> (consultato nel mese di settembre 2025)

“INDIRIZZOSCUOLA”, “CAPSCUOLA”, “CODICECOMUNESCUOLA” e “DESCRIZIONECOMUNE”⁹. Anche i dati riportati per la mappatura degli edifici scolastici attivi non presentano le coordinate geografiche, ma l’indirizzo riportato su più campi (nello specifico si fa riferimento ai campi dal nome “CODICECOMUNE”, “DESCRIZIONECOMUNE”, “SIGLAPROVINCIA”, “TIPOLOGIAINDIRIZZO”, “DENOMINAZIONEINDIRIZZO”, “NUMEROCIVICO”, “CAP”)¹⁰. Seppur sia possibile procedere con operazioni di geolocalizzazione a partire dagli indirizzi, questa è sicuramente più complessa, e quindi potenzialmente meno accurata, rispetto alla mappatura per coordinate geografiche, soprattutto nel momento in cui risulta necessaria una rielaborazione dei dati volta ad unire i campi separati

Questa criticità, che può senza dubbio apparire banale, sembra avere come conseguenza l’impossibilità di ricostruire in maniera agevole e con un adeguato livello di accuratezza la dislocazione degli edifici scolastici su un dato territorio a partire dalla principale banca dati pubblica sull’edilizia scolastica¹¹. Questo ha ricadute sul livello di accuratezza di tutte le analisi e letture che venissero svolte sulla base delle mappature degli edifici così ottenute (cfr. Fig.1).



Figura 1 | La differenza visibile tra geolocalizzazione per indirizzo (sx) e per edifici (dx) nel caso in cui più edifici scolastici insistano sulla stessa particella catastale.

Fonte immagine: elaborazione di Andrea Peraz

Altro aspetto che sembra emergere da questa prima ricognizione è legato alla natura di ciò che si intende mappare: le istituzioni scolastiche producono e maneggiano una grande quantità di dati sensibili. Per procedere a letture di sicuro interesse disciplinare sarebbe anzitutto necessaria un’anonimizzazione e aggregazione dei dati. Questo in gran parte già avviene, ma alcuni dati rimangono non accessibili pubblicamente, come ad esempio le provenienze degli alunni che avrebbero un grande interesse disciplinare per comprendere gli spostamenti e la pendolarità quotidiana degli studenti sul territorio regionale.

Ultimo aspetto che sembra emergere, seppur più generale e ampliabile a tutti i processi simili di raccolta dati, è legato alla numerosità degli enti (Comuni e Istituti Scolastici in primis) che entrano in gioco nel momento in cui ci si appropria alla scala regionale, infatti, l’elevato numero di enti coinvolti rende molto complesso un coordinamento con ciascuno di essi. Ne consegue che, ovviamente, la genuinità delle mappature e delle analisi dipende per gran parte dall’attendibilità delle banche dati e, quindi, dalla corretta compilazione dei dati stessi.

⁹ E’ possibile scaricare il dataset al link:

<https://dati.istruzione.it/opendata/opendata/catalogo/elements1/leaf/?area=Scuole&datasetId=DS0400SCUANAGRAFESTA T> (consultato nel mese di settembre 2025)

¹⁰ E’ possibile scaricare il dataset al link:

<https://dati.istruzione.it/opendata/opendata/catalogo/elements1/leaf/?area=Edilizia%20Scolastica&datasetId=DS0101EDIAN AGRAFESTA2021> (consultato nel mese di settembre 2025)

¹¹ Basti pensare al caso in cui una scuola nel proprio perimetro abbia più edifici: questi saranno riconoscibili per il loro codice differente ma non per la loro posizione. A attraverso la georeferenziazione per indirizzi, questi saranno rappresentati al medesimo indirizzo e, quindi, indicati dallo stesso punto sulla mappa.

3 | La ricostruzione di un metodo per la regione Friuli Venezia Giulia

Si procede di seguito con l'illustrazione di un possibile metodo elaborato a partire dal contesto regionale del Friuli Venezia Giulia ma potenzialmente applicabile al territorio nazionale, ferme restando le considerazioni di cui al paragrafo precedente. Il metodo di seguito riportato può dunque risultare utile per letture a scala regionale, ma vacilla nel momento in cui si intende procedere con analisi a scala inferiore in quanto non permette, come si vedrà, di identificare puntualmente tutti gli edifici scolastici.

Alla luce della ricognizione dei database disponibili e delle conseguenti criticità, si è anzitutto proceduto con un lavoro di riorganizzazione e schematizzazione dei dati, della loro fonte e delle loro relazioni, ottenendo così un diagramma entità-relazione (diagramma E-R).

Obiettivo di questa fase del lavoro è stato l'individuazione e il filtraggio dei dati ritenuti importanti ai fini della ricerca, cercando di definirne origine, relazioni ed eventuali campi in comune per future operazioni di *join*. Tale lavoro preparatorio è stato proficuo in quanto ha consentito, da una parte, di visualizzare “su carta” l'organizzazione di un vero e proprio database relazionale e, dall'altra, di poter cogliere facilmente le potenziali letture tematiche sviluppabili con i dati a disposizione.

Per meglio descrivere la metodologia adottata, si riportano in questa sede i dataset utilizzati per la ricostruzione delle informazioni relative agli edifici delle scuole statali (negli open data non sembrano presenti dati per consentire la mappatura dei plessi e degli edifici delle scuole paritarie) e del loro contesto, tralasciando tutto ciò che riguarda studenti e lavoratori scolastici.

Dati open data scuola:

- Elenco e localizzazione degli edifici scolastici attivi¹²
- Ambiente e area scolastica¹³
- Raggiungibilità degli edifici (mezzi pubblici, scuolabus ...) ¹⁴
- Presenza di vincoli ambientali, amministrativi o di altra natura¹⁵
- Superfici e volumi¹⁶
- Destinazione d'uso degli spazi¹⁷
- Accorgimenti per il superamento delle barriere architettoniche¹⁸
- Origine e periodo di costruzione degli edifici¹⁹
- Unità strutturali²⁰
- Certificazioni e documenti relativi alla sicurezza²¹
- Impianti di riscaldamento e di condizionamento dell'aria²²
- Accorgimenti per la riduzione dei consumi di energia²³
- Accorgimenti per la protezione da rumori²⁴
- Informazioni anagrafiche scuole statali²⁵

Riguardo alle dotazioni presenti nel contesto, in assenza di una mosaicatura su GIS di tutti i Piani Regolatori Generali Comunali della regione in esame, è possibile fare riferimento agli “Attributi e caratteristiche territoriali delle sezioni di censimento 2021 raggruppate in 11 macro-aree”²⁶, mentre le perimetrazioni catastali da febbraio di quest'anno sono disponibili attraverso il servizio WFS dell'Agenzia delle Entrate²⁷

¹² <https://dati.istruzione.it/opendata/opendata/catalogo/elements1/EDIANAGRAFESTA202120242520250806.csv>

¹³ <https://dati.istruzione.it/opendata/opendata/catalogo/elements1/EDIAMBIENTESTA202120242520250806.csv>

¹⁴ <https://dati.istruzione.it/opendata/opendata/catalogo/elements1/EDICOLLEGAMENTISTA202120242520250806.csv>

¹⁵ <https://dati.istruzione.it/opendata/opendata/catalogo/elements1/EDIVINCOLISTA202120242520250806.csv>

¹⁶ <https://dati.istruzione.it/opendata/opendata/catalogo/elements1/EDICONSISTENZASTA202120242520250806.csv>

¹⁷ <https://dati.istruzione.it/opendata/opendata/catalogo/elements1/EDIAMBFUNZSTA202120242520250806.csv>

¹⁸ <https://dati.istruzione.it/opendata/opendata/catalogo/elements1/EDISUPBARARCSTA202120242520250806.csv>

¹⁹ <https://dati.istruzione.it/opendata/opendata/catalogo/elements1/EDIETAORIGINESTA202120242520250806.csv>

²⁰ <https://dati.istruzione.it/opendata/opendata/catalogo/elements1/EDIUNITASTRUTSTA20242520250806.csv>

²¹ <https://dati.istruzione.it/opendata/opendata/catalogo/elements1/EDICONSICUREZZASTA202120242520250806.csv>

²² <https://dati.istruzione.it/opendata/opendata/catalogo/elements1/EDITIPORISCSTA202120242520250806.csv>

²³ <https://dati.istruzione.it/opendata/opendata/catalogo/elements1/EDIRIDUZCONSENESTA202120242520250806.csv>

²⁴ <https://dati.istruzione.it/opendata/opendata/catalogo/elements1/EDIPROTEZRUMSTA202120242520250806.csv>

²⁵ <https://dati.istruzione.it/opendata/opendata/catalogo/elements1/leaf/SCUANAGRAFESTAT20242520240901.csv>

²⁶ <https://www.istat.it/notizia/caratteristiche-territoriali-sezioni-censimento-2021-raggruppate-in-macroaree>

²⁷ <https://wfs.cartografia.agenziaentrate.gov.it/inspire/wfs/owfs01.php>

Rispetto le informazioni relative ai rischi idrogeologici la base può essere il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) presente nel geoportale del Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) recante il pericolo di alluvione, di frana e di valanghe²⁸.

Inerentemente al rischio di incendio boschivo, la base cartografica è stata elaborata dal gruppo di ricerca (Peraz 2025).

Nel tentativo di analizzare possibili bacini di utenza si sono spazializzate le informazioni relative al censimento ISTAT del 2021 a partire dalle basi territoriali per sezioni²⁹.

Rispetto alla raggiungibilità la localizzazione delle stazioni ferroviarie, delle fermate del Trasporto Pubblico Locale e dei poli intermodali possono essere acquisite tramite il *plug-in QuickOSM*³⁰ da *Open Street Maps*, ricordando di verificarne l’accuratezza.

Infine, per ogni scuola sono state elaborate le isocrone³¹ a dieci minuti a piedi per tutti i livelli di istruzione, a quindici minuti di auto per il primo ciclo e a trenta minuti di automobile per il secondo ciclo.

Si è poi proceduto alla costruzione del database relazionale in ambiente PostgreSQL utilizzando l’estensione PostGIS per gestire le *query* che mettono in relazione i dataset contenenti le informazioni reperite tramite le banche dati sopraelencate, spaziali e non.

Il database così ottenuto risulta interrogabile attraverso *query* in *Structured Query Language (SQL)*, i cui *output* sono visualizzabili come elaborazioni grafiche spazializzate, ovvero mappe, sulle quali sono possibili ulteriori, successive elaborazioni (cfr. fig.2).

Questo metodo non permette di individuare i singoli edifici ma le posizioni dei plessi, e in ogni caso obbliga il ricercatore ad un controllo dettagliato su dove cade il punto dato dalla geolocalizzazione per indirizzi (cfr. fig.1).

4 | Conclusioni

Il metodo adottato è così riassumibile:

- Fase 1: individuazione e analisi delle banche dati;
- Fase 2: redazione del grafo E-R per la gestione delle relazioni tra dataset;
- Fase 3: costruzione di database relazionale;
- Fase 4: interrogazione dei dati e generazione di nuovi dati (es. isocrone);
- Fase 5: lettura, interpretazione delle mappe.

Seppur di per sé non nuovo e necessitante di ulteriori affinamenti, l’applicazione di questo metodo all’infrastruttura scolastica presenta alcune potenzialità. In primo luogo, permette di creare relazioni complesse in tempi brevi tra aspetti descrittivi e quantitativi non spaziali con elementi georeferenziati. In secondo luogo, consente l’elaborazione di relazioni non scontate, come ad esempio la prossimità fra i vari gradi scolastici. Infine, permette di ricostruire e leggere l’infrastruttura scolastica con altri dati inerenti alla pianificazione territoriale contenuti in altri *database*. Da queste considerazioni consegue che lo strumento così ottenuto permette, attraverso semplici *query* in SQL, di mettere a sistema l’infrastruttura scolastica sia con sé stessa (es: ricostruzione delle gerarchie degli IC, prossimità tra plessi di stesso grado o di gradi differenti), sia con altri sistemi operanti alla scala del territorio (se presenti e spazializzati in altri dataset come, ad esempio, i già citati standard urbanistici presenti nel territorio), consentendo così di cogliere agilmente le relazioni tra scuole e contesti ritenute più significative. Questi aspetti sono sicuramente banali ma, se combinati, possono rappresentare un punto di partenza fecondo per l’analisi del sistema educativo e, successivamente, per l’elaborazione di dispositivi di supporto alle decisioni per le pubbliche amministrazioni che si confrontano con il tema della pianificazione e dell’assetto dell’infrastruttura scolastica regionale.

Permangono tuttavia alcune questioni aperte. In primis, come si ha avuto modo di verificare, la geolocalizzazione dei plessi e/o degli edifici scolastici, se basata esclusivamente sugli *open data*, non sembra essere operazione scontata. Questa considerazione sembra minare alla base la possibilità di elaborazione di un metodo condiviso a scala nazionale in grado di mappare puntualmente ciascun edificio e/o plesso scolastico, poiché obbliga di fatto ad appoggiarsi su banche dati pubbliche regionali, se esistenti, che potrebbero avere criteri non omogenei di catalogazione dei campi. Alternativa in tal senso è l’accesso ai dati

²⁸ http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms_ogc/wfs/PAI_rischio.map

²⁹ sulle basi territoriali per sezioni si rimanda al link: <https://www.istat.it/notizia/basi-territoriali-e-variabili-censuarie>.

³⁰ Link: <https://docs.3liz.org/QuickOSM>

³¹ Nello specifico attraverso il plug-in fornito da Open Route Service ORS Tools: <https://plugins.qgis.org/plugins/ORSStools>

di geolocalizzazione eventualmente presenti in ARES, ma questi database non sono pubblici e l'accesso obbligherebbe il ricercatore ad interfacciarsi con gli Enti Locali. Se, da una parte, la mappatura ottenuta dalla geolocalizzazione degli indirizzi dei plessi può, a nostro avviso, ritenersi valida per una visione d'insieme su scala regionale, dall'altra questa risulta limitante nel momento in cui si intende procedere con analisi a scala più fine che includano, ad esempio, considerazioni sullo stato di conservazione degli edifici scolastici.

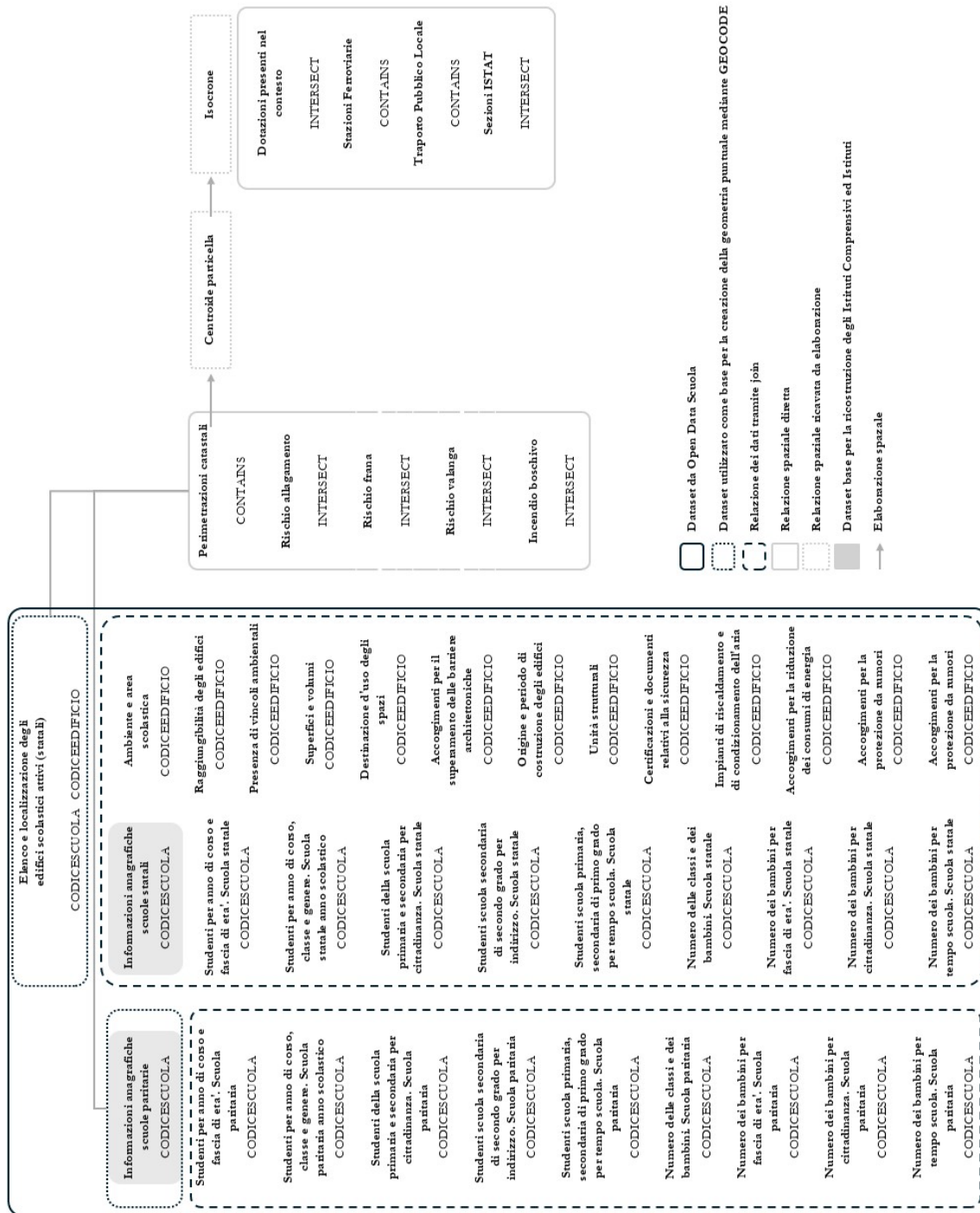


Figura 2 | Relazione tra database e dataset disponibili, con l'evidenziazione dei campi utilizzabili per le operazioni di join.
Fonte: immagine redatta da Andrea Peraz

In secondo luogo, data la varietà di database e di dataset coinvolti, non sempre l'interoperabilità risulta agevole. Questo aspetto risulta particolarmente critico dal momento che i *database/dataset* possono avere tempi di aggiornamento differenti: dal momento che l'infrastruttura scolastica muta il suo assetto di anno in anno (talvolta anche profondamente, come nel caso in cui vengano aperti o soppressi dei PES), sarebbe importante disporre con regolarità annuale di tutti i dati coinvolti nelle analisi.

Un'ulteriore questione riguarda la mappatura degli studenti nel caso delle scuole secondarie di primo grado: la decisione di applicare un unico codice meccanografico per tutti i PES presenti in un determinato comune (con i dati così distribuiti nel portale) rende impossibile la lettura delle informazioni distribuite spazialmente inerenti agli studenti ed ai lavoratori, in quanto il campo di *join* è "CODICESCUOLA". Se in ARES questi dati sono messi in relazione con l'edificio (garantendo così la possibilità di collocare spazialmente queste due popolazioni), sarebbe auspicabile che anche gli open data venissero distribuiti con tale campo in comune.

Si ritiene particolarmente importante e urgente una riflessione congiunta sulle questioni aperte che sembrano emergere, in quanto potrebbero ostacolare l'elaborazione di una metodologia di ricostruzione e analisi del sistema educativo condivisa a livello nazionale, la cui formulazione, ancora aperta, rimane a nostro avviso di cruciale importanza per permettere analisi che risultino replicabili, estendibili a territori differenti e confrontabili.

Attribuzioni

Le riflessioni contenute nel testo sono da considerarsi frutto del lavoro congiunto dei due autori. La stesura del testo è da considerare come di seguito: il §1 è da attribuire a Michele Gammino, il §3 è da attribuire ad Andrea Peraz, i §2 e §4 sono da attribuire ad entrambi gli autori.

Riferimenti bibliografici

Pezzetti L.A. (2012), *Architetture per la scuola. Impianto, forma, idea*, Clean edizioni, Napoli.

Carro R., Tosi L. (2023), *Lo spazio della scuola. Architetture scolastiche e cicli pedagogici*, Carocci editore, Roma.

Gammino M. (2024), *Scuole e territorio: il caso studio del Friuli Venezia Giulia*, tesi di dottorato, Università degli Studi di Trieste.

Siola U. (1966), *Tipologia e architettura della scuola*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli.

Isabella F. (1965), *L'edilizia scolastica in Italia. Precedenti e prospettive*, La Nuova Italia editrice, Firenze

Gazzani D. (1974), *L'urbanistica e il distretto scolastico. Proposte per un totale rinnovamento delle istituzioni educative*, A. Armando editore, Roma.

Sansoni Tutino N. (1966), *Scuola e Territorio 4. Considerazioni sulla ricerca per un piano di sviluppo della scuola nel territorio bolognese*, De Donato editore Leonardo da Vinci, Bari.

Pileri P., Renzoni C., Savoldi P. (2022), *Piazze scolastiche. Reinventare il dialogo tra scuole e città*, Corraini edizioni, Mantova.

Renzoni C., Vassallo I., Donadoni E., Lantieri S. (2023), *Territori intermedi. Cuneo, un atlante interpretativo*, Lettera 22, Siracusa

Tosi L. (a cura di, 2019), *Fare didattica in spazi flessibili. Progettare, organizzare e utilizzare gli ambienti di apprendimento a scuola*, Giunti, Firenze.

Weyland P. (2019), "Progettare insieme una nuova scuola", in Tosi L. (a cura di), *Fare didattica in spazi flessibili. Progettare, organizzare e utilizzare gli ambienti di apprendimento a scuola*, Giunti, Firenze, pp.19-35.

Saporito E., Vassallo I. (2023), "L'infrastruttura scolastica come bene comune. Da servizio pubblico a presidio civico", in Marchigiani E., Perrone C., Savoldi P. & Tosi M.C. (a cura di, 2023), *Forme di welfare e dotazioni di servizi, un'eredità in continua evoluzione*, Atti della XXIV Conferenza Nazionale SIU Dare valore ai valori in urbanistica, Brescia 23-24 giugno 2022, vol. 06, Planum Publisher e Società Italiana degli Urbanisti, Roma-Milano, pp.

Renzoni C., Savoldi P. (2023), "Unlock the city, open the schools. Spazi e servizi scolastici in una prospettiva urbana", in Marchigiani E., Perrone C., Savoldi P. & Tosi M.C. (a cura di, 2023), *Forme di welfare e dotazioni di servizi, un'eredità in continua evoluzione*, Atti della XXIV Conferenza Nazionale SIU Dare valore ai valori in urbanistica, Brescia 23-24 giugno 2022, vol. 06, Planum Publisher e Società Italiana degli Urbanisti, Roma-Milano, pp.

Lamacchia M.R., Pastore R., Volpe G. (2024), "Pianificare il sistema dell'istruzione tra assetti fisici e istituzionali: simmetrie a scale diverse", in Tedesco C., Marchigiani E. (a cura di, 2024), *Partecipazione, inclusione e gestione dei conflitti nei processi di governo del territorio*, Atti della XXV Conferenza Nazionale SIU

- “Transizioni, giustizia spaziale e progetto del territorio”, Cagliari, 15-16 giugno 2023, vol. 07, Planum Publisher e Società Italiana degli Urbanisti, Roma-Milano, pp.
- Pacchi C., Ranci C. (2021), “Politiche contro la segregazione scolastica: strumenti per un approccio territoriale”, in Coppola A., Del Fabbro M., Lanzani A., Pessina G., Zanfi F. (a cura di, 2021), *Ricomporre i divari. Politiche e progetti territoriali contro le disuguaglianze e per la transizione ecologica*, il Mulino, Bologna, pp. 251-257.
- Lamacchia M.R., Luisi D., Mattioli C., Pastore R., Renzoni C., Savoldi P. (2021), “Contratti di scuola: uno spazio per rafforzare le relazioni tra scuola, società”, in Coppola A., Del Fabbro M., Lanzani A., Pessina G., Zanfi F. (a cura di, 2021), *Ricomporre i divari. Politiche e progetti territoriali contro le disuguaglianze e per la transizione ecologica*, il Mulino, Bologna, pp. 239-249.
- Marchigiani E., Gammino M., Peraz A., “Governo d’area vasta e reti dei servizi fondamentali in Friuli Venezia Giulia”, in Bricocoli M., Pezzagno M. (a cura di, 2024), *Sevizi, dotazioni territoriali, welfare e cambiamenti sociodemografici*, Atti della XXV Conferenza Nazionale SIU “Transizioni, giustizia spaziale e progetto di territorio”, Cagliari, 15-16 giugno 2023, vol. 08, Planum Publisher e Società Italiana degli Urbanisti, Roma-Milano, pp. 258-268.
- Bartels K., Pampe B. (2020), “Sustainability in school buildings: planning processes and spatial concepts”, in Hofmeister S. (ed.), *School buildings. Spaces for learning and the community*, Edition DETAIL, Munich, pp.6-13.
- Hofmann S. (2020), “Participation in the process of school building”, in Hofmeister S. (ed.), *School buildings. Spaces for learning and the community*, Edition DETAIL, Munich, pp.18-25.
- Peraz A. (2025), *Giocare d’anticipo. Dal rischio alla progettazione integrata per le valli Dogna e Resia*, tesi di dottorato, Università degli Studi di Trieste

Sitografia

- Portale Unico dei Dati della Scuola: <https://dati.istruzione.it/opendata/>
- Portale Edilizia Scolastica: https://www.istruzione.it/edilizia_scolastica/index.shtml
- Portale Scuola in Chiaro: <https://unica.istruzione.gov.it/sic>
- Database IRDAT FVG: <https://www.regione.fvg.it/rafvfg/cms/RAFVG/ambiente-territorio/conoscere-ambiente-territorio/FOGLIA2/>
- Tabella “attributi e caratteristiche territoriali delle sezioni di censimento 2021 raggruppate in 11 macro-aree”, disponibile sul sito dell’ISTAT, link: <https://www.istat.it/notizia/caratteristiche-territoriali-sezioni-censimento-2021-raggruppate-in-macroaree/>
- “Basi territoriali e variabili censuarie”, disponibile sul sito dell’ISTAT, link: <https://www.istat.it/notizia/basi-territoriali-e-variabili-censuarie>

Riconoscimenti

Il gruppo di ricerca UniTS-UniUD che ha lavorato alla prima fase del progetto *Formazione 360°* è composto da Elena Marchigiani (UniTS), Andrea Cafarelli (UniUD), Andrea Brunello (UniUD), Andrea Peraz (UniTS), Eleonora Ceschin (UniTS) e Michele Gammino (UniTS). La ricerca dei dati e l’elaborazione del diagramma entità-relazione è da intendersi come lavoro congiunto del gruppo di ricerca, con particolare riconoscimento del contributo di Andrea Brunello. Ulteriore riconoscimento va alla Regione Friuli Venezia Giulia, che ha finanziato il progetto di ricerca.

AI-Enhanced Interactive Urban Façades: Exploring Performative Street Art in Urban Spaces

Chiara Garau

University of Cagliari
Department of Civil and Environmental Engineering and Architecture (DICAAR)
Email: *cgarau@unica.it*

Mana Dastoum

University of Cagliari
Department of Civil and Environmental Engineering and Architecture (DICAAR)
Email: *SeyedehMana.dastoum@unica.it*

Reza Askarizad

University of Cagliari
Department of Civil and Environmental Engineering and Architecture (DICAAR)
Email: *Reza.Askarizad@unica.it*

Abstract

This paper investigates the intersection of urban design, artificial intelligence (AI), and performative street art as a means of enriching social interactions within smart cities. Using the case study of puppet theatre shows projected onto the façades of commercial buildings in Madrid, the research illustrates how such cultural interventions transform detached urban areas into vibrant social hubs. Building on these insights, the study examines the potential of AI to augment these performances through real-time adaptability, personalised interactivity, and predictive optimisation. The findings highlight how AI-powered façades can influence pedestrian flows, extend dwell times, and create responsive environments that deepen audience participation. By bridging the physical fabric of the city with digital layers of interactivity, AI enhances both the experiential and cultural value of public space. This work contributes to debates on technological innovation in urbanism, emphasising how AI can support social sustainability while preserving the humanistic essence of publicness.

Keywords: Artificial Intelligence; Smart cities, Urban façades

1 | Introduction

The integration of emerging technologies in urban spaces is reshaping how people interact with the built environment. In smart cities, technological advancements are not merely tools for efficiency, but also enablers of social dynamics and inclusive public spaces (Garau et al., 2025a). Recent scholarship emphasises that the digitalisation of the city is no longer limited to infrastructural optimization (Datta, 2023) but increasingly addresses the experiential and cultural dimensions of urban life. From interactive façades to immersive art installations, cities are experimenting with ways of making technology a mediator of publicness, fostering encounters, communication, and collective identity (Urbanowicz & Nyka, 2016).

The use of street performances on building façades has proven to be a catalyst for social gatherings, as evidenced in Madrid's El Corte Inglés puppet theatre shows. These initiatives illustrate how façades can transcend their traditional architectural function to become active stages for community engagement (Kousidi, 2025). They provide a powerful demonstration of how cultural programming embedded in the urban fabric can attract diverse audiences, extend dwell time, and generate new economic opportunities for local businesses (Askarizad et al, 2024). Moreover, such interventions highlight the evolving role of public space as a hybrid arena where art, commerce, and technology intersect to create dynamic forms of urban sociability.

However, while these interventions foster engagement, their potential could be further enhanced through AI-driven adaptability. This paper explores the role of AI in augmenting performative urban façades, improving the interactive and participatory aspects of public spaces. Artificial Intelligence introduces the possibility of real-time responsiveness, personalised interaction, and predictive optimisation, allowing performances to evolve according to audience behaviour and environmental conditions (Khan, 2022). By

⁶⁰ Fistola R., Morello E. (a cura di, 2026), Nuove tecnologie, pratiche digitali, intelligenza artificiale e publicness, Atti della XXVII Conferenza Nazionale SIU "Publicness: le sfide della dimensione pubblica nelle città e nei territori", Milano, 18-20 giugno 2025, vol. 11, Planum Publisher e Società Italiana degli Urbanisti, Roma-Milano. | 978-88-99237-94-3

embedding AI into these performative façades, cities can create more inclusive, adaptive, and resilient public experiences (Weber-Lewerenz & Traverso, 2023). In doing so, this research contributes to ongoing debates on the balance between technological efficiency and the preservation of human and social values that define the essence of public space.

2 | Background and Literature Review

2.1 | Street Performances and Social Interaction

Street performances, as cultural and artistic interventions, play a central role in shaping how people perceive and use public spaces (Simpson, 2011). They bring spontaneity and creativity into everyday urban life, enabling individuals from diverse backgrounds to share collective experiences (Simpson, 2008). Unlike formal cultural venues such as theatres or museums, street performances occur in open, accessible environments, reducing social and economic barriers to participation. This openness fosters inclusivity and supports the idea of public space as a democratic arena. Scholars have emphasised that such performances contribute to placemaking by infusing urban environments with cultural meaning, thereby enhancing the livability of cities (Ali & Baper, 2023). By animating sidewalks, squares, and commercial districts, they create new layers of interaction that reinforce urban vitality (Montgomery, 1998).

The impact of street performances extends beyond entertainment; they actively generate opportunities for social interaction and cohesion (Van der Hoeven & Hitters, 2019). Performances attract heterogeneous groups, including residents, tourists, families, and passers-by into shared spaces, often leading to unexpected encounters (Muller, 2013). These gatherings stimulate dialogue, create a sense of belonging, and strengthen collective memory within the city (Gamba & Cattacin, 2021). Researchers have noted that such activities help to counteract urban fragmentation by providing inclusive rituals of togetherness, especially in contexts where commercialisation and privatisation tend to weaken the social role of public space.

When integrated with urban architecture, street performances gain an additional layer of significance by interacting directly with the built environment (Garau et al., 2025b). Façades and plazas become backdrops or stages, amplifying the experiential quality of the performance (Majid, 2022). This spatial integration redefines the role of buildings and public squares turning them into active participants in cultural production. The architectural context can also influence the intensity of social interaction; for instance, highly visible and accessible façades attract larger and more diverse audiences (Garau et al., 2025a). Conversely, interventions in less integrated areas may act as equalising forces, drawing people into overlooked or marginalised spaces (Alam & Garau, 2025). In this sense, the interplay between street performances and architectural settings illustrates how culture and design can coalesce to revitalise urban sociability, offering valuable insights for planners seeking to enhance both social engagement and urban identity.

2.2 | The Role of Urban Façades in Social Engagement

Building façades are more than mere architectural envelopes; they serve as crucial thresholds between the private interior and the public exterior. Traditionally, façades communicated identity and status through architectural style, materiality, and ornamentation (Khalifa & Lafi, 2025). In contemporary cities, however, façades increasingly function as interactive interfaces that mediate social life (Fisher, 2009). When animated by light, sound, or media installations, they transcend their static role and actively engage passers-by (Ismiranti & Kogia, 2025). This transformation situates façades as both cultural artefacts and social instruments, capable of altering pedestrian flows and the rhythms of urban life. In this sense, façades act as mediators of visibility and encounter, amplifying opportunities for spontaneous social interaction in public spaces (Brynskov et al., 2009).

The integration of digital technologies into façades has dramatically expanded their potential for social engagement (Fernando et al., 2023). Media façades, for instance, enable dynamic projections that can showcase public art, broadcast community messages, or stage performances visible to large audiences (Fischer et al., 2012). Such interventions create shared experiences that reinforce collective identity and urban memory. The adaptability of digital façades also allows for temporary programming, which can shift a façade's role according to seasonal events, cultural festivals, or civic campaigns (Kousidi, 2025). This flexibility makes façades powerful tools for placemaking, capable of transforming commercial buildings into civic landmarks (Ali & Baper, 2023). Importantly, these interventions are not confined to entertainment but can also stimulate civic dialogue, by addressing themes such as sustainability, inclusion, or cultural diversity in ways that are both accessible and engaging.

In highly central or integrated areas, interactive façades can magnify existing flows of people, intensifying social vibrancy and commercial activity (Askarizad et al., 2024). In contrast, when applied in spatially segregated or underutilised zones, façade interventions may act as catalysts, drawing people into areas that would otherwise lack social vitality (Çobanoğlu & Van Dorst, 2025). This demonstrates their potential as equalising devices in the urban fabric, bridging gaps between fragmented districts and fostering inclusivity (Colding et al., 2024). The ability of façades to generate public attention, sustain dwell time, and stimulate dialogue positions them as key instruments for urban designers seeking to balance technological innovation with the preservation of authentic human encounters in the city.

2.3 | AI in Public Space Design

Artificial Intelligence (AI) has emerged as a transformative force in rethinking how public spaces are designed, managed, and experienced. Unlike traditional urban planning tools, which often rely on static data, AI-driven systems can process vast amounts of information in real time, offering dynamic insights into how people use and inhabit urban environments (Stecula et al., 2023). By leveraging machine learning algorithms, urban designers can identify behavioural patterns, anticipate crowd flows, and predict potential challenges such as congestion or underutilization (Cecaj et al., 2021). This shift enables the creation of adaptive spaces that evolve in response to human activity rather than being fixed once constructed. As a result, AI facilitates a more responsive model of urbanism, where public spaces become living systems that adapt continuously to the needs of citizens (He, & Chen, 2024).

In practice, AI applications in public space design range from real-time crowd management to immersive interactive installations (Lei, 2025). Beyond functional optimisation, AI offers new opportunities to strengthen the social dimension of urban life (He, & Chen, 2024). By analysing emotional responses through sentiment analysis, sound recognition, or biometric feedback, AI can help designers understand how people feel in specific environments and adjust interventions accordingly (Zhang, et al., 2020). For instance, performances projected on building façades could alter tempo, colour, or narrative elements based on the collective mood of the audience (Abu-Obeid & Abuhassan, 2024). Additionally, predictive analytics enable planners to schedule events during peak periods of potential engagement, maximising both cultural and commercial impact (Kumar & Ratten, 2025). In this way, AI is not simply a tool for efficiency but a mechanism for reinforcing publicness, enhancing cultural expression, and creating inclusive urban rituals that foster connection between people and place.

3 | Methodology

This study adopts an interdisciplinary methodology that bridges urban design, artificial intelligence, and empirical observation in order to investigate the evolving role of building façades as social catalysts. The case study of the Cortylandia performance at El Corte Inglés in Madrid serves as a foundation, providing real-world insights into how cultural events staged on commercial façades stimulate public engagement. By combining spatial analysis, behavioural observations, and AI-driven conceptual frameworks, the study situates itself at the intersection of technological innovation and human-centred urbanism. This integrative approach allows not only for the examination of existing practices but also for the projection of future scenarios in which AI enhances interactivity, adaptability, and inclusivity in public space design.

The methodology is structured around two primary empirical components, Space Syntax Analysis and Empirical Observations, that together provide a comprehensive understanding of spatial and social dynamics. Space syntax analysis, conducted using the Depthmap software, evaluates the spatial configuration of Madrid's city centre, with a particular focus on integration and segregation levels around Puerta del Sol and the El Corte Inglés façade. This enables the identification of areas with high and low sociability potential, highlighting how spatial structure influences the capacity for public gathering. Complementing this, empirical observations document audience behaviours during the performances, using both static snapshots to capture moments in time and video recordings for a richer, temporal analysis. Coding schemes were applied to track activities such as standing, sitting, walking, dancing, and interacting, offering a nuanced picture of social participation.

Building on these empirical foundations, the methodology also integrates AI as a conceptual and analytical layer. Although AI technologies were not yet fully deployed in the case study itself, this research employs AI-informed frameworks to reimagine how such performances could evolve in smart city contexts. Real-time crowd monitoring, sentiment analysis, and predictive modelling are explored as potential enhancements to both data collection and performance design. This forward-looking methodological extension positions AI not merely as a tool for post-hoc analysis but as an active agent in shaping adaptive

public space interventions. By combining empirical evidence with speculative AI-driven scenarios, the study contributes to methodological innovation in urban research, offering a hybrid model that captures both current realities and future potentials. A summary visualisation of the applied methods is illustrated in figure 1.

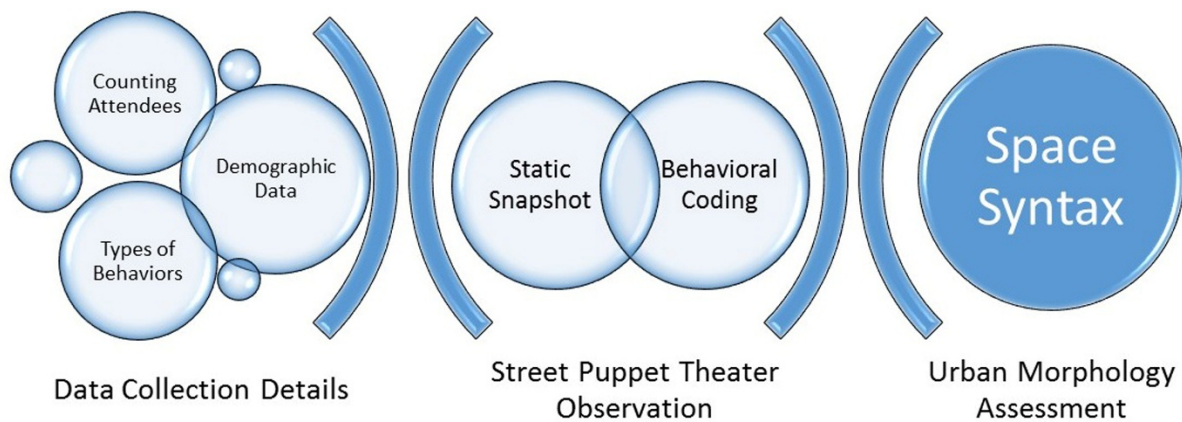


Figura 1 | Applied methodological instruments in the study. Source: authors

4 | Results

The case study in Madrid demonstrates that performances staged on building façades can transform even spatially disconnected or poorly integrated areas into vibrant social hubs. Despite the El Corte Inglés façade being located in a relatively less integrated area of the city centre, the puppet theatre shows succeeded in drawing large audiences and creating a sense of community. Observations revealed that these events not only attracted diverse groups of residents and tourists but also encouraged them to extend their stay, leading to greater social interaction and exchange. The temporary transformation of an otherwise commercial façade into a cultural stage highlights the ability of performance to reconfigure urban meaning and activate new layers of public life.

The space syntax analysis reinforced these observations by revealing the structural limitations of the study area. While Puerta del Sol emerged as the most integrated and socially central hub of Madrid, the immediate vicinity of the El Corte Inglés façade displayed lower integration and weaker connectivity values. According to the spatial analysis, this suggested that the site had limited potential for naturally attracting large crowds compared to more central locations. However, the actual turnout during the performances contradicted these predictions, showing that cultural interventions could overcome spatial disadvantages. In this way, the façade-based theatre functioned as a compensatory mechanism, drawing social energy into an area where the built morphology alone offered little sociability potential (Figure 2).

Empirical observations revealed that the façade-based performances attracted a wide demographic (Figure 3), from families and children to young adults and older spectators, generating lively interactions such as singing, dancing, and companionship that blurred the line between audience and performer. The festive atmosphere fostered spontaneous participation, with video analysis highlighting shifting movement patterns and engagement peaks during musical or interactive sequences, even in adverse weather, demonstrating the strong social magnetism of the event. Integrating AI could further amplify these effects by enabling real-time adaptations of sound, lighting, and visuals in response to crowd behaviour, creating immersive feedback loops that enhance participation. Moreover, AI's predictive tools can anticipate peak attendance based on historical data, weather, and urban rhythms, optimising showtimes and synchronising events with the broader cultural calendar. In doing so, AI transforms such performances from temporary spectacles into strategically planned interventions that enrich cultural expression, sustain social vibrancy, and stimulate local economic activity within the urban fabric.

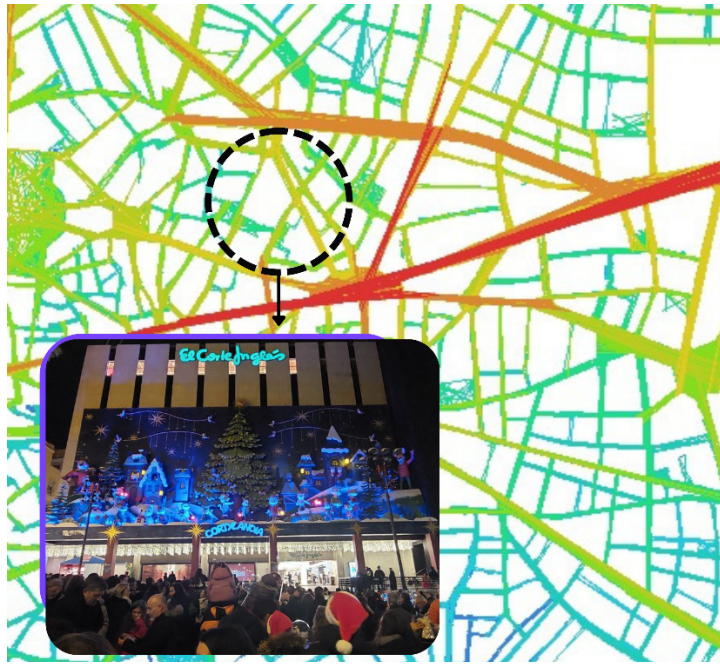


Figura 2 | Spatial morphology analysis of the study area using space syntax. Source: authors



Figura 3 | The impact of performative façade based implementation on social gathering. Source: authors

5 | Conclusion

The integration of AI with street performances on urban façades demonstrates a promising pathway toward reimagining public space in the era of smart cities. The Madrid case study revealed how cultural interventions can revitalise even spatially disconnected areas, fostering social interaction, inclusivity, and commercial vitality. When enhanced with AI, these interventions gain the ability to adapt in real time, responding to crowd dynamics, environmental conditions, and user behaviours. Such adaptability transforms façades from passive architectural surfaces into intelligent cultural platforms, capable of deepening social bonds and reinforcing urban identity. By merging art, technology, and design, AI-enabled façades move beyond mere spectacle to become strategic instruments for cultivating vibrant, participatory urban life.

At the same time, the study underscores the importance of grounding technological innovation in human-centred values. While AI provides unprecedented opportunities for responsiveness and personalisation, its application in public spaces must address concerns of inclusivity, accessibility, privacy, and governance. Interdisciplinary collaboration, bringing together urban planners, technologists, policymakers, and artists, will be vital to ensuring that AI serves as a facilitator of social sustainability rather than a driver of exclusion or control. Future directions point toward comparative studies in other cultural and spatial contexts, testing how such interventions can be adapted across cities and seasons. Ultimately, the success of AI-powered performative façades will rest on their ability to balance technological efficiency with the preservation of publicness, ensuring that urban spaces remain lively, inclusive, and socially meaningful.

Authors contributions

This paper is the result of the joint work of the authors. ‘Abstract’ and ‘Results’ (with its subparagraphs) were written jointly by the authors. MD wrote ‘Background and Literature Review’ (with its subparagraphs) and RA wrote ‘Methodology’, CG wrote ‘Introduction’ and ‘Conclusions’. CG supervised the paper.

References

- Abu-Obeid, N., & Abuhassan, L. B. (2024). “Experiencing cinematic architecture: the impact of architecture on the audience emotional engagement.” *Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research*, 18(1), 172-190. <https://doi.org/10.1108/ARCH-10-2022-0210>
- Al Khalifa, H. E., & Lafi, M. W. (2025). “Ornamentation and Islamic identity in contemporary European mosques: An analysis of cultural, aesthetic, and functional dimensions and modern influences.” *Buildings*, 15(8), 1302. <https://doi.org/10.3390/buildings15081302>
- Alam T., Garau C. (2025), “Evaluating geometric and structured fractal analysis methods to determine the optimal approach for urban road network assessment”, in Gervasi O. et al. (eds.), *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2025 Workshops. Lecture Notes in Computer Science*, vol. 15895, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-97651-3_6
- Ali, A. S., & Baper, S. Y. (2023). “Assessment of livability in commercial streets via placemaking.” *Sustainability*, 15(8), 6834. <https://doi.org/10.3390/su15086834>
- Askarizad R., Dastoum M., Garau C. (2024), “Street puppet theatre shows on the façades of commercial buildings as a novel stimulator for social gatherings in smart cities”, in *Buildings*, vol. 14, no. 2950. <https://doi.org/10.3390/buildings14092950>
- Brynskov, M., Dalsgaard, P., Ebsen, T., Fritsch, J., Halskov, K., & Nielsen, R. (2009, August). “Staging urban interactions with media façades”. In *IFIP conference on human-computer interaction* (pp. 154-167). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-03655-2_20
- Çobanoğlu, N. O. M., & Van Dorst, M. (2025). “Towards vital neighbourhoods: translation of insights from Rotterdam into design-led patterns.” *Journal of Housing and the Built Environment*, 40(1), 283-307. <https://doi.org/10.1007/s10901-024-10170-1>
- Colding, J., Nilsson, C., & Sjöberg, S. (2024). “Smart cities for all? Bridging digital divides for socially sustainable and inclusive cities.” *Smart Cities*, 7(3), 1044-1059. <https://doi.org/10.3390/smartcities7030044>
- Datta, A. (2023). “The digitalising state: Governing digitalisation-as-urbanisation in the global south.” *Progress in Human Geography*, 47(1), 141-159. <https://doi.org/10.1177/0309132522114179>
- Fernando, D., Navaratnam, S., Rajeev, P., & Sanjayan, J. (2023). “Study of technological advancement and challenges of façade system for sustainable building: Current design practice.” *Sustainability*, 15(19), 14319. <https://doi.org/10.3390/su151914319>

- Fischer, P. T., Zöllner, C., Hoffmann, T., Piatza, S., & Hornecker, E. (2012). "Beyond information and utility: Transforming public spaces with media facades. *IEEE computer graphics and applications*, 33(2), 38-46. [10.1109/MCG.2012.126](https://doi.org/10.1109/MCG.2012.126)
- Fisher, K. D. (2009). "Placing social interaction: An integrative approach to analyzing past built environments." *Journal of Anthropological Archaeology*, 28(4), 439-457. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2009.09.001>
- Gamba, F., & Cattacin, S. (2021). "Urban rituals as spaces of memory and belonging: A Geneva case study." *City, culture and society*, 24, 100385. <https://doi.org/10.1016/j.ccs.2021.100385>
- Garau C., Askarizad R., Pinna F. (2025b), "Urban governance to support adaptable solutions for conversion of residual street spaces into social spaces", in *Scientific Reports*, vol. 15, no. 1, 32241. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-16569-2>
- Garau C., Dastoum M., Fancello G. (2025a), "Developing a methodological framework to assess social equity in regional spaces through the lens of space syntax", in Gervasi O. et al. (eds.), *International Conference on Computational Science and Its Applications*, Springer Nature, Cham, pp. 215–233. https://doi.org/10.1007/978-3-031-97660-5_16
- He, W., & Chen, M. (2024). "Advancing urban life: A systematic review of emerging technologies and artificial intelligence in urban design and planning." *Buildings*, 14(3), 835. <https://doi.org/10.3390/buildings14030835>
- Ismiranti, A. S., & Kogia, A. (2025). "Quotidian lift: interactive shadow installation to engender curiosity." *International Journal of Performance Arts and Digital Media*, 1-33. <https://doi.org/10.1080/14794713.2025.2486905>
- Khan, M. A., Saleh, A. M., Waseem, M., & Sajjad, I. A. (2022). "Artificial intelligence enabled demand response: Prospects and challenges in smart grid environment." *Ieee Access*, 11, 1477-1505. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3231444>
- Kousidi, S. (2025). "Space-Containing Façades: Mediating Environmental, Social, and Urban Dynamics in Collective Housing Design." *Architecture*, 5(1), 12. <https://doi.org/10.3390/architecture5010012>
- Kumar, D., & Ratten, V. (2025). "Artificial Intelligence in Event Management: A Systematic Literature Review." *Event Management*. <https://doi.org/10.3727/152599525X17483017436968>
- Lei, L. (2025). "The artificial intelligence technology for immersion experience and space design in museum exhibition." *Scientific Reports*, 15(1), 27317. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-1340>
- Majid, Z. K. (2022). "Exterior façade design and its impact on boosting business and attracting customers in retail sectors." *Journal of Design, Business & Society*, 8(1), 69-86. https://doi.org/10.1386/dbs_00033_1
- Montgomery, J. (1998). "Making a city: Urbanity, vitality and urban design." *Journal of urban design*, 3(1), 93-116. <https://doi.org/10.1080/13574809808724418>
- Muller, I. (2013). "DIY Performance Culture of Folkets Park, Malmö: Creative Play, Community and Ownership of Public Space." [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=4294727&fileId=4406298](https://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=4294727&fileId=4406298)
- Simpson, P. (2008). "Chronic everyday life: rhythmanalysing street performance." *Social & Cultural Geography*, 9(7), 807-829. <https://doi.org/10.1080/14649360802382578>
- Simpson, P. (2011). "Street performance and the city: Public space, sociality, and intervening in the everyday." *Space and Culture*, 14(4), 415-430. <https://doi.org/10.1177/1206331211412270>
- Stecula, K., Wolniak, R., & Grebski, W. W. (2023). "AI-Driven urban energy solutions—from individuals to society: a review." *Energies*, 16(24), 7988. <https://doi.org/10.3390/en16247988>
- Tomitsch M., McArthur I., Haeusler M.H., Foth M. (2015), "The role of digital screens in urban life: new opportunities for placemaking", in Foth M., Brynskov M., Ojala T. (eds.), *Citizen's Right to the Digital City*, Springer, Singapore, pp. 37–54. https://doi.org/10.1007/978-981-287-919-6_3
- Urbanowicz K., Nyka L. (2016), "Interactive and media architecture—From social encounters to city planning strategies", in *Procedia Engineering*, vol. 161, pp. 1330–1337. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.597>
- Van der Hoeven, A., & Hitters, E. (2019). "The social and cultural values of live music: Sustaining urban live music ecologies." *Cities*, 90, 263-271. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.02.015>
- Weber-Lewerenz, B. C., & Traverso, M. (2023). "Navigating applied artificial intelligence (AI) in the digital era: how smart buildings and smart cities become the key to sustainability." In *Artificial Intelligence and Applications* (Vol. 1, No. 4, pp. 214-227). <https://doi.org/10.47852/bonviewAIA32021063>

Zhang, J., Oh, Y. J., Lange, P., Yu, Z., & Fukuoka, Y. (2020). “Artificial intelligence chatbot behavior change model for designing artificial intelligence chatbots to promote physical activity and a healthy diet.” *Journal of medical Internet research*, 22(9), e22845. <https://doi.org/10.2196/22845>

Acknowledgments

This study was partially supported by the MUR through the project SMART3R-FLITS: SMART Transport for Travelers and Freight Logistics Integration Towards Sustainability” (Project protocol: 2022J38SR9; CUP Code: F53D23005630006), financed by the PRIN 2022 (Research Projects of National Relevance) program. This study was also partially supported by the Ecosystem of Innovation for Next Generation Sardinia (e.INS) and received funding from the European Union Next-GenerationEU (PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR) – MISSIONE 4 COMPONENTE 2, INVESTIMENTO 1.5 – ECS00000038). In particular, the “Finding and Results” was funded by eINS. This study reflects only the authors’ views and opinions, and neither the European Union nor the European Commission nor MUR can be considered responsible for them.



Modelli di publicness: IA generativa e spazio pubblico, dai documenti di piano alla concettualizzazione

Vito Garramone

Università Iuav di Venezia

Email: vgarramone@iuav.it

Herbert Natta

CNR - Consiglio Nazionale delle Ricerche

IMATI - Istituto di Matematica Applicata e Tecnologie Informatiche

Email: herbertmaria.natta@cnr.it

Maria Valesè

Università di Roma - La Sapienza

PDTA - Dipartimento di Pianificazione, Design e Tecnologia dell'Architettura

Email: maria.valesè@uniroma1.it

Abstract

Lo spazio pubblico definisce, per sua natura, una dimensione aperta, soggetta all'eterogeneità degli usi e delle percezioni degli attori che, a vario titolo, sono coinvolti nella sua gestione, pianificazione o, semplicemente, utilizzo. Si tratta infatti di spazi complessi, dove, al livello fisico, si aggiungono quello normativo, sociale, progettuale, etc. La pianificazione di spazi così diversi, negli esiti formali e amministrativi come nei principi ispiratori, si fonda pertanto su una chiara definizione concettuale della comune dimensione pubblica (*publicness*). Un requisito fondamentale soprattutto in un momento di rapida e radicale trasformazione degli strumenti tecnologici a supporto della pianificazione, con l'introduzione e applicazione dell'Intelligenza Artificiale (IA) generativa e il conseguente impatto, anche sulla pratica pianificatoria, dei relativi modelli linguistici e concettuali. A partire dal Modello a Stella di Varna e Tiesdell (2010), nato con una propensione analitico-valutativa, il paper indaga la dimensione pubblica dello spazio pianificato, sperimentando la contestualizzazione *domain specific* di un Large Language Model (LLM) open source (Llama 3.2) sulla base di un *corpus* di alcuni documenti di piano a livello regionale (piani territoriali regionali di Liguria, Veneto, Lombardia, Lazio e Campania), dove è maggiore la concettualizzazione e minori sono le varianti di piano. La costruzione di questo prototipo di IA applicata al *planning* assume due importanti funzioni: fornire un supporto analitico all'esplorazione dei contenuti di piano e diventare uno strumento per la loro costruzione.

Parole chiave: large language models, spatial planning, knowledge management

1 | Introduzione

Lo spazio pubblico, come intersezione tra dimensione fisica, normativa e sociale, è oggetto di costante rimodulazione sia attraverso l'uso e la pratica dei luoghi sia mediante la definizione di strumenti di piano, ai diversi livelli di amministrazione del territorio. L'esito formale del documento di piano, che integra sezioni testuali (analisi, strategie, azioni, norme) ed elaborati grafici con funzione sia descrittiva sia prescrittiva, è il risultato di un articolato processo di pianificazione, che vede coinvolti attori, modi e tempi diversi. Un flusso di lavoro, sebbene scandito da riferimenti normativi, tutt'altro che riconducibile, almeno in apparenza, a una logica algoritmica. Tuttavia, i recenti sviluppi dei modelli di Intelligenza Artificiale (IA) generativa e, in particolare, di quelli supportati da Large Language Model (LLM) sembrano offrire un'altra prospettiva, fornendo una vasta gamma di attività di supporto al *planning* che vanno dalla progettazione partecipata (es. *urbanist.ai*) alla revisione e valutazione dei documenti di piano (es. PlanGPT, si veda Zhu et al., 2024), per una migliore gestione in ogni fase o scala. Inoltre, la rapidità di esecuzione di queste operazioni e l'estrema facilità di interrogazione lo vedono eleggere anche come una performante soluzione in termini di comunicazione del piano e sua trasparenza, efficacia ed *accountability*.

La capacità di processare grandi moli di dati (*big data*) e la contrazione dei tempi della pianificazione sono poi ulteriormente valorizzati da una integrazione sempre maggiore con altre tecnologie, quali quella dei gemelli digitali e della data-visualizzazione, che ne aumentano non solo il potenziale cognitivo/informativo, ma anche quello responsivo e adattivo, promettendo una riconciliazione tra piano e progetto. La tematica

dello spazio pubblico, per la sua natura composita e per la varietà delle sue declinazioni, sembra essere, in questo senso, un buon terreno di confronto, per osservare e valutare come lo sviluppo tecnologico incida non solo sugli esiti progettuali, ma anche sul processo pianificatorio. Per tali ragioni, dopo una rassegna di alcuni modelli e contributi teorici riguardo allo spazio pubblico, e soprattutto riguardo alla sua *publicness*, e dopo una rassegna delle principali applicazioni sperimentali di LLM in ambito di *planning*, il paper esplora le potenzialità di un modello teorico multidimensionale (lo “Star model” di Varna, Tiesdell, 2010) attraverso la prototipazione e sviluppo di un’IA generativa basata sul LLM open source Llama 3.2, contestualizzato mediante un *corpus* di cinque documenti di piano a livello regionale. L’obiettivo è, in primo luogo, testare il raffinamento nella concettualizzazione dello spazio pubblico in ambito pianificatorio nel contesto di riferimento, e, in secondo luogo, procedere a una verifica delle potenzialità analitico/valutative del modello.

2 | Stato dell’arte

Il paper indaga due aspetti, uno relativo all’utilizzo delle tecnologie connesse all’IA generativa nel *planning*, l’altro legato ai modelli teorici di analisi e valutazione dello spazio pubblico al fine di utilizzare queste nuove tecnologie per analizzare gli spazi pubblici considerati in alcuni documenti di piano.

2.1 | Teorie e modelli sulla natura dello spazio pubblico e sue applicazioni

Il concetto di “spazio pubblico” è molto soggettivo e presenta una grande varietà di declinazioni, definizioni, esiti progettuali, valori (sociali, culturali, d’uso), in relazione ai diversi attori chiave coinvolti nella sua creazione, gestione e utilizzo (politici, pianificatori, sviluppatori, progettisti, geometri, etc.) (Varna, Tiesdell, 2010). Spesso si nota anche un gran divario tra i desiderata connessi allo spazio pubblico e i risultati prodotti a seguito della sua progettazione e gestione (Sandercock, Dovey, 2002). L’etica neoliberista che ha permeato anche gli attori pubblici, poi, ha finito per moltiplicare le occasioni di enfasi e di permeabilità dello spazio privato, spesso a discapito di una visione forte dello spazio pubblico (Harvey, 1989; Brenner, Theodore, 2004; MacLeod, 2004; Kohn, 2004; Paddison, Sharp, 2007), se non proprio portato alla “fine di una cultura pubblica” (Sennett, 1977, 1990), accompagnata da un indebolimento dello “spirito di comunità” (Putnam, 2000). Spesso è l’esigenza di avere maggior sicurezza e minor degrado sociale a richiedere un controllo sempre più gestito privatamente ed alimentare il fenomeno della privatizzazione degli spazi pubblici (Loukaitou-Sideris, Banerjee, 1998, Davis, 1998-2006). Tuttavia, parallelamente a questa chiusura dello spazio pubblico, vi è un filone connesso alla innovazione sociale e al potenziale culturale che, invece, legge gli spazi pubblici come spazi densi e pieni di progettualità e creatività (Loukaitou-Sideris, Banerjee, 1998; Florida, 2023, 2005; Scott, 2006). Si manifesta pertanto la necessità di sviluppare una “definizione flessibile di spazio pubblico” (Kohn, 2004), per coglierne le numerose e varie sfumature (Lefebvre, 1991; Flusty, 2001; Mitchell, 2003; Low, Smith, 2006; Harvey, 2007; Madanipour, 2010). Ci sono stati alcuni tentativi di definizione dello spazio pubblico da diversi ambiti disciplinari, ad esempio nell’ambito delle scienze politiche con un forte focus sulla democrazia e i diritti (Mitchell, 1995; Mensch, 2007), in ambito antropologico per la ricostruzione del valore soggettivo dei luoghi (Sorkin, 1992; Zukin, 2000) o in ambito giuridico sul tema del controllo e della sorveglianza degli spazi pubblici (Ellickson, 1996; Briffault, 1999). Alcuni autori hanno identificato la presenza di una grande sovrapposizione di spazi pubblici o spazi “pubblici multipli” (Young, 1990; Sandercock, 1998; Featherstone, 2000; Iveson, 2007), proprio perché lo spazio pubblico è un “concetto di cluster”, multidimensionale (Kohn, 2004; Nemeth, Schmidt, 2010). Tra i tanti modelli teorici, un modello di grande pragmaticità e di grande operatività è quello di Varna e Tiesdell (2010), che vede lo spazio pubblico come quello spazio permeato dalla sfera pubblica (*publicness*), che ha al tempo stesso un valore politico, sociale e simbolico, ma anche economico, di accesso e di svago. Gli autori, fondendo alcuni modelli teorici precedenti (Benn, Gaus, 1983; Young, 2000; Madanipour, 1999, 2003; Kohn, 2004; Nemeth, Schmidt, 2010; Carmona, 2010b) costruiscono un modello di *publicness* (The Star Model of Publicness) basato su cinque meta-dimensioni, ognuna delle quali da considerare come una vasta gamma di possibilità che vanno tra i due estremi di meno pubblico e più pubblico: la *Proprietà*, ossia lo status giuridico di un luogo che riguarda il possesso dello stesso, la sua funzione, l’interesse e come viene intesa la responsabilità sullo stesso; il *Controllo*, quale dimensione manageriale dello spazio focalizzata soprattutto sul controllo dell’uso, sulla vigilanza della sicurezza della proprietà e su veri e proprie funzioni di sorveglianza e “polizia”; la *Civiltà*, ossia la dimensione manageriale dello spazio connessa alla gestione diretta e manutenzione del luogo più o meno pubblico, una gestione che è programmata a seconda di tipologie di utenza (target); la *Configurazione fisica*, l’aspetto più squisitamente progettuale ma di macro-design di un luogo, in cui lo spazio pubblico è concepito in rapporto con l’ambiente circostante e con specifici requisiti di centralità/connettività e/o di “accesso visivo”/permeabilità, ossia caratterizzato o meno da barriere o varchi all’ingresso; e l’*Animazione*,

la componente di progettazione più creativa e sociale che, tramite un micro-design dei luoghi, ne coglie desiderata e bisogni, cercando il più possibile di perseguire valori di partecipazione, inclusione, valorizzazione e innovazione sociale. Il modello nasce con finalità descrittive, valutative e comparative degli spazi pubblici e si accompagna ad una valutazione qualitativa delle cinque meta-dimensioni sulla scorta di un sistema di valutazione da 1 (meno pubblico) a 5 (più pubblico).

2.2 | Stato dell'arte

Grazie all'evoluzione tecnologica nell'ambito dell'IA generativa, ovvero di quel tipo di IA che tramite processi automatici è in grado di processare informazioni, apprendere dai contenuti e generare testi, immagini, video, etc. in risposta a specifiche richieste degli utenti, nell'ultimo triennio molte sono state le applicazioni nell'ambito del *planning*. Queste applicazioni, condotte soprattutto in contesti asiatici (Cina e Giappone, in primis) e statunitensi, possono essere suddivise in due tipologie di esperimenti, quelli basati esclusivamente su LLM, ovvero quei modelli linguistici di grandi dimensioni che esplorano, comprendono e generano testi, e i Vision-Language Models (VLMs), ossia i modelli di linguaggio e visione che fanno sperimentazioni con capacità visive, ovvero con e tramite le immagini.

Nell'ambito del *planning*, gli LLMs più noti sono TrafficGPT (Zhang et al., 2023a) e TransGPT (Wang et al., 2024), che riguardano il traffico, Prithvi della Nasa (Jakubik et al., 2023), che si occupa del cambiamento climatico, dei disastri e delle predizioni geografiche di entrambi, CityGPT (Feng et al., 2024) il modello che si basa sul ragionamento spaziale, altre sperimentazioni che riguardano i sistemi informativi geografici (Zhang et al., 2024c,b) e PlanGPT (Zhu et al., 2024), il primo modello orientato esclusivamente al *planning*. Per quanto riguarda, invece, i Vision-Language Models (VLMs), oltre ai già menzionati modelli rivolti ai sistemi informativi geografici (Zhang et al., 2024c,b), ci sono alcuni che riguardano i trasporti e la guida autonoma (Qian et al., 2024; Sima et al., 2024) e lo sviluppo di PlanGPT, ovvero PlanGPT-VL (Zhu et al., 2025), che è un modello progettato specificamente per le mappe di pianificazione urbana.

3 | Materiali e metodi

La pianificazione è un processo fortemente localizzato nel contesto geografico, normativo, storico-culturale, economico, nel quale si sviluppa, e caratterizzato dalle formule narrative scelte (teorie e paradigmi, modelli analitici e quadri conoscitivi); pertanto, la sperimentazione di soluzioni tecnologiche deve essere necessariamente calibrata su una base di conoscenza coerente con il *framework* di applicazione.

La proposta qui sviluppata, che prevede l'utilizzo di un modello di IA generativa orientato al *planning* nel contesto italiano, prevede una predisposizione preliminare di un *corpus* di documenti di piano, utili a fornire al modello i necessari riferimenti linguistici e concettuali.

Si è scelto, in particolare, di usare come dati di input per la contestualizzazione del modello i documenti di piano di cinque regioni italiane: Liguria, Veneto, Lombardia, Campania, Lazio.

I documenti sono stati localizzati sul web, scaricati in formato PDF tramite algoritmo di *scraping* e organizzati in una porzione di file system dedicata all'addestramento del modello.

Per permettere al modello di interrogare e interagire con il *corpus* così raccolto e definito, si è proceduto a una preliminare operazione di vettorializzazione (*embedding*): i dati testuali contenuti nei documenti di piano sono stati segmentati in porzioni (*chunk*) di 500 caratteri, con un margine di sovrapposizione (*overlap*) di 100 caratteri, per poi essere trasformati in una rappresentazione vettoriale e inseriti in un database vettoriale (Milvus). La struttura della base dati è stata organizzata mantenendo i diversi documenti in schemi separati (*collections*), in modo da poter agevolmente consentire sia l'interrogazione integrata sia la distinzione dei diversi contesti regionali.

Si è poi scelto, in questa fase prototipale, di utilizzare un modello linguistico fondazionale open source e di sviluppare una logica *on premise*, svincolata quindi dall'interrogazione di servizi esterni e facilmente replicabile in un contesto di utilizzo locale.

Il modello selezionato è stato Llama 3.2 (sviluppato da Meta): uno dei più completi e diffusi nel panorama dei modelli *open source*, disponibile anche in una versione con un numero di parametri ridotti (3B) ed utilizzabile su PC standard, senza particolari caratteristiche hardware.

Il modello è stato scaricato e reso interrogabile tramite l'applicazione Ollama, che definisce i punti di accesso (*endpoints*) e gli schemi di interazione tramite richieste HTTP.

L'interazione con l'utente e tra Ollama e Milvus viene, invece, gestita dalla logica di un'applicazione (sviluppata in Python Flask) che espone, da un lato, un punto di accesso che riceve le richieste dell'utente, e, dall'altro, lo converte in prompt di input per il modello generativo, fornendogli anche accesso al database vettoriale.

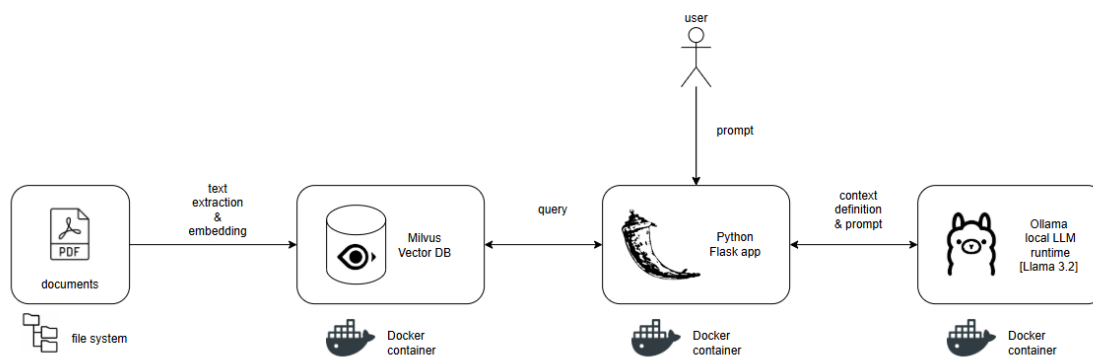


Figura 1 | Lo schema rappresenta il diagramma architetturale del prototipo, composto dal corpus di documenti di piano, la rappresentazione vettoriale gestita da Milvus e l'applicazione Flask per l'interazione tra l'utente e IA generativa.
Fonte: autori.

In questo modo, a ogni richiesta inviata dall'utente, il modello generativo può processare i dati di input, valutando le informazioni contestuali fornite dai documenti di piano ed elaborare una risposta calibrata rispetto al contesto normativo di riferimento.

Questa semplice architettura (Figura 1), che rappresenta più una contestualizzazione *domain specific* che un vero e proprio *fine tuning*, è stata poi funzionale a testare sia le *performance* analitiche del modello sia le modalità di concettualizzazione.

L'obiettivo è stato, in particolare, quello di osservare la variazione del concetto di spazio pubblico al cambiare del contesto pianificatorio di riferimento.

Lo "Star model" di Varna e Tiesdell è stato utilizzato come metrica di valutazione (e autovalutazione) di questa variazione, misurando la trasformazione del concetto di spazio pubblico in relazione alle cinque dimensioni (Proprietà, Controllo, Civiltà, Configurazione fisica, Animazione).

In una prima fase, si è posta all'IA una generica richiesta di definizione della *publicness* (prompt: "che cos'è lo spazio pubblico?"), chiedendo poi di autovalutare la propria risposta (attribuendo un punteggio da 0 a 3) in base alle cinque dimensioni dello "Star model". L'IA è stata prima interrogata in una versione non contestualizzata e, successivamente, fornendo come parametri di contesto i cinque documenti di piano.

Si è poi proceduto alla definizione di un set di domande specificatamente orientate a osservare le cinque dimensioni dello "Star model", replicandole nuovamente sia in assenza di uno specifico contesto pianificatorio di riferimento sia in relazione ai cinque territori osservati.

Le risposte a queste domande sono state poi valutate dai tre autori assegnando un punteggio in base alla presenza (1) o assenza (0) di un riferimento esplicito o implicito allo spazio pubblico e all'eventuale presenza o assenza di un riferimento allo spazio urbano. Si riportano nelle tabelle in appendice le domande di input, le risposte e le relative valutazioni.

4 | Risultati e discussione

I primi risultati dell'interazione con il prototipo di IA mostrano significative differenze nelle risposte ottenute in una condizione "a priori" (Llama senza *corpus* di piani) rispetto a quelle del modello contestualizzato negli ambiti pianificatori analizzati. Le diverse configurazioni evidenziano in particolare come il contesto influenzi enormemente il peso della meta-dimensione *Animazione*, molto polarizzata nella risposta non contestualizzata, rispetto a quella contestualizzata nei vari *corpus* regionali, dove sono le meta-dimensioni della *Configurazione fisica*, in primis, e poi la *Proprietà* e la *Civiltà*, quelle maggiormente rilevanti (Fig. 2). Si rilevano, inoltre, leggere ma sensibili variazioni dei valori anche tra i contesti osservati: sembrano infatti emergere due *cluster* di modelli di spazio pubblico, quello maggiormente orientato alla meta-dimensione della *Civiltà* (Lombardia e Liguria) e quello alle meta-dimensioni della *Configurazione fisica* e della *Proprietà* (Lazio e Campania), con uno spazio ibrido di unione dei due *cluster* (Veneto). Osservando i risultati ottenuti, si evidenzia come, da un lato, i documenti di piano manifestino diverse declinazioni del concetto di *publicness*, e, dall'altro, l'IA generativa si configuri come uno strumento tutt'altro che neutro, portatore di una rappresentazione dello spazio pubblico, per così dire, nativa (cioè determinata dal processo di addestramento del modello).

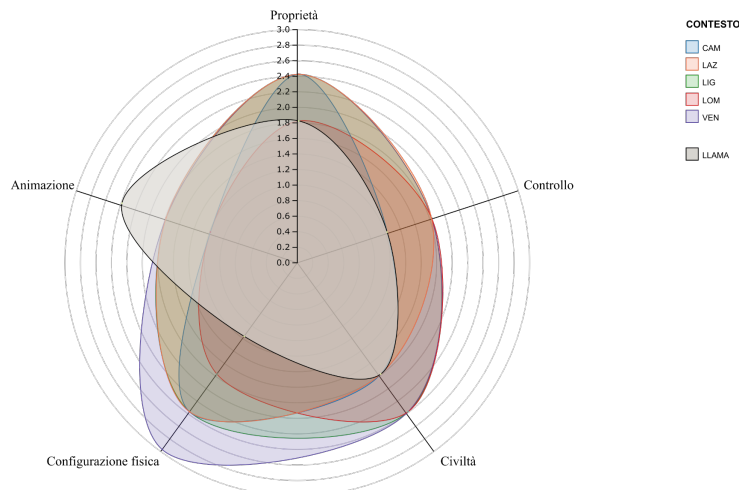


Figura 2 | I punteggi di auto-valutazione della definizione di spazio pubblico assegnati dall'IA nei 5 contesti pianificatori regionali a confronto con l'auto-valutazione del modello non contestualizzato.
Fonte: autori.

I risultati di questa prima fase dell'esperimento sono, poi, stati messi a confronto con i punteggi assegnati, sulla base di un set di domande predefinito, dai tre autori-giudici (Fig. 2). In generale, l'autovalutazione dell'IA ha mediamente attribuito punteggi più bassi della valutazione "umana", determinando una diversa configurazione complessiva dello Star Model. I due cluster riconosciuti nella prima fase non sono stati confermati, mentre emergono *Animazione* e *Proprietà* come meta-dimensioni prevalenti nei contesti di piano analizzati. Si osserva inoltre, in particolare, una forte caratterizzazione della *publicness* per la regione Campania verso l'*Animazione* e della regione Veneto verso la *Proprietà*, mentre gli altri tre contesti presentano valori più omogenei, con i massimi in Lombardia.

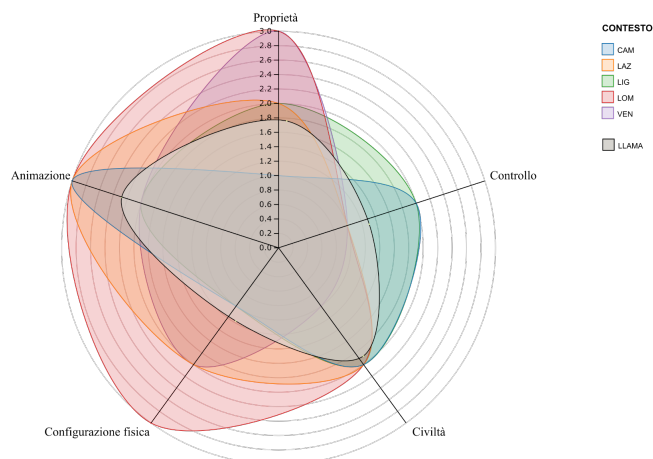


Figura 2 | I modelli di publicness nei 5 piani territoriali regionali secondo la valutazione dei 3 giudici.
Fonte: autori.

Questi primi risultati hanno fatto emergere una considerazione generale a livello metodologico: i modelli di IA generativa tendono a una maggiore omogeneità nel processo valutativo rispetto alla percezione umana, richiedendo quindi o di orientare la valutazione in modo più esplicito tramite prompt o di mantenere il confronto e l'integrazione con la valutazione umana o di prediligere la scelta di un metodo piuttosto che l'altro in relazione agli obiettivi. Rispetto alle finalità di questo contributo si evidenzia, però, come i risultati di entrambe le modalità di valutazione mostrino la variabilità del concetto di *publicness* nei diversi contesti di piano, oltre alle potenzialità dell'IA generativa come strumento analitico unitamente alle implicazioni e rischi del suo impiego come strumento creativo.

5 | Conclusioni

La sperimentazione condotta ha permesso, nelle more dell'esiguità dei casi considerati, di trarre le prime conclusioni sull'uso di modelli di LLM in ambito pianificatorio. Innanzitutto, i modelli di LLM, soprattutto quelli con specifiche applicazioni disciplinari, si basano su un'accurata preparazione dei dati, che non può prescindere dagli apparati teorico/disciplinari del dominio di riferimento e dalle loro formalizzazioni in standard semantici (vocabolari, ontologie, ecc.). I futuri sviluppi prevedono infatti, su questa base, di raffinare la procedura di *embedding*, per migliorare le capacità di interazione dell'AI nel contesto della pianificazione.

Inoltre, se la scelta (dichiaratamente di comodo) di utilizzare strumenti di pianificazione regionale ha consentito l'analisi di *corpus* autonomi e abbastanza stabili nel tempo, questo aspetto non è facilmente ottenibile con la pianificazione di livello sotto-ordinato, dato il riferimento e le relazioni con la strumentazione sovraordinata e di settore, oltre che il collegamento a molte varianti di piano, che ne alterano i contenuti nel tempo e ne aumentano la dinamicità e temporalità dei contenuti. Sarebbe necessario estendere il *corpus* sia orizzontalmente (includendo i documenti di piano relativi alle regioni mancanti) sia verticalmente (connettendo piani ordinari e di settore), testando l'IA su altri livelli amministrativi.

In questo senso, un ulteriore limite da superare è l'eliminazione degli elaborati grafici e cartografici, che costituiscono una parte rilevante dei documenti di piano: per consentirne l'elaborazione, è necessario includere nell'architettura modelli di IA generativa multimodale.

Appendice

Tabella I | Prompt: Quali sono gli spazi pubblici indicati nella strumentazione urbanistica (nel piano)?

PTR_code	esplicito	implicito	città	spazi pubblici_TESTI
LIG	0	1	1	strade, piazze, parchi e altri luoghi comuni dove la gente si incontra e si muove nella città
VEN	0	0	1	la pianificazione urbana e la gestione dello spazio pubblico
LOM	0	1	0	Media e Alta Valtellina ... spazi pubblici o del patrimonio culturale/urbano
LAZ	0	1	1	l'ambito dello spazio pubblico come parte dell'amministrazione urbana e della pianificazione territoriale (Roma) ... standard estetici e architettonici per lo spazio pubblico ... piazze, parchi, scuole
CAM	0	1	0	spazi destinati ad attrezzature collettive ... Zone verdi (del tipo F) destinate a verde pubblico spazi regolamentati dal D.M. 2/04/1968, n. 1444, art. 3, 4 e 5, che definisce gli elementi dell'area pubblica.
	0	4	3	

Tabella II | Prompt: Nel piano, si parla di spazi pubblici o di spazi/luoghi di proprietà pubblica e di uso pubblico o funzione pubblica, di destinazione d'uso pubblico o di pubblico interesse e/o disciplinati come "spazi pubblici" o di "natura pubblica"?

PTR_code	esplicito	implicito	città	spazi pubblici_TESTI
LIG	1	1	0	una destinazione specifica legata al servizio pubblico [NO Proprietà] ... Riquilibrare il territorio attraverso interventi patrimonio pubblico regionale ... Utilizzo di mezzi pubblici di trasporto
VEN	1	1	1	qualsiasi area o luogo aperto al pubblico, ... utilizzato da tutti per scopi

				diversi. Questi spazi sono di proprietà della municipalità comunale, dell'ente locale o regionale ... Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42. [Codice dei beni culturali e del paesaggio] «aree naturali protette o utilizzate dal pubblico per la ricreazione e lo svago» + TIPOLOGIA
LOM	1	1	1	Gestione della conoscenza ... politiche e agli obiettivi della Regione Lombardia per la gestione dei spazi pubblici e di natura pubblica, nonché per l'accessibilità e l'utilizzo dei servizi pubblici e di pubblica utilità + TIPOLOGIA + aree di proprietà pubblica utilizzate per scopi funzionali
LAZ	0	1	1	spazi residui della rete degli spazi pubblici pedonali ... tutela dei segni del patrimonio culturale e naturale che ancora permangono ... nodi paesaggistici ... spazi che sono di proprietà del comune o dell'amministrazione regionale e destinati ad uso pubblico
CAM	0	1	0	Spazi destinati al verde pubblico ... Spazi destinati alle attività ed attrezzature collettive ... Spazi pubblici (in generale) ... Natura pubblica ... articoli 3, 4 e 5 del D.M. 2/04/1968, n. 1444 ... parchi, piazze, biblioteche, stazioni ferroviari ... demanio regionale
	3	5	3	11

Tabella III | Prompt: Nel piano, si parla di spazi pubblici o di spazi/luoghi accessibili al pubblico o di accessibilità?

PTR_code	esplicito	implicito	città	spazi pubblici_TESTI
LIG	0	1	1	gli spazi pubblici o le aree accessibili al pubblico siano importanti per la creazione di poli di servizi pubblici ... Piano dei Servizi e delle Infrastrutture (piazze, parchi o aree di riunioni, ... infrastrutture pubbliche come stazioni ferroviarie, aeroporti o stazioni dei trasporti pubblici)
VEN	0	1	0	conservazione dell'ambiente, la protezione delle aree naturali e la promozione della turismo sostenibile. i temi di spazi pubblici o di accessibilità ... aree naturali come le lagune litoranee di Venezia, Caorle e del Delta del Po
LOM	0	1	0	trasporto pubblico locale nel bacino del fiume Lambro (Milano, Monza, Lodi e Pavia) ... Piano Regionale della Mobilità Ciclistica dell'Lombardia ... mobilità dolce ... biciclette negli spazi pubblici ... Il Programma dei servizi di trasporto pubblico locale
LAZ	0	1	0	valorizzazione del paesaggio ... accessibilità pedonale ... spazi aperti urbani
CAM	0	1	1	uso urbano e le condizioni di diritto per l'accessibilità... verde pubblico (tipologia F) e i sistemi di trasporto pubblico (ferroviario regionale)
	0	5	2	7

Tabella IV | Prompt: Nel piano, si parla di gestione, manutenzione e/o programmazione di interventi per spazi pubblici o spazi/luoghi accessibili al pubblico o spazi di grande accessibilità?

PTR_code	esplicito	implicito	città	spazi pubblici_TESTI
LIG	0	1	0	il Piano dei Servizi e delle Infrastrutture prevede l'importanza di creare spazi pubblici e luoghi centrali che siano: Permeabili e porosi, Pedonali, Zona a traffico limitato, Centri, Centro storico, Aree accessibili al pubblico, Verdi (con area verde dedicata), Attrezzate senza barriere o caratterizzate da una grande connettivi
VEN	0	1	1	Spazi pubblici permeabili, porosi, pedonali, Zona a traffico limitato, Centro e centro storico, Aree accessibili al pubblico, verdi e attrezzate senza barriere o caratterizzate da una grande connettività e accessibilità ... lo sviluppo del territorio in modo equilibrato e sostenibile
LOM	1	1	1	Comuni della Media e Alta Valtellina, in particolare Agata, Vervio, Mazzo di Valtellina, Grosotto, Grosio, Sondalo, Valdisotto, Valfurva, Bormio, Valdidentro e Livigno ... sviluppo territoriale della Media e Alta Valtellina, congiungendo la valorizzazione del patrimonio ... diversi tipi di spazi pubblici o luoghi centrali come: Spazi pubblici, Centro storico, Centri, Zona a traffico limitato, Aree accessibili al pubblico, Verde Attrezzate senza barriere
LAZ	0	1	1	Diversificazione del traffico veicolare e quello pedonale ... ambiente urbano più inclusivo per tutti (abbattimento delle barriere architettoniche), ... spazi pubblici, parchi e aree verdi, nonché la presenza di attrezzature come scale mobili, rampine e altri elementi di accessibilità
CAM	0	1	0	spazi pubblici e centrali ... accessibilità a questi spazi per persone con disabilità ... Zona a traffico limitato, Centro storico, Aree accessibili al pubblico, Spazi verde, Attrezzature senza barriere o caratterizzate da una grande connettività ... i requisiti prestazionali, come ad esempio: Accessibilità per persone con disabilità, Connessione elettrica e idrica, Facilità di accesso per i pedoni
	1	5	3	9

Tabella V | Prompt: Nel piano, si parla di spazi pubblici o di spazi/luoghi centrali, permeabili, porosi, pedonali, Zona a traffico limitato, centro, centro storico, aree accessibili al pubblico, verdi, attrezzate senza barriere o caratterizzate da una grande connettività, accessibilità?

PTR_code	esplicito	implicito	città	spazi pubblici_TESTI
LIG	0	1	0	il Piano dei Servizi e delle Infrastrutture prevede l'importanza di creare spazi pubblici e luoghi centrali che siano: Permeabili e porosi, Pedonali, Zona a traffico limitato, Centri, Centro storico, Aree accessibili al pubblico, Verdi (con area verde dedicata), Attrezzate senza barriere o caratterizzate da una grande connettivi
VEN	0	1	1	Spazi pubblici permeabili, porosi, pedonali, Zona a traffico limitato, Centro e centro storico, Aree accessibili al pubblico, verdi e attrezzate senza barriere o caratterizzate da una grande connettività e accessibilità ... lo sviluppo del territorio in modo equilibrato e sostenibile

LOM	1	1	1	Comuni della Media e Alta Valtellina, in particolare Agata, Vervio, Mazzo di Valtellina, Grosotto, Grosio, Sondalo, Valdisotto, Valfurva, Bormio, Valdidentro e Livigno ... sviluppo territoriale della Media e Alta Valtellina, congiungendo la valorizzazione del patrimonio ... diversi tipi di spazi pubblici o luoghi centrali come: Spazi pubblici, Centro storico, Centri, Zona a traffico limitato, Aree accessibili al pubblico, Verde Attrezzate senza barriere
LAZ	0	1	1	Diversificazione del traffico veicolare e quello pedonale ... ambiente urbano più inclusivo per tutti (abbattimento delle barriere architettoniche), ... spazi pubblici, parchi e aree verdi, nonché la presenza di attrezzature come scale mobili, rampine e altri elementi di accessibilità
CAM	0	1	0	spazi pubblici e centrali ... accessibilità a questi spazi per persone con disabilità ... Zona a traffico limitato, Centro storico, Aree accessibili al pubblico, Spazi verde, Attrezzature senza barriere o caratterizzate da una grande connettività ... i requisiti prestazionali, come ad esempio: Accessibilità per persone con disabilità, Connessione elettrica e idrica, Facilità di accesso per i pedoni
	1	5	3	9

Tabella VI | Prompt: Nel piano, si parla di spazi pubblici o di spazi/luoghi/aree accessibili al pubblico o caratterizzate da grande inclusione, socialità, collettività, benessere sociale, riqualificazione, rigenerazione, partecipazione o da progetti di innovazione sociale?

PTR_code	esplicito	implicito	città	spazi pubblici_TESTI
LIG	1	1	0	Piano dei Servizi e delle Infrastrutture ... politiche di inclusione sociale. ... per Piazze e piazzette pubbliche, Parco e giardini pubblici, Arene e aree di svago, Biblioteche e centri culturali, Musei e gallerie d'arte, Area di attività commerciali e servizi pubblici ... per un tessuto urbano più vivace, più inclusivo e più partecipativo, dove le persone possano vivere, lavorare e interagire in un ambiente che valorizzi la socialità, la collettività e il benessere sociale.
VEN	1	1	0	spazi pubblici e le aree accessibili al pubblico in quanto "bene fondante" per la storia e il paesaggio veneto ... riqualificazione e rigenerazione dei luoghi pubblici ... la conciliazione tra interessi diversi, ... delle associazioni economiche e sociali, degli enti pubblici territoriali, delle amministrazioni preposte alla cura degli interessi pubblici coinvolti, dei gestori dei servizi pubblici e di uso pubblico, con l'obiettivo di creare spazi che siano accessibili ed inclusivi per tutti ... promuovere progetti di innovazione sociale e di riqualificazione dei luoghi pubblici, per favorire partecipazione e inclusione delle comunità locali
LOM	1	1	1	Riduzione del consumo di suolo e rigenerazione urbana, Valorizzazione dell'attrattività e competitività territoriale (valorizzazione delle identità culturali e potenzialità turistiche), Sostenibilità di servizi e mobilità ... in relazione a spazi pubblici, aree accessibili al pubblico e sicuri o caratterizzate da grande inclusione, socialità, collettività, benessere sociale, riqualificazione e rigenerazione ... partecipazione e progetti di innovazione sociale.

LAZ	1	1	1	spazi pubblici e pedonali ... spazi residui della rete degli spazi pubblici pedonali, nuove funzioni e servizi pubblici in questi spazi, tutelando i segni del patrimonio culturale e naturale che ancora permangono ... promozione dello spazio pubblico, della socialità e del benessere sociale, come anche riqualificazione e rigenerazione degli spazi urbani ... progetti di innovazione sociale e di riqualificazione urbana, finalizzati a migliorare la qualità della vita dei cittadini
CAM	1	1	1	politica del verde pubblico ... sistema ferroviario regionale ... lavorando per riqualificare e migliorare l'accessibilità dei spazi pubblici e delle aree accessibili al pubblico ... parcheggi ferroviari progettati per essere più accessibili e sicuri per gli utenti ... anche per le esigenze di disabilità ... integrazione con il territorio e la società
	5	5	3	13

Riferimenti bibliografici

- Benn S., Gaus, G. (1983), *Public and Private in Social Life*, Croom Helm, London.
- Brenner N., Theodore N. (eds., 2004), *Spaces of Neoliberalism. Urban Restructuring in North America and Western Europe*, Blackwell, Oxford.
- Briffault R. (1999), "Government of our time: business improvement districts and urban governance", in *Columbia Law Review*, no. 99, vol. 2, pp. 365.
- Carmona M. (2010), "Contemporary public space, part one: classification", in *Journal of Urban Design*, no. 15, vol. 2, pp. 265-281.
- Davis M. (2006), *City of Quartz: Excavating the Future in Los Angeles*, Pimlico, London.
- Ellickson R.C. (1996), "Controlling chronic misconduct in city spaces: of panhandlers, skid rows and public space zoning", in *Yale Law Review*, no. 105, vol. 5, pp. 1165-1248.
- Featherstone M. (2000), "The Flaneur, the city and the virtual public realm", in *Urban Studies*, no. 35, voll. 5/6, pp. 909-925.
- Feng J., Du Y., Liu T., Guo S., Lin Y., Li Y. (2024), "Citygpt: Empowering urban spatial cognition of large language models", in *arXiv preprint arXiv:2406.13948*.
- Florida R. (2003), *L'ascesa della nuova Classe Creativa*, Mondadori, Milano.
- Florida R. (2005), *The flight of the creative class: the new global competition for talent*, HarperBusiness, New York.
- Flusty S. (2001), "The banality of interdiction: surveillance, control and the displacement of diversity", in *International Journal of Urban & Regional Research*, no. 25, vol. 3, pp. 658-664.
- Harvey D. (1989), "From managerialism to entrepreneurialism: the transformation of urban governance in late capitalism", in *Geografiska Annaler*, no. 71, vol. B, pp. 3-17.
- Harvey D. (2007), *Spaces of Hope*, Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Iveson K. (2007), *Publics and the City*, Blackwell, Oxford.
- Jakubik J., Roy S., Phillips C.E., Fraccaro P., Godwin D., Zadrozny B., Szwarcman D., Gomes C., Nyirjesy G., Edwards B., Kimura D., Simumba N., Chu L., Mikkavilli S.K., Lambhate D., Das K., Bangalore R., Oliveira D., Muszynski M., Ankur K., Ramasubramanian M., Gurung I., Khallaghi S., Li H., Cecil M., Ahmadi M., Kordi F., Alemohammad H., Maskey M., Ganti R., Weldemariam K., Ramachandran, R. (2023), *Foundation models for generalist geospatial artificial intelligence*, in *arXiv preprint arXiv:2310.18660*.
- Kohn M. (2004), *Brave New Neighbourhoods: The Privatisation of Public Space*, Routledge, London.
- Lefebvre H. (1974, translation 1991), *The Production of Space*, Blackwell, Oxford.
- Loukaitou-Sideris A., Banerjee T. (1998), *Urban Design Downtown: Poetics and Politics of Form*, University of California Press, Berkeley, CA.
- Low S., Smith N. (eds., 2006), *The Politics of Public Space*, Routledge, London.
- MacLeod G. (2004), "From urban entrepreneurialism to a 'revanchist city'? On the spatial injustices of Glasgow's renaissance", in Brenner N., Theodore N. (a cura di), *Spaces of Neo-liberalism: Urban Restructuring in North America and Western Europe*, Blackwell, Oxford, pp. 254-276.
- Madanipour A. (1999), "Why are the design and development of public spaces significant for cities?", in *Environment & Planning B: Planning & Design*, no. 26, pp. 879-891.

- Madanipour A. (2003), *Public and Private Spaces of the City*, Routledge, London.
- Madanipour A. (ed., 2010), *Whose Public Space? International Case Studies in Urban Design and Development*, Routledge, London.
- Mensch J. (2007), “Public space”, in *Continental Philosophy Review*, no. 40, pp. 31-47.
- Mitchell D. (1995), “The end of public space? People’s park, definitions of the public, and democracy”, in *Annals of the Association of American Geographers*, no. 85, vol. 1, pp. 108-133.
- Mitchell D. (2003), *The Right to the City: Social justice and the Fight for Public Space*, Guilford Press, New York.
- Nemeth J., Schmidt S. (2010), “How public is public space? Modelling publicness and measuring management in public and private spaces”, in *Environment & Planning: Planning & Design*, forthcoming.
- Paddison R., Sharp J. (2007), “Questioning the end of public space: reclaiming control of local banal spaces”, in *Scottish Geographical Journal*, no. 123, vol. 2, pp. 87-106.
- Putnam R. (2000), *Bowling Alone: The Collapse and Revival of the American Community*, Simon & Schuster, New York.
- Qian T., Chen J., Zhuo L., Jiao Y., Jiang Y.G. (2024), “Nuscenes-qa: A multi-modal visual question answering benchmark for autonomous driving scenario”, in *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, no. 5, vol. 38, pp. 4542-4550.
- Sandercock L. (1998), *Towards Cosmopolis: Planning for Multicultural Cities*, John Wiley, Chichester.
- Sandercock L., Dovey K.G. (2002), “Pleasure, politics and the ‘public interest’: Melbourne’s riverscape revitalization”, in *Journal of the American Planning Association*, no. 68, vol. 2, pp. 151-164.
- Scott A.J. (2006). “Creative cities: conceptual issues and policy questions”, in *Journal of Urban Affairs*, no. 1, vol. 28, Number 1, pp. 1-17.
- Sennett R. (1977), *The Fall of Public Man*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Sennett R. (1990), *The Conscience of the Eye: The Design and Social Life of Cities*, Faber & Faber, London.
- Sima C., Renz K., Chitta K., Chen L., Zhang H., Xie C., Beißwenger J., Luo P., Geiger A., Li H. (2024), “Drivelm: Driving with graph visual question answering”, in *European Conference on Computer Vision*, Springer, Berlino, pp. 256-274.
- Sorkin M. (a cura di, 1992), *Variations on a Theme Park: The New American City and the End of Public Space*, Hill & Wang, New York.
- Varna G., Tiesdell S. (2010), “Assessing the publicness of public space: The star model of publicness”, in *Journal of urban design*, no. 15, vol. 4, pp. 575-598.
- Wang P., Wei X., Hu F., Han W. (2024), “Transgpt: Multi-modal generative pre-trained transformer for transportation”, in *2024 international conference on computational linguistics and Natural Language processing (CLNLP) IEEE*, pp. 96-100.
- Young I.M. (1990), *Justice and the Politics of Difference*, University Press, Princeton.
- Young I.M. (2000), *Inclusion and Democracy*, Oxford University Press, Oxford.
- Zhang W., Cai M., Zhang T., Zhuang Y., Mao X. (2024b), “Earthgpt: A universal multi- modal large language model for multi-sensor image comprehension in remote sensing domain”, in *arXiv preprint arXiv:2401.16822*.
- Zhang S., Fu D., Liang W., Zhang Z., Yu B., Cai P., Yao B. (2024), “Trafficgpt: Viewing, processing and interacting with traffic foundation models”, in *Transport Policy*, no. 150, pp. 95-105.
- Zhu H., Zhang W., Huang N., Li B., Niu L., Fan Z., Lun T., Tao Y., Su J., Gong Z., Fang C., Liu, X. (2024), “PlanGPT: Enhancing urban planning with tailored language model and efficient retrieval”, in *arXiv preprint arXiv:2402.19273*.
- Zhu H., Su J., Chen M., Wang W., Deng Y., Chen G., Zhang W. (2025), “PlanGPT-VL: Enhancing Urban Planning with Domain-Specific Vision-Language Models”, in *arXiv preprint arXiv:2505.14481*.
- Zukin S. (2000), “Whose culture? Whose city?”, in LeGates R., Stout F. (eds.), *The City Reader*, Routledge, London.

Copyright

Tutte le figure e le tabelle presenti nel paper sono state prodotte dagli autori e sono, quindi, copyright degli autori stessi.

Urban Digital Twin; An inclusive toolkit for a more participatory urban development

John Hendy

Università Mediterranea di Reggio Calabria
DAeD - Dipartimento di Architettura e Design
Email: john.hendy@unirc.it

Abstract

Urban Digital Twins (UDTs) represent a significant evolution in urban analytics, surpassing traditional 3D models to create dynamic virtual replicas of cities that support management, operations, and sustainability. To achieve the anticipated benefits of UDTs, there is a demand for shift from technical interpretations towards a more socio-technical perspective. UDTs offer mechanisms to engage citizens and various stakeholders, fulfilling the need for "citizen-centric" design. The key functionalities supporting this inclusion incorporate interactive platforms, Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) visualization tools to provide immersive user experiences. These platforms enable stakeholders to provide feedback, explore "what if" scenarios, and engage in co-creation for urban planning and policy design. Multiple developed case studies, illustrate the success of utilizing AR and Volunteered Geographic Information (VGI) to enhance dialogue, transparency and facilitate consensus-building among participants. Despite this potential, the implementation of UDTs remains constrained by persistent challenges, including the need to promote more inclusion of socio-economic components, address the complexity barrier for non-specialist users and formally embed UDT development into ongoing planning workflow. Consequently, fulfilling the potentials of UDTs demands continued research efforts focused on these areas to support the ideals of Augmented Urban Planning (AUP), ensuring UDTs become accurate, contextualized, and operationally integrated tools for resilient and inclusive urban futures.

Keywords: urban digital twin, public participation, city governance.

1 | Background

Urban Digital Twins (UDTs) are defined as digital representations or "virtual replicas" of urban environments and physical infrastructure. (Nochta *et al.*, 2021; Alva, Biljecki and Stouffs, 2022; Peldon *et al.*, 2024; Allan *et al.*, 2025a; Zahid *et al.*, 2025) UDTs encompass the physical assets, processes, operations, and systems of a city. (Nochta *et al.*, 2021; Alva, Biljecki and Stouffs, 2022; Peldon *et al.*, 2024; Allan *et al.*, 2025) Unlike conventional 3D city models, they integrate multiple urban systems and layers (*Figure 1*), such as energy, water, mobility, communication, and society, capturing their interactions for comprehensive urban analysis, (Petra Hurtado and Aleksandra Gomez, 2021; Meta *et al.*, 2022) as well as connectivity, providing convergence between the physical and digital states, often leveraging technologies like the Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), BIM, IoT, and 5G. They enable real-time visualization, simulation, and monitoring of urban infrastructure and environments, supporting scenario analysis, disaster management, resource allocation, urban planning and real-time data synchronization. (Deng, Zhang and Shen, 2021; Shahat, Hyun and Yeom, 2021; Caprari *et al.*, 2022; Meta *et al.*, 2022; Boccardo, La Riccia and Yadav, 2024; Dai, Hasanefendic and Bossink, 2024; Peldon *et al.*, 2024; Allan *et al.*, 2025; Bibri and Huang, 2025; Bibri *et al.*, 2025; Grincheva, 2025; Zahid *et al.*, 2025)

The primary role of UDTs in urban planning is to serve as dynamic simulation and management environments to develop scenarios in response to policy problems. The creation of City Information Models (CIM) within UDTs integrates multi-source data to produce accurate 3D digital city models, facilitating collaborative urban regeneration and smarter decision-making processes. (Nochta *et al.*, 2021; Peldon *et al.*, 2024; Bibri and Huang, 2025; Bibri *et al.*, 2025; Grincheva, 2025; Zahid *et al.*, 2025). They are considered as a toolkit to address urban complexity, utilizing massive amounts of machine-readable data produced by city systems, enabling the visualization of proposed changes and potential consequences, making planning more dynamic and effective. (Peldon *et al.*, 2024; Roversi, 2024; Bibri and Huang, 2025; Bibri *et al.*, 2025; Zahid *et al.*, 2025)

UDTs framework enables greater citizen participation by providing transparent access to urban data, interactive visualization tools, and platforms for crowdsourcing and feedback. Technologies such as immersive 3D mapping, social sensing, and collaborative computing promote engagement through

community surveys, participatory sensing and disaster response simulations. (Deng, Zhang and Shen, 2021) Furthermore, participatory enhanced urban development is based on the principle of shifting the role of citizens from passive subjects to active actors who can influence decisions. (Correia et al., 2023; Sharifi, Amirzadeh and Khavarian-Garmsir, 2025).

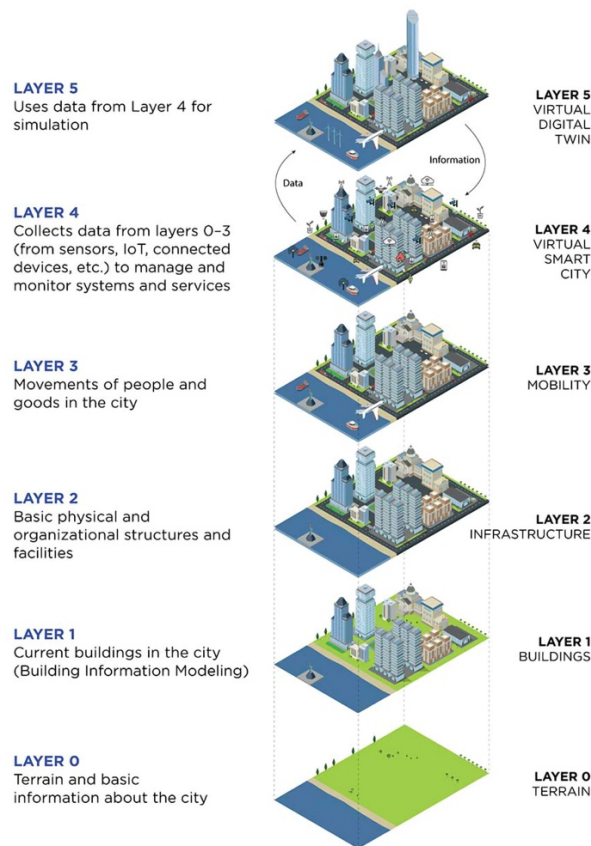


Figure 1: UDT Layers (Petra Hurtado and Alessandra Gomez, 2021)

In this context, processes like participatory design aim to allow the public to shape places based on individual living experiences, offsetting defects associated with traditional "top-down" government-led planning. (Luo, Liu and Cao, 2022; Sharifi, Amirzadeh and Khavarian-Garmsir, 2025) Effective participation is crucial for democracy and fosters community resilience and a sense of ownership, promoting collaboration between urban designers, residents, and local authorities. The challenge is bridging "social 'deliberative' processes and advanced technical means in a synergetic way." (Luo, Liu and Cao, 2022; Correia et al., 2023)

Social, economic and demographic aspects are vital for ensuring that plans and actions identified respond to local contexts and conditions. (Palla et al., 2024) Without it, digital planning tools risk oversimplifying social complexities or marginalizing social minorities. (Azadi, Kasraian, Nourian and Wesemael, 2025b) The requirement for inclusivity is formalized through the concept of "Consensual Contextualization", which dictates that the views of different stakeholders regarding the shared urban environment must be adequately represented. (Azadi, Kasraian, Nourian and van Wesemael, 2025a; Azadi, Kasraian, Nourian and Wesemael, 2025b) Successfully implemented inclusive strategies and policies in urban regeneration foster resilience and urban sustainability. (Allan et al., 2025)

2 | Objectives

The initial objective concerns the practical application of Digital Twins (DTs) within the dynamic sphere of urban planning or urban regeneration processes. This line of inquiry seeks to determine the actual contributions and realized ambitions of Urban Digital Twins (UDTs) in supporting urban planning and decision-making. (Azadi, Kasraian, Nourian and Wesemael, 2025b) The literature identifies UDTs as crucial tools for city management and planning, enabling scenario simulation and operational functions. (Luo, Liu and Cao, 2022; Peldon et al., 2024) Furthermore, this objective investigates how UDTs function as socio-technical infrastructures supporting strategies and actions within the framework of urban regeneration and

decarbonization. (Meta *et al.*, 2022; Dai, Hasanefendic and Bossink, 2024; Roversi, 2024; Allan *et al.*, 2025b) Specific examples of application include integrating CIM and BIM technologies to create platforms that manage urban renewal and promote transparency, and addressing large-scale challenges such as risk reduction in transportation systems. (Wu and Leng, 2025) The primary finding in this area reveals that while most implementation efforts focus on achieving Interdisciplinary Integration – bridging disciplinary silos and combining data/models from different urban domains – the contribution to integrated planning practices remains limited. (Azadi, Kasraian, Nourian and Wesemael, 2025b)

The second objective focuses on assessing how the Digital Twin improved the city governance structure and functional mechanisms. The fundamental research question is how the contribution of UDTs to the governance process can be measured. (Diaz-Sarachaga, 2025) The preliminary literature suggests that UDTs transform city governance toward smarter, more sustainable management, mainly by enhancing data-driven decision-making for city officials. (Weil *et al.*, 2023; Gkontzis *et al.*, 2024; Bibri and Huang, 2025; Grincheva, 2025; Zahid *et al.*, 2025) UDTs provide city managers and policymakers with improved insights into their cities through visualization and modeling. In addition, concepts such as the Digital Twin City (DTC) represent a new model for urban governance, potentially advancing city management and urban efficiency through mutual integration, where the digital model can exercise control over the physical environment. (Gkontzis *et al.*, 2024; Zahid *et al.*, 2025) Good governance attributes relevant here include accountability and transparency, which UDT platforms are expected to promote in decision-making. (Najafi *et al.*, 2023; Diaz-Sarachaga, 2025; Wu and Leng, 2025) However, governance, organizational, and social issues are identified as major categories of challenges hindering the full implementation of UDTs. (Weil *et al.*, 2023)

The third objective addresses how the Digital Twin was used to create a more participatory (more engaging) environment among stakeholders or public citizens. It examines the success of UDTs in enhancing human-centered and collaborative planning processes. (Shahat, Hyun and Yeom, 2021; Luo, Liu and Cao, 2022) UDTs are applied to participatory practices by utilizing crowdsourcing technologies like participatory reporting and sensing to collect citizens' perspectives on issues such as urban infrastructure maintenance, urban mobility, and environmental monitoring. (Bastardo, Pavao and Rocha, 2023) The use of immersive technology, such as Virtual Reality (VR), within UDT prototypes allows citizens – even non-experts – to explore design scenarios, provide geo-tagged feedback, and engage in co-creation and optimization processes. (Najafi *et al.*, 2023) Studies investigating participatory workshops, such as those conducted for an urban park in Tianjin, China, compare digital twin models with physical replicas, noting that the digital models are superior in interactivity and simulation visualization quality, though they may exclude older participants due to the "digital gap phenomenon". Thus, future research aims to explore the integration of physical models with digital approaches to ensure all community voices are heard. (Luo, Liu and Cao, 2022; Grincheva, 2025)

Furthermore, focusing on the sociotechnical mechanism of integration, UDTs support the ambition of Consensual Contextualization (CC), as they should represent the views of different stakeholders to facilitate communication and participatory decision-making toward a more harmonical process. (Deng, Zhang and Shen, 2021; Azadi, Kasraian, Nourian and Wesemael, 2025; Zahid *et al.*, 2025) The methodology for designing UDT prototypes often relies on participatory processes involving a variety of prospective users (e.g., local public sector bodies, community groups) to co-produce knowledge and contextualize the technology beyond a purely technical status quo. (Nochta *et al.*, 2021; Bibri and Huang, 2025; Bibri *et al.*, 2025; Zahid *et al.*, 2025)

3 | Methodology

This paper seeks to create a research agenda by identifying the opportunities, challenges, and needs for future studies that use the urban digital twin technology as an inclusive tool to enhance city functionality, sustainability and quality of life. Although research on city digital twins is still in its early stages, some studies have explored their use in smart cities. PRISMA framework was used to establish a comprehensive research agenda in this emerging field. (Moher *et al.*, 2009) Following its guidelines, the process for identifying, screening, checking eligibility, and including the final articles in the review data set was established. (Figure 2)

3.1 | Data Collection

This review assesses the current state of city digital twin research and how it can be integrated in the urban planning workflow. The search focused on papers discussing digital twins at a city scale across two multidisciplinary databases: Scopus and Google Scholar. In order to have a more complete vision, the

research also included digital twins at scales larger than buildings as urban environment and city district, as these have an adequate correspondence to a city scale. An identical search string was conducted across both Scopus and Google Scholar platforms utilizing the three Boolean operators in to achieve the most accurate search results of the aforementioned keywords in this review. By the time the search concluded on August 10, 2025, it had generated a total of 1241 published articles. The search strings and article outputs results are demonstrated in (Table I).

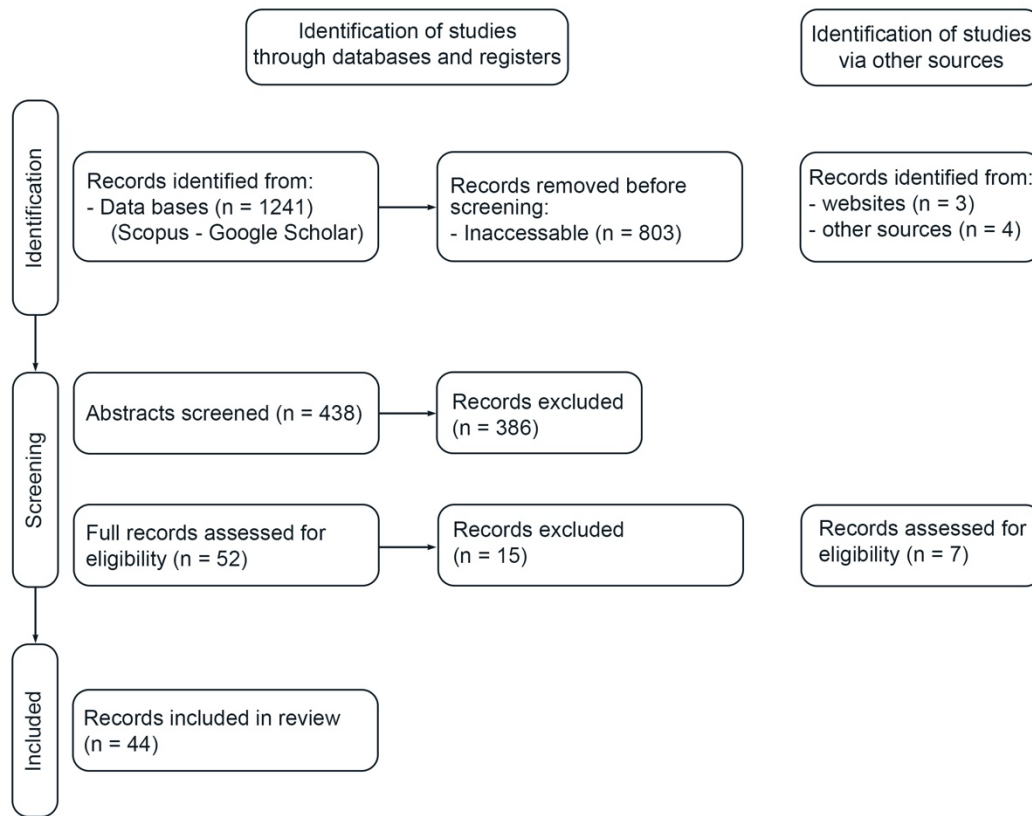


Figure 2: Prisma flow diagram of paper review

Table I: Search strings and results

Search Engine	Search Strings	Results
Scopus	"urban digital twin" AND "city governance" OR "public participation"	1202
Google Scholar	"urban digital twin" AND "city governance" OR "public participation"	39
Total		1241
Reviewed Articles	After assessment and duplicates removal	37

3.2 | Inclusion and Exclusion Criteria

The data collection's main inclusion criteria incorporated the papers that addressed developing urban digital twins for a city or a neighborhood scale, to ensure more thorough research findings, articles, reviews, and conference proceedings articles were considered. However, non-peer-reviewed articles and those published in languages other than English were excluded, in addition to non-open access articles.

Consequently, out of the 1241 articles that resulted from the search strings 803 articles were excluded after applying the open access filter. The screening process included 2 phases: the first was abstract screening,

438 abstracts were screened excluding 386 for ineligibility, the second was full paper screening of which 52 articles were assessed, excluding 15 for not focusing on the city digital twin or for focusing on the technical, technological or instrumental investigations. The remaining 37 were thoroughly studied, in addition to 4 hand searched articles which were found relevant as they included actual urban digital twin models as Zurich, Herrenberg and Helsinki, along with 3 online websites that included further analysis of these models and their usage. Thus, 41 articles and 3 websites were considered for this scoping review.

The published work related to the city digital twin was thematically analyzed to identify the current research directions, classify the benefits and indicate current and expected challenges regarding utilizing a digital twin in city urban planning workflow as well as how the integration of urban digital twin will enhance public participation and inclusivity in the planning process. The results were classified into 4 thematic categories to organize and describe the urban digital twin's current uses, prospective potentials and as well as highlighting the research gaps.

4 | Results

Urban Digital Twins (UDTs) are fundamentally reshaping the practice of urban planning, governance, and stakeholder engagement by providing dynamic, data-driven virtual environments. The application of UDTs can be categorized into three principal domains: enhancing urban planning and regeneration, improving city governance, fostering greater stakeholder participation and enhanced public engagement.

4.1 | UDT in urban planning or urban regeneration

UDTs are instrumental in creating dynamic virtual scenarios to simulate the development and operation of cities, providing insights – using IoT and AI – for scenario simulation, predictive modeling and strategic planning into future patterns and plans. (Shahat, Hyun and Yeom, 2021; Alva, Biljecki and Stouffs, 2022; Boccardo, La Riccia and Yadav, 2024; Diaz-Sarachaga, 2025) For example, the Zurich UDT is used to test scenarios regarding changes in density and their effects on urban climate or traffic and mobility (

Figure 3). (Schrotter and Hürzeler, 2020; Caprari *et al.*, 2022) In Melbourne, UDT technology is employed to enhance the planning, design, and management of People-Centric Urban Regeneration (PCUR) public open space projects, focusing on critical phases like feasibility, planning, and design. (*Figure 4*) (Allan *et al.*, 2025b)

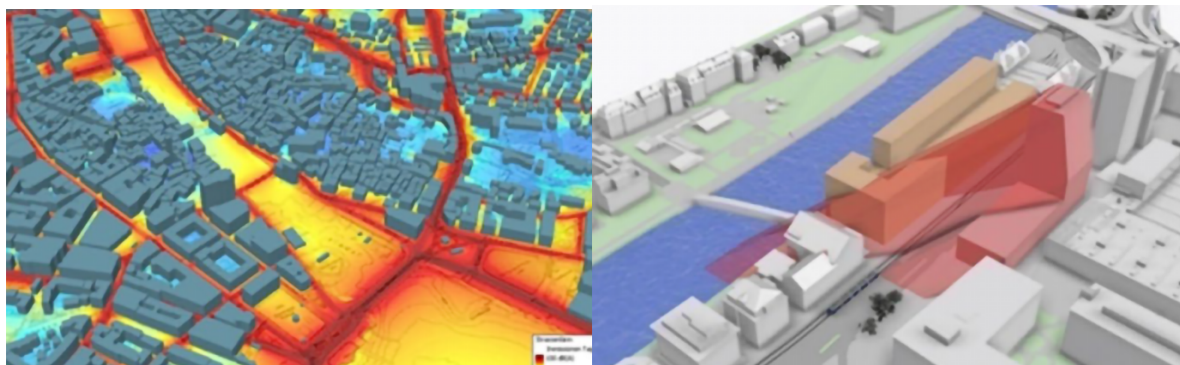


Figure 3 | Traffic and Noise Analysis (L) – Climate and Solar potential (Analysis R) (Schrotter and Hürzeler, 2020)

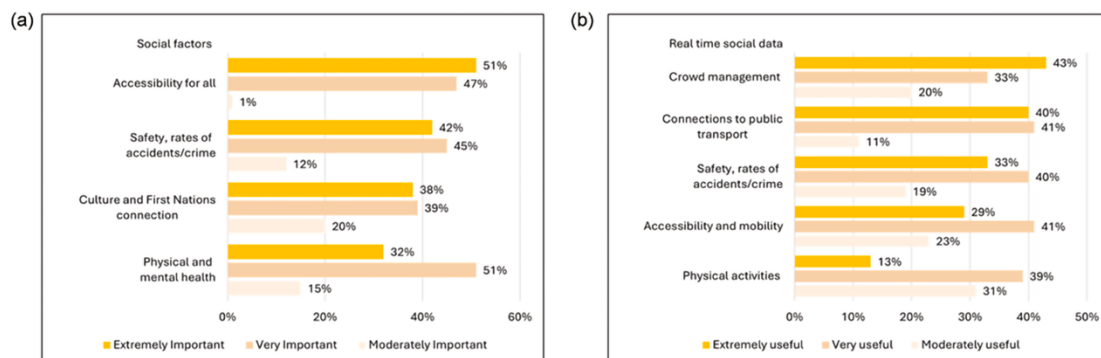


Figure 4 | Social factors related to PCUR public open space projects (a) The importance of factors to overall sustainability performance (b) The usefulness of real time (Allan et al., 2025)

In addition, in Singapore's case, digital and data-driven infrastructures (such as sensors and data-capture devices) are employed to monitor urban environments, support innovative policy development, and optimize land use and infrastructure. Also, UDTs facilitate simulation of urban flows, environmental impacts, energy forecasting and infrastructure development to support sustainable urban regeneration and smart city planning. The integration of Urban Brain (UB) and UDT within an IoT Cyber-Physical System of Systems (CPSoS) framework enables dynamic responsiveness and long-term foresight critical for adaptive planning and environmental sustainability in cities (Deng, Zhang and Shen, 2021; Meta *et al.*, 2022; Bastidas *et al.*, 2023; Dai, Hasanefendic and Bossink, 2024; Katsumbe *et al.*, 2024; Allan *et al.*, 2025b; Azadi, Kasraian, Nourian and Wesemael, 2025; Bibri and Huang, 2025; Bibri *et al.*, 2025; Grincheva, 2025; Sharifi, Amirzadeh and Khavarian-Garmsir, 2025; Zahid *et al.*, 2025)

In addition, UDTs support urban planning and infrastructure management, aiding in maintaining and operating assets across domains like transport, energy efficiency, water, air quality and utility systems. (Hami Kekkonen, 2017; Peldon *et al.*, 2024; Moufid, Praharaj and Jarar Oulidi, 2025) UDTs provide detailed 3D spatial images, that are often originated from LiDAR or drone photography, which serve as the basis for detailed urban design and policy decision support. (Arctic Startup, 2017; Dembski *et al.*, 2020; Schrotter and Hürzeler, 2020; Deng, Zhang and Shen, 2021; Shahat, Hyun and Yeom, 2021; Luo, Liu and Cao, 2022; Bastidas *et al.*, 2023; Katsumbe *et al.*, 2024; Bibri and Huang, 2025; Bibri *et al.*, 2025; Sharifi, Amirzadeh and Khavarian-Garmsir, 2025; Zahid *et al.*, 2025)

4.2 | UDT for an improved city governance

UDTs are considered as data-driven decision-making tools, enhancing city management and operations. (Shahat, Hyun and Yeom, 2021; Roversi, 2024) They help cities realize real-time remote monitoring and allow more effective decision-making by providing managers and politicians with insightful information. (Deng, Zhang and Shen, 2021; Shahat, Hyun and Yeom, 2021; Meta *et al.*, 2022; Gkontzidis *et al.*, 2024; Katsumbe *et al.*, 2024; Bibri and Huang, 2025; Sharifi, Amirzadeh and Khavarian-Garmsir, 2025; Zahid *et al.*, 2025)

Digital Twin Cities (DTCs) represent a new pattern of urban governance toward smart cities, (Peldon *et al.*, 2024; Roversi, 2024; Diaz-Sarachaga, 2025) as the use of UDTs facilitates dynamic and agile governance approaches, enabling city authorities to quickly make well-informed decisions and evaluate policy changes. They allow assessment that combines *before, during, and after* an event, forming a full-lifecycle spatial governance closed loop. (Hami Kekkonen, 2017; Meta *et al.*, 2022; Bastidas *et al.*, 2023; Chen *et al.*, 2024; Zahid *et al.*, 2025)

The aim is to develop a "completely mirrored city digital twin", which includes mutual integration, meaning that the digital model can exercise control commands over the physical counterpart. This can improve urban efficiency and optimize services, such as controlling traffic systems or dynamic road pricing. (Shahat, Hyun and Yeom, 2021; Bibri and Huang, 2025; Bibri *et al.*, 2025; Sharifi, Amirzadeh and Khavarian-Garmsir, 2025; Zahid *et al.*, 2025)

UDTs enhance stakeholder engagement by providing shared digital platforms that enable data sharing, transparency, and communication among government entities, cultural organizations, academia and the public, contributing to accountability and transparency in governance by allowing citizens to monitor government decisions and ensuring transparency in decision-making processes, as seen in the Virtual

Singapore case study. (Deng, Zhang and Shen, 2021; Nochta *et al.*, 2021; Shahat, Hyun and Yeom, 2021; Meta *et al.*, 2022; Bastidas *et al.*, 2023; Dai, Hasanefendic and Bossink, 2024; Bibri and Huang, 2025; Bibri *et al.*, 2025; Sharifi, Amirzadeh and Khavarian-Garmsir, 2025)

4.3 | UDT for a more participatory environment

UDTs leverage Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) to provide immersive visualization, enhancing user experience and facilitating easier understanding of urban plans than traditional methods. (Dembski *et al.*, 2020; Shahat, Hyun and Yeom, 2021; Boccardo, La Riccia and Yadav, 2024; Peldon *et al.*, 2024) In Herrenberg, Germany, a DT prototype, embedded in a AR environment, was used in public participatory processes and showed potential for decision support and consensus building (

Figure 5). (Dembski *et al.*, 2020; Alva, Biljecki and Stouffs, 2022; Caprari *et al.*, 2022) The utilization of virtual City Information Models (CIMs) allows non-expert users, like local inhabitants, to explore, communicate, and provide geo-tagging feedback on urban development scenarios. (Deng, Zhang and Shen, 2021; Bastidas *et al.*, 2023; Najafi *et al.*, 2023; Kavouras *et al.*, 2025)

UDTs offer a collaborative environment, promoting stakeholder inclusion in planning and policy design, as it fosters two-way communication, real-time feedback collection, and co-creation opportunities in urban planning and management. (B. Turillazzi *et al.*, 2021; Shahat, Hyun and Yeom, 2021; Luo, Liu and Cao, 2022; Peldon *et al.*, 2024) Platforms like the Zurich DT allow the public to access, navigate, and discuss urban planning issues. (Schrotter and Hürzeler, 2020; Shahat, Hyun and Yeom, 2021; Kavouras *et al.*, 2025) Nevertheless, studies finds partial limitations as in Singapore’s citizen engagement practices, often described as “pseudo-participative,” with limited real power-sharing. The integration of platforms like Catch (arts event aggregator) and Roots (heritage portal) provide tools for participation, but governance weaknesses hinder full engagement. (Grincheva, 2025) This approach supports co-creation, enabling stakeholders to actively shape their urban environments, aligning outputs with residents' expectations. (Bastidas *et al.*, 2023; Peldon *et al.*, 2024; Bibri *et al.*, 2025; Kavouras *et al.*, 2025; Sharifi, Amirzadeh and Khavarian-Garmsir, 2025)



Figure 5: Herrenberg urban workshops (L) and AR planning environment (R) (Dembski *et al.*, 2020)

Citizen-Centric Digital Twins (CCDTs) encourage public interaction and participation in infrastructure governance by using data acquisition methods like Volunteered Geographic Information (VGI) and social sensing. (

Figure 6) The integration of data sets related to socio-economic components, such as people's movement patterns and public expectations, enhances urban planning development plans to conform to citizens' needs. (Dembski *et al.*, 2020; Olszewski and Wendland, 2021; Abdeen, Shirowzhan and Sepasgozar, 2023; Gkontzis *et al.*, 2024) This transforms citizens into "co-producers" of social assets (Lieven, 2017) or "active participants". (Deng, Zhang and Shen, 2021; Meta *et al.*, 2022; Bastidas *et al.*, 2023; Dai, Hasanefendic and Bossink, 2024; Azadi, Kasraian, Nourian and Wesemael, 2025; Bibri *et al.*, 2025; Sharifi, Amirzadeh and Khavarian-Garmsir, 2025) The city of Patras uses a coordinate-based problem mapping platform, where citizen reports feed the digital twin application to enhance urban management and decision-making (

Figure 6). (Gkontzis *et al.*, 2024)

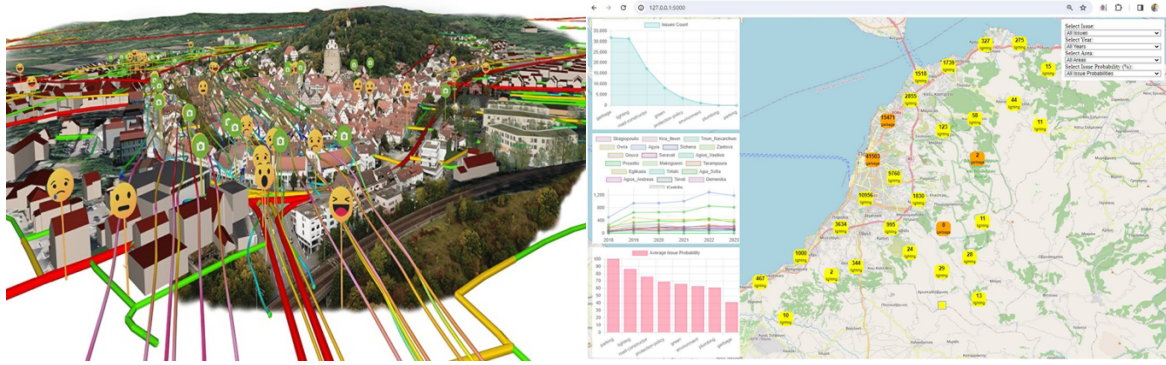


Figure 6: Herrenberg VGI platform (L) (Dembski *et al.*, 2020)- The Patras DT app (R) (Gkontzidis *et al.*, 2024)

UDTs facilitate consensus building by offering stakeholder-specific representations that allow participants to curate and interpret information, enabling co-creation of knowledge and policy alternatives. (Gkontzidis *et al.*, 2024; Azadi, Kasraian, Nourian and Wesemael, 2025) For example, the Cambridge CDT project involved stakeholders in prioritizing and interpreting information for integration into the UDT. (Caprari *et al.*, 2022; Azadi *et al.*, 2025)

4.4 | Trends in Urban Digital Twin Applications

The literature indicates a significant shift from a technology-centric focus toward a socio-technical perspective on UDTs. (Nochta *et al.*, 2021; Azadi, Kasraian, Nourian and Wesemael, 2025) The central ambition is now integrated and defined across three dimensions:

1. Interdisciplinary Integration: Bridging disciplinary silos by combining various urban models and heterogeneous data (e.g., traffic, energy, social data). This is driven by the need for holistic urban views. (Deng, Zhang and Shen, 2021; Meta *et al.*, 2022; Bastidas *et al.*, 2023; Dai, Hasanefendic and Bossink, 2024; Katsumbe *et al.*, 2024; Azadi, Kasraian, Nourian and van Wesemael, 2025a; Azadi, Kasraian, Nourian and Wesemael, 2025b; Grincheva, 2025; Sharifi, Amirzadeh and Khavarian-Garmsir, 2025)
2. Consensual Contextualization: Ensuring that UDTs adequately represent the views, values, and diverse interests of stakeholders and citizens to facilitate collaborative planning and consensus-building. (Azadi, Kasraian, Nourian and van Wesemael, 2025a; Azadi, Kasraian, Nourian and Wesemael, 2025b)
3. Procedural Operationalization: Embedding UDTs within existing governance, decision-making, and planning workflows, ensuring they adapt to the complex and dynamic iterations of the planning process. (Azadi, Kasraian, Nourian and van Wesemael, 2025a; Azadi, Kasraian, Nourian and Wesemael, 2025b)

4.5 | Research Gaps

Despite the ambitious articulation of the potential of UDTs to achieve broad socio-technical goals, the current literature consistently highlights a significant gap between this ambition and the realized contributions. This deficit is primarily rooted in persistent socio-technical complexities that limit the depth of UDT implementation. (Azadi, Kasraian, Nourian and Wesemael, 2025b) While many implemented UDT projects demonstrate strong capabilities in Technical and Interdisciplinary Integration, such as: seamlessly combining data streams from various infrastructure systems, they lack the development of Consensual Contextualization and Procedural Operationalization. (Azadi, Kasraian, Nourian and Wesemael, 2025b)

Another critical limitation is the lack of active and meaningful engagement of citizens in urban governance processes. Although UDTs are hyped as a tool for inclusivity, their contribution in practice is minimal. Citizen engagement often remains limited to a passive role, primarily using citizens as data sources through methods like sensor data or aggregated social media feeds, rather than enabling them to become active participants who genuinely influence policy, planning decisions and resource allocation. This restricted role misses of the idea of co-creation, where citizens are involved in defining problems, designing solutions and shaping outcomes. Consequently, the promised model shift toward citizen-centric governance has not been yet materialized within the existing UDT frameworks. (Azadi, Kasraian, Nourian and van Wesemael, 2025a; Azadi, Kasraian, Nourian and Wesemael, 2025b; Grincheva, 2025)

In addition, the struggle with Procedural Operationalization (PO) represents a fundamental obstacle to integrating UDTs into real-world planning workflows, as UDTs frequently fail to adequately address the complex and iterative nature of planning activities. Planning is a circular process; it involves continuous feedback loops, systematic comparison of multiple design alternatives and adaptation to evolving legal,

political and stakeholder needs throughout the entire planning cycle. Current UDT implementations often provide sophisticated simulations but lack the procedural framework to efficiently manage this complexity. This deficit prevents UDTs from becoming essential, day-to-day tools for navigating the procedural realities of urban governance. (Azadi, Kasraian, Nourian and van Wesemael, 2025a; Azadi, Kasraian, Nourian and Wesemael, 2025b)

5 | Discussion

5.1 | UDTs potential for an inclusive urban development

Urban Digital Twins (UDTs), particularly when integrated within the Augmented Urban Planning (AUP) framework, represent a paradigm shift with significant potential to foster more inclusive and sustainable urban development. (Azadi et al., 2025) One of the most critical contributions of Digital Twins (DTs) lies in their ability to overcome the traditional visualization challenges inherent in complex urban planning. By generating transparent, highly detailed, and dynamic visualizations, often delivered through immersive technologies like Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR), DTs make intricate development proposals accessible to a broader audience. This technological leap enables non-experts, including public citizens and local stakeholders, to surmount technical barriers and participate meaningfully in public discourse, policy evaluation, and critical decision-making processes. Consequently, UDTs ensure that conversations about the future of a city are no longer limited to technical specialists, but become a truly collective, informed effort. (Najafi et al., 2023; Boccardo, La Riccia and Yadav, 2024; Peldon et al., 2024; Azadi, Kasraian, Nourian and Wesemael, 2025; Sharifi, Amirzadeh and Khavarian-Garmsir, 2025).

The strategic development of Citizen-Centric Digital Twins (CCDTs) is paramount to realizing the full participatory potential of this technology. CCDTs are not merely static models; they are dynamic, collaborative platforms engineered to incorporate both predictive capabilities and direct citizen input into real-time infrastructure governance and planning. (Abdeen, Shirowzhan and Sepasgozar, 2023; Gkontzis et al., 2024) Central to this functionality is the UDT's capacity to facilitate dynamic scenario testing. This feature allows planners and diverse community groups to collaboratively create and rigorously evaluate the collective impact of various planning interventions before they are implemented in the physical world. This ensures that new developments and policy changes are meticulously aligned with community expectations, enabling the city to proactively address complex and sensitive issues such as community cohesion, equitable service distribution, and social vulnerability. (Deng, Zhang and Shen, 2021; Bastidas et al., 2023; Dai, Hasanefendic and Bossink, 2024; Peldon et al., 2024; Allan et al., 2025b; Azadi, Kasraian, Nourian and van Wesemael, 2025; Bibri and Huang, 2025; Bibri et al., 2025; Sharifi, Amirzadeh and Khavarian-Garmsir, 2025). Ultimately, by improving transparency and accountability in the evaluation process, this capability significantly enhances the democratic quality and public legitimacy of evidence-based decision-making. (Nochta et al., 2021).

5.2 | Barriers to Implementation and Adoption

5.2.1 Technical Barriers

The most prominent constraint is fundamentally technical, revolving around the foundational issues of data availability, quality, fragmentation, and the absence of established standards. UDTs demand extensive, real-time data from various urban domains (e.g., transport, energy, utilities). Without a standardized, comprehensive, and continuous data flow, UDTs cannot achieve the necessary levels of fidelity (accuracy in reflecting the physical city) or interoperability (the ability to exchange and use data across different systems and departments). This fragmentation means that even when data exists, it often resides in siloed municipal systems, is formatted inconsistently, or lacks the necessary quality control, severely limiting the practical application and predictive power of the digital twin. (Shahat, Hyun and Yeom, 2021; Najafi et al., 2023; Boccardo, La Riccia and Yadav, 2024; Gkontzis et al., 2024; Allan et al., 2025b; Yu et al., 2025)

5.2.2 Institutional Hurdles

Beyond technical limitations, political and institutional challenges often pose a larger, more intractable obstacle to UDT implementation. These include difficulties in integrating data and operations across historically siloed municipal departments, which are often reluctant to share data or modify established workflows. Furthermore, there is often significant institutional resistance to change, where existing administrative structures are slow to adopt dynamic data-driven governance models. (Deng, Zhang and Shen, 2021; Boccardo, La Riccia and Yadav, 2024; Peldon et al., 2024; Allan et al., 2025b; Moufid, Praharaaj and Jarar Oulidi, 2025) Significantly, the absence of clear governance protocols, guidelines, and legal policies

concerning responsibilities, data ownership, and accountability in UDT deployment creates substantial uncertainty. This lack of a legal and regulatory framework makes it challenging to define who is responsible when a model-informed decision results in a physical-world outcome, impeding widespread trust and adoption.

5.2.3 Inclusivity and Digital Divide

A significant social challenge arises from issues of technical literacy and equitable access to technology, which can inadvertently exacerbate existing digital divides. While UDTs often employ advanced, highly interactive digital models and immersive visualization tools (like VR/AR) to foster participation, these very tools can be exclusionary. Resulting that, individuals who are older adults or are generally unfamiliar with complex digital interfaces and tools may find themselves marginalized from the participatory and decision-making processes. If not designed with severe focus on user-friendliness and multi-channel engagement, the adoption of UDTs risks will create a system which only the digitally cultured can fully engage, thereby undermining the goal of creating inclusive urban environments.(Correia *et al.*, 2023; Mortaheb and Jankowski, 2023; Yu *et al.*, 2025)

5.2.4 Economic Constraints

Finally, the high economic costs associated with UDT deployment act as a severe constraint, particularly for smaller municipalities. These costs encompass the initial development and installation of the core platform, the substantial expenses related to data acquisition, continuous maintenance and the constant need for upgrading sensor networks and computing infrastructure. Beyond hardware and software, a major financial barrier is the necessity for qualified technical personnel—a team of specialists capable of operating, maintaining and developing these sophisticated systems (data scientists, 3D modelers, platform engineers). The investment required for these highly specialized human resources is often prohibitive, constraining the adoption of UDTs to only the largest and wealthiest urban centers.(Peldon *et al.*, 2024; Allan *et al.*, 2025b; Moufid, Praharaj and Jarar Oulidi, 2025)

5.3 | Future Research and Development

Future research must prioritize bridging the gap between technical developments and socio-technical realization, focusing on the following areas:

1. Methodological Frameworks for Augmented Urban Planning (AUP): Developing explicit methodological frameworks and guidelines to translate the AUP agenda into practice, ensuring UDTs are systematically integrated into existing governance and planning workflows. (Azadi, Kasraian, Nourian and Wesemael, 2025b)
2. Customizable and Specific UDTs: Moving away from monolithic representations towards a system of stakeholder-specific UDTs that can be flexibly configured to address unique planning questions and facilitate consensus-building among diverse actors. (Azadi, Kasraian, Nourian and van Wesemael, 2025a; Azadi, Kasraian, Nourian and Wesemael, 2025b)
3. AI/ML for Citizen Feedback: Investigating how AI and Machine Learning can improve stakeholder and citizen participation by effectively analyzing and incorporating extensive datasets of expressed needs and feedback to inform policies and regeneration scenarios.(Moufid, Praharaj and Jarar Oulidi, 2025)
4. Socio-Technical and Ethical Integration: Research should systematically explore the ethical, legal, and social dimensions of DTs, ensuring that developments are not only technically sound but also ethically compliant and culturally sensitive.(Deng, Zhang and Shen, 2021; Azadi, Kasraian, Nourian and Wesemael, 2025; Huang, Bibri and Keel, 2025; Yu *et al.*, 2025)
5. Digital Twin for Urban Regeneration Infrastructure: Further investigation into the role of DT technology, integrated with sensors, for real-time monitoring and maintenance of urban regeneration infrastructure, including cultural heritage sites. (Moufid, Praharaj and Jarar Oulidi, 2025)

6 | Conclusion

Urban Digital Twins represent a transformative evolution in urban planning and management, surpassing the static 3D models to become dynamic, simulation-capable systems that support governance and decision-making. (Boccardo, La Riccia and Yadav, 2024; Peldon *et al.*, 2024) Their primary contribution to planning and regeneration lies in enabling data-driven scenario simulation and optimizing city operations.(Schrotter and Hürzeler, 2020; Shahat, Hyun and Yeom, 2021) Crucially, DTs enhance democratic processes by

leveraging immersive visualization (VR/AR) and citizen-sourced data (VGI) to promote transparency and citizen engagement.(Dembski *et al.*, 2020; Boccardo, La Riccia and Yadav, 2024; Peldon *et al.*, 2024) However, the field is currently grappling with the realization gap between ambitious potential and practical contribution, particularly concerning the social dimensions of the city.(Azadi *et al.*, 2025) The ability of DTs to function as effective participatory tools hinges on addressing socio-technical challenges related to Consensual Contextualization (CC) and Procedural Operationalization (PO). (Deng, Zhang and Shen, 2021; Azadi, Kasraian, Nourian and Wesemael, 2025) The implication for urban planning practice is that technology deployment must be guided by human-centric principles, demanding proactive government leadership to integrate technological innovation with policy objectives and community aspirations.(Allan *et al.*, 2025)

The potential of UDTs to create resilient, sustainable, and inclusive urban ecosystems is substantial, but their success requires concerted effort to overcome organizational, financial, and governance obstacles.(Shahat, Hyun and Yeom, 2021; Peldon *et al.*, 2024; Allan *et al.*, 2025) Continued research is essential to develop robust methodologies and frameworks (like the AUP agenda) that ensure UDTs are not simply technological showpieces, but actionable tools embedded within complex urban political and social systems.(Azadi *et al.*, 2025) Only through this integrated socio-technical approach can UDTs deliver on their promise of augmenting urban planning toward truly democratic and sustainable city futures. (Azadi *et al.*, 2025)

References

- Abdeen, F.N., Shirowzhan, S. and Sepasgozar, S.M.E. (2023) “Citizen-centric digital twin development with machine learning and interfaces for maintaining urban infrastructure,” *Telematics and Informatics*. Elsevier Ltd. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tele.2023.102032>.
- Allan, M. *et al.* (2025) “Utilising urban digital twins for sustainable urban regeneration: Melbourne’s Greenline planning and assessment framework,” *Sustainable Cities and Society*. Elsevier Ltd. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.106661>.
- Alva, P., Biljecki, F. and Stouffs, R. (2022) “USE CASES FOR DISTRICT-SCALE URBAN DIGITAL TWINS,” in *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, pp. 5–12. Available at: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-W4-2022-5-2022>.
- Azadi, S., Kasraian, D., Nourian, P. and van Wesemael, P. (2025a) “Formalizing-modelling-utilizing ontology: A semantic framework for adaptive stakeholder-specific urban digital twins in urban planning processes,” *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1177/23998083251329398>.
- Azadi, S., Kasraian, D., Nourian, P. and Wesemael, P. van (2025b) “What Have Urban Digital Twins Contributed to Urban Planning and Decision Making? From a Systematic Literature Review Toward a Socio-Technical Research and Development Agenda,” *Smart Cities*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). Available at: <https://doi.org/10.3390/smartcities8010032>.
- B. Turillazzi *et al.* (2021) “ENVIRONMENTAL IMPACTS TM Management, Mitigation and Recovery,” *International Journal of Environmental Impacts*, 4, pp. 276–288.
- Bastardo, R., Pavao, J. and Rocha, N.P. (2023) “Crowdsourcing Technologies to Promote Citizens Participation in Smart Cities, a Scoping Review,” in *Procedia Computer Science*. Elsevier B.V., pp. 303–311. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.294>.
- Bastidas, V. *et al.* (2023) “Leadership for responsible digital innovation in the built environment: A socio-technical review for re-establishing competencies,” *Journal of Urban Management*, 12(1), pp. 57–73. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jum.2023.01.004>.
- Bibri, S.E. *et al.* (2025) “Synergistic integration of digital twins and zero energy buildings for climate change mitigation in sustainable smart cities: A systematic review and novel framework,” *Energy and Buildings*. Elsevier Ltd. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.115484>.
- Bibri, S.E. and Huang, J. (2025) “Artificial intelligence of things for sustainable smart city brain and digital twin systems: Pioneering Environmental synergies between real-time management and predictive planning,” *Environmental Science and Ecotechnology*, 26. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ese.2025.100591>.
- Boccardo, P., La Riccia, L. and Yadav, Y. (2024) “Urban Echoes: Exploring the Dynamic Realities of Cities through Digital Twins,” *Land*, 13(5). Available at: <https://doi.org/10.3390/land13050635>.

- Caprari, G. *et al.* (2022) “Digital Twin for Urban Planning in the Green Deal Era: A State of the Art and Future Perspectives,” *Sustainability (Switzerland)*, 14(10). Available at: <https://doi.org/10.3390/su14106263>.
- Chen, Z. *et al.* (2024) “Metaverse for smart cities: A survey,” *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*. KeAi Communications Co., pp. 203–216. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2023.12.002>.
- Correia, D. *et al.* (2023) “Participatory methodology guidelines to promote citizens participation in decision-making: Evidence based on a Portuguese case study,” *Cities*, 135. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2023.104213>.
- Dai, Y., Hasanefendic, S. and Bossink, B. (2024) “A systematic literature review of the smart city transformation process: The role and interaction of stakeholders and technology,” *Sustainable Cities and Society*. Elsevier Ltd. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.105112>.
- Dembski, F. *et al.* (2020) “Urban digital twins for smart cities and citizens: The case study of herrenberg, germany,” *Sustainability (Switzerland)*, 12(6). Available at: <https://doi.org/10.3390/su12062307>.
- Deng, T., Zhang, K. and Shen, Z.J. (Max) (2021) “A systematic review of a digital twin city: A new pattern of urban governance toward smart cities,” *Journal of Management Science and Engineering*, 6(2), pp. 125–134. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jmse.2021.03.003>.
- Diaz-Sarachaga, J.M. (2025) “Developing an assessment governance framework for urban digital twins: Insights from smart cities,” *Cities*, 156. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105558>.
- Gkontzis, A.F. *et al.* (2024) “Enhancing Urban Resilience: Smart City Data Analyses, Forecasts, and Digital Twin Techniques at the Neighborhood Level,” *Future Internet*, 16(2). Available at: <https://doi.org/10.3390/fi16020047>.
- Grincheva, N. (2025) “Towards creative and smart urban sustainability: Understanding smart cultural data intelligence (the case of Singapore),” *Cities*, 166. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2025.106216>.
- Huang, J., Bibri, S.E. and Keel, P. (2025) “Generative spatial artificial intelligence for sustainable smart cities: A pioneering large flow model for urban digital twin,” *Environmental Science and Ecotechnology*, 24. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ese.2025.100526>.
- Katsumbe, T.H. *et al.* (2024) “Extraction of the essential elements for urban systems modelling – A word-to-vector approach,” *City and Environment Interactions*, 24. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2024.100166>.
- Kavouras, I. *et al.* (2025) “Empowering Communities Through Gamified Urban Design Solutions,” *Smart Cities*, 8(2). Available at: <https://doi.org/10.3390/smartcities8020044>.
- Lieven, C. (2017) “DIPAS - Towards an integrated GIS-based system for civic participation,” in *Procedia Computer Science*. Elsevier B.V., pp. 2473–2485. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.08.182>.
- Luo, J., Liu, P. and Cao, L. (2022) “Coupling a Physical Replica with a Digital Twin: A Comparison of Participatory Decision-Making Methods in an Urban Park Environment,” *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(8). Available at: <https://doi.org/10.3390/ijgi11080452>.
- Meta, I. *et al.* (2022) “A physiology-inspired framework for holistic city simulations,” *Cities*, 126. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103553>.
- Moher, D. *et al.* (2009) “Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement,” *PLoS Medicine*. Public Library of Science. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>.
- Mortaheb, R. and Jankowski, P. (2023) “Smart city re-imagined: City planning and GeoAI in the age of big data,” *Journal of Urban Management*, 12(1), pp. 4–15. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jum.2022.08.001>.
- Moufid, O., Prahraj, S. and Jarar Oulidi, H. (2025) “Digital technologies in urban regeneration: A systematic review of literature,” *Journal of Urban Management*, 14(1), pp. 264–278. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jum.2024.11.002>.
- Najafi, P. *et al.* (2023) “A user-centred virtual city information model for inclusive community design: State-of-art,” *Cities*, 134. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2023.104203>.
- Nochta, T. *et al.* (2021) “A Socio-Technical Perspective on Urban Analytics: The Case of City-Scale Digital Twins,” *Journal of Urban Technology*, 28(1–2), pp. 263–287. Available at: <https://doi.org/10.1080/10630732.2020.1798177>.
- Olszewski, R. and Wendland, A. (2021) “Digital Agora – Knowledge acquisition from spatial databases, geoinformation society VGI and social media data,” *Land Use Policy*, 109. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105614>.

- Palla, A. *et al.* (2024) “Participatory Approach to Planning Urban Resilience to Climate Change: Brescia, Genoa, and Matera—Three Case Studies from Italy Compared,” *Sustainability (Switzerland)*, 16(5). Available at: <https://doi.org/10.3390/su16052170>.
- Peldon, D. *et al.* (2024) “Navigating urban complexity: The transformative role of digital twins in smart city development,” *Sustainable Cities and Society*, 111. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105583>.
- Roversi, R. (2024) “Urban Digital Twins as socio-technical infrastructures for city regeneration and decarbonization,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Institute of Physics. Available at: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1402/1/012065>.
- Schrotter, G. and Hürzeler, C. (2020) “The Digital Twin of the City of Zurich for Urban Planning,” *ISPRS International Journal of Geoinformation Science*, 88(1), pp. 99–112. Available at: <https://doi.org/10.1007/s41064-020-00092-2>.
- Shahat, E., Hyun, C.T. and Yeom, C. (2021) “City digital twin potentials: A review and research agenda,” *Sustainability (Switzerland)*. MDPI AG. Available at: <https://doi.org/10.3390/su13063386>.
- Sharifi, A., Amirzadeh, M. and Khavarian-Garmsir, A.R. (2025) “The metaverse as a future form of smart cities: A systematic literature review of co-benefits and trade-offs for sustainable development goals,” *Cities*, 161. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2025.105879>.
- Weil, C. *et al.* (2023) “Urban Digital Twin Challenges: A Systematic Review and Perspectives for Sustainable Smart Cities,” *Sustainable Cities and Society*, 99. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104862>.
- Wu, L. and Leng, J. (2025) “An Overview of Sustainable Urban Regeneration Development: A Synergistic Perspective of CIM and BIM,” *Buildings*, 15(5). Available at: <https://doi.org/10.3390/buildings15050833>.
- Yu, D. *et al.* (2025) “Lifecycle management of urban renewal enabled by Internet of Things: Development, application, and challenges,” *Results in Engineering*. Elsevier B.V. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.105706>.
- Zahid, H. *et al.* (2025) “A review on socio-technical transition pathway to European super smart grid: Trends, challenges and way forward via enabling technologies,” *Results in Engineering*. Elsevier B.V. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.104155>.

Websites

- Arctic Startup: Helsinki's 3D city model has generated tens of application ideas. *year 2017*. Last accessed: 1 September 2025: <https://arcticstartup.com/helsinkis-3d-city-model-generated-tens-application-ideas/>
- Helsinki Region Infoshare: Helsinki's 3D town models for use. Hami Kekkonen, *year 2017*. Last accessed: 1 September 2025: <https://hri.fi/fi/helsingin-3d-kaupunkimallit-kayttoon/>
- American Planning Association: Smart City Digital Twins Are a New Tool for Scenario Planning. Petra Hurtado and Alexandra Gomez *year 2021*. Last accessed: 1 September 2025: <https://www.planning.org/planning/2021/spring/smart-city-digital-twins-are-a-new-tool-for-scenario-planning/>

Università e spazio pubblico post-pandemia. Dal trauma all'innovazione nella trasformazione degli atenei come spazi urbani pubblici

Flavio Martella

Università degli Studi Roma Tre
Dipartimento di Architettura
flavio.martella@uniroma3.it

Giovanni Caudò

Università degli Studi Roma Tre
Dipartimento di Architettura
giovanni.caudò@uniroma3.it

Federica Fava

Università degli Studi Roma Tre
Dipartimento di Architettura
federica.fava@uniroma3.it

Vasiliki Fragkaki

Università degli Studi Roma Tre
Dipartimento di Architettura
vasiliki.fragkaki@uniroma3.it

Abstract

La pandemia da COVID-19 ha trasformato l'università, accelerando digitalizzazione e riconfigurazione spaziale, ridefinendone il ruolo come infrastruttura pubblica e il rapporto con il contesto urbano. La ricerca, integrando spatial turn e transition studies, analizza le trasformazioni dell'istruzione superiore attraverso sei macroaree: esigenze spaziali, digitalizzazione, comportamento degli studenti, prospettiva di genere, gestione, sicurezza e privacy. Tramite revisione della letteratura, interviste semi-strutturate con stakeholder (rettori, docenti, studenti, bibliotecari, associazioni accademiche) e analisi qualitativa comparativa, emergono nicchie di innovazione: hub multifunzionali, modelli pedagogici flessibili, spazi esterni educativi e attenzione al benessere psicofisico. Tuttavia, disuguaglianze digitali e di genere evidenziano criticità sulla publicness, minacciata da logiche di mercato. I risultati sollecitano una governance inclusiva per consolidare le innovazioni, rendendo l'università un laboratorio urbano per equità, sostenibilità e benessere, in dialogo con le politiche urbane.

Parole chiave: Spazi universitari; transizione digitale; apprendimento ibrido

1 | Introduzione

A seguito della pandemia di Covid-19, il sistema universitario italiano e internazionale ha attraversato un momento di profonda discontinuità che ha messo in discussione le pratiche consolidate didattiche, organizzative e spaziali. Con l'inizio della pandemia, gli atenei sono stati costretti a ripensare rapidamente le loro procedure operative, trasformando l'università da un luogo di incontro collettivo a un sistema aperto supportato da connessioni digitali e piattaforme telematiche. Questo cambiamento non è stato solamente temporaneo; invece, ha aperto una fase di sperimentazione forzata che ha sollevato questioni fondamentali sulla natura dell'università come infrastruttura pubblica e sul suo rapporto con il contesto sociale e urbano. L'ipotesi centrale di questo studio è che lo spazio sia un argomento essenziale per studiare e sostenere le transizioni. Per questo motivo, la ricerca combina programmaticamente i "transition studies" e lo "spatial turn" delle scienze sociali per esaminare il ruolo della produzione spaziale nei processi di cambiamento. La pandemia ha amplificato le fragilità preesistenti del sistema universitario italiano, secondo la letteratura accademica internazionale pubblicata dopo la pandemia. Tra queste, emerge la progressiva erosione demografica universitaria. Le iscrizioni nelle università tradizionali hanno infatti registrato un calo del 5-10% annuo, mentre le università telematiche hanno registrato un aumento significativo (30% annuo dal

2020 al 2023, raggiungendo circa 160.000 iscritti nel 2023) (Banca d'Italia, 2025; Corte dei Conti, 2025). Inoltre, la riduzione delle risorse pubbliche ha aumentato le disparità tra gli atenei metropolitani e periferici, con l'Italia che dedica solo l'8% del budget statale all'università rispetto al 9,9% medio dell'UE. Ciò rende più difficile implementare innovazioni organizzative e spaziali (Ministero dell'Economia, 2021).

Lo “spatial turn” offre una prospettiva interpretativa utile in questo contesto, considerando gli spazi universitari come strumenti pedagogici che modellano gerarchie, appartenenze e interazioni piuttosto che semplici contenitori funzionali. Lo spatial turn ha rivalutato la funzione della spazialità nel pensiero sociale, superando i tradizionali dualismi di città e campagna o urbano e rurale (Soja, 2000). Questo cambiamento è iniziato dai grandi studi di Lefebvre (1974) e Foucault (1984). È stato poi sottolineato da Harvey (1985) che ogni ciclo di circolazione del capitale è territorializzato, deterritorializzato e riterritorializzato in un intreccio tra fissità e movimento. Questo processo è guidato dalla necessità di stabilizzare configurazioni spaziali per produrre plusvalore (Brenner, 1998). L'avvento della società dell'informazione e dello “spazio dei flussi” (Castells, 1996) ha relativizzato la prossimità, generando discussioni sulla “morte della distanza” (Florida et al., 2020), ma le città continuano ad essere importanti luoghi di aggregazione per l'economia culturale-cognitiva. Le crisi ambientali hanno reso più evidente la spazialità, richiedendo nuovi paradigmi epistemologici per comprendere l'interazione tra prossimità e distanza (Davoudi et al., 2018). Tuttavia, la letteratura sullo spatial turn non è riuscita a ripensare le politiche urbane perché è spesso fondata su idee spaziali rigide e obsolete (Brenner, 2014; Soja, 2000).

I “transition studies”, dal canto loro, offrono un approccio multidisciplinare per esaminare le dinamiche delle transizioni sistemiche e dell'innovazione socio-tecnica (Geels, 2002). L'ingiustizia spaziale è aumentata a causa della pandemia, che ha messo in luce i cambiamenti nelle dinamiche spaziali che erano già stati studiati, come la combinazione di prossimità e distanza (Florida et al., 2020). Gli shock come il COVID-19 non causano disgregazioni strutturali senza causare cambiamenti a lungo termine in più sistemi socio-tecnici, secondo i transition studies (Kivimaa et al., 2021). Ciò suggerisce che le scoperte pandemiche hanno avuto un impatto sulle abitudini sociali senza alterare significativamente le infrastrutture sottostanti. Ciò consente agli studenti di studiare come la produzione di spazio può aiutare a transire verso modelli più resilienti (Mazzucato & Kattel, 2020).

Un altro concetto che è emerso nella letteratura è quello delle “civic universities”, che vede l'ateneo come un'istituzione strettamente collegata al territorio e in grado di promuovere equità educativa, inclusione sociale e benessere collettivo, in contrasto con modelli manageriali che si concentrano sulla competizione globale (Urban@it, 2025). Questo paradigma suggerisce una nuova prospettiva sullo spazio universitario: superando la logica della “torre d'avorio” e riconoscendo il suo ruolo come infrastruttura relazionale, lo si considera poroso, accessibile e generativo di alleanze urbane. Lo stato dell'arte prodotto a partire dalla pandemia mostra una tensione tra il desiderio di tornare alla “normalità” preesistente e la necessità di prendere in considerazione le lezioni imparate durante la crisi. Molti atenei hanno deciso di tornare automaticamente alle pratiche tradizionali, spesso a causa di scarse risorse o una governance nazionale inadeguata (Banca d'Italia, 2025).

Il progetto PRIN “Plastic or Elastic? Exploring the spatialities of post-COVID 19”, condotto dal Politecnico di Milano, dall'Università degli Studi Roma Tre e dall'Università di Firenze, esplora le trasformazioni organizzative, strutturali e spaziali causate dalla pandemia e le loro conseguenze per l'istruzione superiore tradizionale.

2 | Ipotesi, obiettivi e metodologia

L'ipotesi principale della ricerca è che la pandemia di COVID-19 non sia stata solo un evento disgregativo, ma un catalizzatore di trasformazioni che potrebbero ridefinire l'università come uno spazio pubblico urbano resiliente e inclusivo, a condizione che sia supportato da una governance e da risorse adeguate (Mazzucato & Kattel, 2020). Nonostante la prevalente tendenza a tornare alle configurazioni pre-pandemiche, si pensa che esistano nicchie di innovazione che sono emerse dalle esperienze fatte durante la crisi e che possono essere utilizzate per promuovere un modello di università civiche più equo e integrato nel territorio (Urban@it, 2025). La base di questa ipotesi è che lo spazio universitario, inteso come dispositivo relazionale, può cambiare e essere influenzato da processi di riterritorializzazione influenzati da elementi sociali, economici e demografici (Florida et al., 2023). In particolare, la ricerca sostiene che la pandemia abbia causato cambiamenti significativi nella produzione, organizzazione e fruizione dello spazio. Questa ricerca sta esaminando gli effetti e le possibilità di una riorganizzazione permanente delle pratiche e degli immaginari urbani al fine di trovare soluzioni più sostenibili e appropriate (Brenner, 1998; Harvey, 2014).

Gli obiettivi principali della ricerca sono: mappare le fragilità sistemiche accentuate dalla pandemia, come la contrazione demografica e la lotta per le università online; identificare i percorsi di innovazione digitale e spaziale che sono emersi durante la crisi; proporre un approccio integrato per collegare le trasformazioni organizzative, spaziali e sociali per orientare il futuro dell'istruzione superiore verso modelli più inclusivi e sostenibili. La ricerca si concentra su sei macroaree di trasformazione: esigenze spaziali, digitalizzazione, comportamento degli studenti, prospettiva di genere, gestione, sicurezza e privacy. Lo scopo è capire come queste dinamiche possano contribuire a un'università più porosa e relazionale. Nel contesto più ampio del progetto, che seleziona quattro ambiti urbani distintivi (attività culturali, ricreative e turistiche; mobilità di persone e merci; istruzione universitaria; attività manifatturiere), l'obiettivo è esplorare la rinegoziazione dello spazio urbano generato dall'adattamento pandemico, individuandone i potenziali nei processi di transizione di portata più ampia, con un' enfasi sull'impatto delle trasformazioni sull'istruzione superiore per delineare criticità, nicchie di innovazione e strategie per nuove politiche urbane (Florida et al., 2020; Kivimaa et al., 2021).

Dal punto di vista metodologico, il progetto è suddiviso in quattro fasi che si svolgeranno nel corso di due anni. L'obiettivo del progetto è quello di esaminare ciò che è accaduto durante la pandemia e ciò che si è sedimentato fino ad oggi, offrendo opportunità per migliorare le buone pratiche. Prima, una revisione sistematica della letteratura ha mappato i discorsi internazionali sulla riconfigurazione spaziale post-pandemica, identificando i principali problemi e lacune, come il ruolo limitato dell'università come attore urbano nella transizione verso sostenibilità e resilienza. Nella seconda fase sono stati identificati i principali partecipanti ai processi di cambiamento (stakeholders): Rettori, direttori generali, rettrici di atenei pubblici e telematici, direttori generali, rettrici di atenei telematici e per stranieri, fondatori di associazioni di docenti e ricercatori e rappresentanti di associazioni accademiche sono stati scelti per la loro varietà di punti di vista. Interviste semi-strutturate sono state utilizzate per stimolare racconti spontanei e introdurre nuovi argomenti. Sono stati esaminati argomenti come il ruolo della digitalizzazione nella ridefinizione degli spazi, le opinioni degli studenti sulle nuove modalità di fruizione degli atenei, l'impatto delle trasformazioni sui modelli di governance e le dinamiche di genere che sono emerse dopo la pandemia.

Con un'attenzione specifica alle percezioni vissute e alle esperienze narrate, l'analisi dei dati qualitativi ha utilizzato una codifica tematica integrata da un approccio comparativo per evidenziare pattern ricorrenti, convergenze e divergenze tra diversi contesti istituzionali. Grazie a questi pattern ripetuti, è stato possibile identificare le aree in cui si sono verificate più innovazioni. Questi "casi studio ispirazionali" sono stati il centro della terza fase del progetto, la fase attuale. Anche questi casi studio sono stati contattati tramite interviste semi-strutturate. Infine, la quarta fase consisterà nella creazione di un sistema per i risultati ottenuti. Ciò fornirà una panoramica completa.

3 | Traiettorie

Le lezioni della pandemia e le prospettive per il cambiamento dell'università come spazio pubblico urbano sono intrecciate in un percorso discorsivo che mira all'ateneo come ecosistema multifunzionale e dinamico. La dialettica tra ritorni e resistenze è al centro di questa indagine: da un lato, la tendenza prevalente è quella di ripristinare le condizioni pre-pandemiche, archiviando le sperimentazioni digitali come strumenti emergenziali; dall'altro, l'intenzione di sfruttare le aperture imposte dalla crisi per innovare pratiche organizzative e spaziali, sfruttando le opportunità emerse per superare le fragilità sistemiche del sistema universitario (Banca d'Italia, 2025; Corte dei Conti, 2025). Questa dinamica non è lineare, ma mostra la complessità di un sistema universitario che sta affrontando sfide demografiche, economiche e relazionali. Le conseguenze della pandemia includono un calo delle iscrizioni alle scuole tradizionali e un aumento delle iscrizioni alle scuole online (Almalaurea, 2023; ANVUR, 2023).

Un filo conduttore chiave che emerge è la trasformazione spaziale: la pandemia ha chiarito che gli spazi universitari non sono neutri; invece, sono attori attivi nel creare comunità, vicinanza e inclusione. I risultati delle interviste mostrano che la chiusura dei campus come luoghi comunitari abbia avuto un impatto negativo sulle condizioni psicofisiche degli studenti, degli insegnanti e del personale amministrativo. Ciò ha spesso spinto verso una ridefinizione dei campus come luoghi di socialità e benessere (IAU, 2022; Stankovska et al., 2022). I campus aperti, che sono stati spesso sottoutilizzati durante la pandemia, offrono la possibilità di creare ambienti educativi permanenti che possono ospitare attività didattiche e promuovere un modello educativo più sostenibile che riduca la dipendenza dalle aule tradizionali. Tuttavia, in molti casi l'integrazione tra spazi interni e aperti è ancora limitata, e molti stakeholder credono che il potenziale del campus come elemento di connessione con la città non sia stato completamente sfruttato.

La digitalizzazione, accelerata dalla crisi, ha portato a ecosistemi ibridi in cui spazi fisici e piattaforme virtuali si integrano. Tuttavia, ha anche sollevato la questione dell'esclusione degli studenti con accesso limitato alle tecnologie, amplificando le disparità digitali e sociali (Abdrasheva et al., 2022). Le rettrici di atenei telematici, come Maria Amata Garito di UniNettuno, sottolineano come le università tradizionali abbiano avuto difficoltà a creare pedagogie specifiche per l'insegnamento digitale, spesso limitandosi a implementare tecniche tradizionali in ambienti virtuali. Anche se l'istruzione online ha dato agli studenti la possibilità di personalizzare l'apprendimento, ha portato a sentimenti di isolamento e percezioni di distanza sociale dai docenti, compromettendo il senso di appartenenza alla comunità universitaria. Se utilizzate con approcci pedagogici appropriati, le piattaforme digitali possono promuovere un apprendimento attivo e democratico (Galuppo et al., 2022). Tuttavia, richiedono formazione continua degli insegnanti e investimenti in infrastrutture telematiche per garantire equità di accesso (García-Morales et al., 2021).

Il comportamento degli studenti mostra una crescente inquietudine per la rigidità dello spazio degli atenei, con una domanda di luoghi in cui gli studenti possono incontrarsi, coabitare e condividere informazioni che vanno oltre la semplice comunicazione di informazioni. Le interviste con gli studenti sottolineano una "domanda di tempo", che è l'aumento degli orari di accesso ai servizi universitari, nonché l'importanza di spazi polivalenti per promuovere "legami deboli" e relazioni di bassa intensità, che sono state vietate durante la pandemia a causa dei divieti di aggregazione (Leal Filho et al., 2022). Come confermato dall'aumento della domanda di servizi di supporto psicologico e di aree dedicate al benessere emotivo, questi spazi comuni, come aree comuni o aree all'aperto, sono essenziali per ricostruire un senso di comunità e rispondere al disagio psicologico che si è verificato sia durante che dopo una crisi (Rasli et al., 2022). Una strada possibile che emerge per rispondere a queste esigenze è la riconfigurazione delle aule per attività collaborative in modalità mista o la trasformazione delle biblioteche in hub digitali e di co-working.

La prospettiva di genere aggiunge complessità, mostrando come la pandemia abbia aumentato le disparità nel bilanciamento tra lavoro accademico e domestico, con un impatto sproporzionato sulle donne docenti e ricercatrici, che spesso sono impegnate nella cura (Dönmez, 2022). Tuttavia, la crisi ha aperto la strada a modelli più equi, come politiche di supporto alla conciliazione e flessibilità lavorativa; questi modelli potrebbero essere consolidati in una governance più inclusiva. Le traiettorie mostrano inoltre che le strutture devono essere più flessibili anche a livello gestionale, in grado di pianificare piani a lungo termine e coordinare le risposte alle emergenze. Le interviste con rettori e direttori generali evidenziano come la gestione delle risorse durante la pandemia abbia richiesto una rapida riconfigurazione degli spazi, come la trasformazione di laboratori in aule o la creazione di percorsi sicuri; ciò suggerisce un futuro di infrastrutture universitarie più adattative (Gamage, 2023).

Infine, la transizione digitale ha aumentato i problemi di sicurezza e privacy e ha sollevato questioni morali sulla protezione dei dati e sull'accessibilità equa. L'aumento degli attacchi informatici durante la pandemia ha spinto le università a mettere in atto misure di sicurezza più severe, ma la creazione di una cultura della sicurezza informatica continua a essere una priorità trasversale (Kivimaa et al., 2021). Complessivamente, queste traiettorie orientano verso un'università non più isolata, ma intrecciata con il territorio, capace di rispondere a bisogni emergenti di prossimità e benessere (Urban@it, 2025). L'università potrebbe essere riconfigurata come hub di servizi ibridi e come attore urbano chiave nella costruzione di città più resilienti e inclusive. Queste nicchie di innovazione includono il concetto di "smart campus", l'uso di spazi esterni come ambienti educativi permanenti e l'adozione di modelli pedagogici innovativi come la classe invertita. Per superare il paradigma funzionalista, è necessario integrare le dimensioni fisica, sociale, emotiva e digitale in un progetto di intra-azione che riconosca l'emergenza reciproca di soggetti e spazi attraverso pratiche collaborative e relazionali (Barad, 2007; Harding, 2020).

4 | Stakeholders

Per calibrare la ricerca verso una maggiore concretezza e rilevanza nel contesto attuale, sono state condotte interviste con una vasta gamma di parti interessate, tra cui rettori, rettrici, direttori generali, docenti, studenti, bibliotecari, rappresentanti di associazioni accademiche e editori. Queste conversazioni hanno fornito una panoramica completa delle dinamiche successive alla pandemia. La selezione degli interlocutori, che ha incluso figure strategiche come Alessandra Petrucci (Rettrice dell'Università di Firenze), Ferruccio Resta (ex Rettore del Politecnico di Milano), Maria Amata Garito (Rettrice di UniNettuno), Emilia Zankina (Dean del Campus di Temple University di Roma) e rappresentanti esterni come Maurizio Messina (Vicepresidente dell'Associazione Italiana Editori), ha permesso di cogliere prospettive diverse, riflettendo le specificità di attenzione (Camera dei Deputati, 2022; CRUI, 2020).

I vertici accademici hanno sottolineato la capacità delle università di adattarsi rapidamente alle restrizioni pandemiche. Ad esempio, le attività in presenza sono state sospese dal 5 marzo 2020 (D.P.C.M. 04/03/2020) e la didattica a distanza è stata imposta in modo forzato. Tuttavia, sottolineano che la mancanza di risorse ha limitato la possibilità di trasformare le sperimentazioni emergenziali in innovazioni strutturali, con molte istituzioni che hanno preferito un ritorno alla "normalità" piuttosto che investire in nuovi modelli organizzativi (CRUI, 2021). I direttori generali, come Alberto Attanasio (Università RomaTre) e Marcus Zepf (Ecole d'Urbanisme de Paris), hanno sottolineato la difficoltà di gestire la riconfigurazione degli spazi fisici, come la creazione di percorsi sicuri e la conversione temporanea di laboratori in aule, mettendo in evidenza la necessità di infrastrutture più flessibili per rispondere a future emergenze.

I docenti invece hanno espresso preoccupazione per la mancanza di interazione diretta con gli studenti a causa della transizione digitale, che ha richiesto un rapido adattamento a piattaforme online senza una formazione pedagogica specifica adeguata. Pur mantenendo la continuità didattica, questa transizione ha spesso danneggiato la qualità dell'insegnamento, in particolare nelle discipline STEM che richiedono laboratori pratici, dove le opportunità di ricerca e apprendimento esperienziale sono state limitate da un accesso limitato alle attrezzature. Gli studenti, attraverso un incontro seminariale a "tavola rotonda" con ventidue partecipanti e interviste di gruppo, hanno espresso un senso di alienazione riguardo alla divisione degli spazi universitari post-pandemia. Essi richiedono luoghi che promuovano la socialità spontanea e il senso di appartenenza, criticando la rigidità delle strutture tradizionali e suggerendo spazi multifunzionali che integrino studio, socialità e benessere. La loro esperienza mostra come l'isolamento ha aumentato il disagio psicologico e ha spinto a cercare spazi sicuri per il confronto e il supporto reciproco (Galuppo et al., 2022; Rasli et al., 2022).

I bibliotecari, come quelli della Facoltà di Architettura di Roma Tre, hanno sottolineato il ruolo delle biblioteche come luoghi di socializzazione, incontro e apprendimento. Hanno suggerito che le biblioteche dovrebbero trasformarsi in hub digitali e luoghi di co-working. I membri di associazioni accademiche, tra cui Francesco Sylos Labini di ROARS (Return On Academic Research And School), hanno sottolineato quanto sia importante mantenere l'università come luogo in cui le persone discutano e producono insieme il sapere. Hanno anche espresso preoccupazioni sul fatto che la digitalizzazione possa portare a un'individualizzazione eccessiva a scapito della dimensione comunitaria. Gli editori, come Maurizio Messina, hanno sottolineato quanto siano importanti le risorse bibliografiche elettroniche durante la pandemia. Tuttavia, come dimostra la petizione per l'accesso aperto alle risorse digitali, c'è anche la sfida di garantire un accesso equo.

Con l'aiuto di questi punti di vista, è stato possibile affinare il percorso della ricerca e trasformarlo in un'indagine situata che cerca opportunità di sviluppo e valorizza le esperienze che sono state vissute. Ad esempio, l'aumento del disagio psicologico, confermato da tutti gli stakeholder, ha spinto alcune università a aumentare i servizi di counseling e a creare spazi dedicati al benessere, come aree di relax o centri di ascolto. Ciò suggerisce un'evoluzione dell'ambiente educativo verso una dimensione più olistica che include aspetti affettivi e relazionali. Ad esempio Roma Tre, in partenariato con l'Università di Roma Tor Vergata, l'Università di Cassino e Lazio Meridionale, l'Università LUISS Guido Carli, l'Università Campus Biomedico, l'Accademia Nazionale di Danza e il Conservatorio Santa Cecilia, è impegnata nel progetto PRO-BEN finanziato dal MUR per la promozione del benessere psicofisico e al contrasto ai fenomeni di disagio psicologico ed emotivo della popolazione studentesca. L'obiettivo di questo progetto è promuovere il benessere psicologico nella popolazione studentesca attraverso la creazione di percorsi di inclusione e crescita personale ed emotiva, nonché la prevenzione e il contrasto di fattori di rischio per il malessere psicologico. Le interviste hanno anche mostrato l'idea di un smart campus, che include piattaforme digitali che monitorano l'occupazione degli spazi e promuovono un uso più efficiente delle risorse, e l'importanza degli spazi esterni come ambienti educativi permanenti, anche se sono stati limitati durante la pandemia.

In conclusione, le osservazioni degli stakeholder hanno migliorato l'indagine, guidando verso soluzioni collaborative che soddisfino le esigenze di flessibilità, inclusività e benessere. La loro esperienza ha evidenziato non solo i problemi educativi e gestionali, ma anche il futuro dell'università come attore urbano che può creare reti di valore a livello locale e internazionale, contribuendo a un cambiamento verso un'istruzione superiore più resiliente e integrata con la città (Urban@it, 2025).

5 | Discussione

Alcune nicchie di innovazione che sono emerse, potrebbero essere lasciate significative ed offrire prospettive generali per un ripensamento dell'istruzione superiore come spazio pubblico dinamico e integrato con il contesto urbano, anche se le trasformazioni causate dalla pandemia non hanno ancora portato a

cambiamenti strutturali significativi nel sistema universitario italiano. Sebbene queste nicchie, che sono nate dall'adattamento forzato alla crisi, non siano ancora un paradigma consolidato, offrono idee promettenti per esaminare come l'università può cambiare verso modelli più flessibili, inclusivi e resilienti, sfruttando le opportunità che sono emerse in modo contingente ma potenzialmente duraturo. In effetti, le sperimentazioni generate dalla pandemia, sebbene limitate, suggeriscono modi per superare le regole tradizionali degli atenei, favorendo un approccio più aperto alla multifunzionalità degli spazi e alle interazioni ibride digitale e fisica.

Una di queste nicchie riguarda la riconfigurazione degli spazi universitari come ambienti adatti e polivalenti. Laboratori e corridoi, che sono stati riadattati durante l'emergenza per garantire distanziamento, hanno rivelato un potenziale per usi flessibili che vanno oltre la funzione emergenziale. Ad esempio, le biblioteche e le aree comuni si sono evolute in luoghi di socializzazione e lavoro insieme, suggerendo un'evoluzione verso hub multifunzionali che integrano tecnologie interattive per promuovere attività interdisciplinari e interazioni spontanee, creando una maggiore connessione con la città circostante. Gli spazi esterni dei campus, che erano spesso sottoutilizzati durante le restrizioni, hanno anche dimostrato un valore inesplorato come ambienti educativi permanenti. I cortili e i giardini potrebbero ospitare lezioni o workshop, promuovendo un'educazione sostenibile che riduce la dipendenza da spazi interni e valorizza la vicinanza urbana.

La transizione forzata alla didattica a distanza ha portato a modelli innovativi in pedagogia come la flipped classroom. Questa forma di istruzione consente agli studenti di utilizzare autonomamente i contenuti teorici su Internet, riservando il tempo in classe a discussioni pratiche e collaborative. Questa pratica, apprezzata per la sua flessibilità, potrebbe estendersi a curricula che personalizzano l'esperienza di apprendimento, utilizzando la realtà virtuale per simulazioni immersive, in particolare in discipline tecniche, e promuovendo un apprendimento attivo che soddisfa esigenze diverse. In ambito digitale, le partnership internazionali si sono rafforzate attraverso piattaforme online, rendendo l'internazionalizzazione più accessibile e aprendo a partnership globali che superano i confini fisici. Ciò ha il potenziale per democratizzare l'accesso alla conoscenza senza sacrificare la dimensione relazionale.

L'attenzione sul benessere psicofisico è aumentata a causa della pandemia, con iniziative come programmi di supporto emotivo che integrano aree dedicate al relax e al confronto, riconoscendo che l'università aiuta anche la salute relazionale e l'apprendimento. Questo lascito suggerisce un approccio olistico, in cui gli spazi per la socialità e il riposo diventano parte integrante dell'infrastruttura educativa per promuovere l'inclusione e il disagio. Inoltre, l'attenzione crescente sulla sostenibilità energetica, spinta dall'uso intensivo degli spazi durante la crisi, ha portato a soluzioni come edifici intelligenti che ottimizzano le risorse in base all'occupazione reale, contribuendo a un modello universitario più sostenibile per l'ambiente.

Queste nicchie, anche se fragili, indicano un percorso verso un'università che partecipa attivamente alla rigenerazione urbana e funge da hub per servizi ibridi e collaborazioni comunitarie, dove la ricerca si combina con l'impatto sociale locale. Tuttavia, considerare attentamente il concetto di publicness dell'università pone domande sulla portata effettiva di queste innovazioni. La capacità dell'università di essere uno spazio accessibile, inclusivo e generativo di valori collettivi rischia di essere compromessa da dinamiche di mercato che privilegiano la competizione accademica e la rendita immobiliare rispetto alla missione civica. In seguito alla pandemia, è emerso che l'accesso alle risorse digitali e all'ambiente fisico non è stato equamente distribuito. Studenti e ricercatori in contesti svantaggiati sono stati spesso esclusi dalle opportunità offerte da piattaforme online o da spazi fisici riconfigurati (Abdrasheva et al., 2022). Inoltre, la partecipazione del pubblico può essere ridotta a una retorica vuota e lontana dall'idea di un'università come bene comune che risponde alle esigenze del territorio, a causa della tendenza a replicare modelli gestionali aziendali, come l'adozione di piattaforme digitali proprietarie o la trasformazione di spazi in "vetrine" di eccellenza. La sfida rimane quella di sviluppare queste idee in un contesto di risorse limitate, trasformandole in pratiche scalabili che rispondano alle complessità del presente e promuovere un'istruzione superiore come presidio di equità e resilienza territoriale, senza cedere a logiche che ne privatizzano o elitizzano l'accesso.

6 | Conclusioni

La pandemia da COVID-19 ha segnato un punto di svolta per il sistema universitario, costringendo gli atenei a confrontarsi con le proprie vulnerabilità e offrendo, al contempo, un'occasione unica per immaginare un futuro in cui l'università si configuri come un nodo vitale di reti urbane e sociali. Il progetto PRIN "Plastic or Elastic?" ha messo in luce come la crisi abbia agito come un laboratorio forzato, rivelando fragilità sistemiche ma anche stimolando sperimentazioni che, pur non ancora strutturate, aprono prospettive per un'istruzione superiore più dinamica e interconnessa con il territorio. L'analisi condotta

suggerisce che l'università non può più essere concepita come un'entità isolata, ma deve abbracciare un ruolo di presidio pubblico capace di promuovere equità, sostenibilità e benessere collettivo, superando la logica di una "torre d'avorio" avulsa dal contesto circostante (Urban@it, 2025).

Le nicchie di innovazione emerse rappresentano frammenti di un possibile modello di civic university che integra funzioni educative, sociali e urbane. Tuttavia, la fragilità di queste innovazioni, spesso confinate a contesti locali o a iniziative pilota, evidenzia la necessità di un impegno coordinato per trasformarle in pratiche scalabili. La pandemia ha dimostrato che il cambiamento è possibile anche in condizioni di scarsità, ma la sua sostenibilità dipende dalla capacità di superare le resistenze istituzionali e di investire in una governance capace di bilanciare flessibilità e visione strategica.

Un aspetto centrale emerso è la ridefinizione della "publicness" dell'università, che si estende oltre la trasmissione del sapere per includere il ruolo di catalizzatore di relazioni e di risposte alle esigenze emergenti delle comunità. Gli atenei hanno l'opportunità di diventare laboratori di sperimentazione urbana, dove la produzione di spazio si intreccia con pratiche di inclusione e resilienza, contribuendo a contrastare le ingiustizie spaziali amplificate dalla crisi. Progetti come il PRO-BEN, che coinvolge Roma Tre e altri atenei in un approccio olistico al benessere studentesco, o esperienze come il campus MIND di Milano, che integra ricerca e rigenerazione urbana, indicano direzioni promettenti, ma richiedono un impegno collettivo per non rimanere casi isolati.

Le implicazioni di queste trasformazioni si riverberano sulle politiche urbane, suggerendo la necessità di un dialogo più stretto tra università, enti locali e attori sociali per costruire città più giuste e sostenibili. La sfida futura sarà quella di consolidare le innovazioni pandemiche in un progetto di lungo termine, che valorizzi l'università come infrastruttura relazionale capace di rispondere alle complessità del presente e di anticipare le esigenze di un mondo in rapida trasformazione, promuovendo un modello educativo che sia al contempo radicato nel territorio e aperto al globale.

Riferimenti bibliografici

- Abdrasheva, D., Escribens, M., Sabzalieva, E., Vieira do Nascimento, D., & Yerovi, C. (2022). Resuming or reforming? Tracking the global impact of the COVID-19 pandemic on higher education after two years of disruption. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381749>
- AlmaLaurea. (2023). XXV indagine profilo dei laureati 2022 (Rapporto 2023). Consorzio Interuniversitario AlmaLaurea.
- ANVUR. (2023). Rapporto sul sistema della formazione superiore e della ricerca. Agenzia Nazionale di Valutazione del Sistema universitario e della Ricerca.
- Banca d'Italia (2025), Relazione annuale 2024, Banca d'Italia, Roma.
- Barad, K. M. (2007). Meeting the universe halfway: Quantum physics and the entanglement of matter and meaning. Duke University Press.
- Brenner, N. (1998). Global cities, glocal states: global city formation and state territorial restructuring in contemporary Europe. *Review of International Political Economy*, 5(1), 1–37. <https://doi.org/10.1080/096922998347633>
- Brenner, N. (Ed.). (2014). Implosions/explosions: Towards a study of planetary urbanisation. Jovis.
- Camera dei Deputati. (2022). Le misure adottate a seguito dell'emergenza Coronavirus (COVID-19) per il mondo dell'istruzione (scuola, istruzione e formazione professionale, università, Istituzioni AFAM). <https://temi.camera.it/leg18/temi/le-misure-adottate-a-seguito-dell-emergenza-coronavirus-COVID-19-per-il-mondo-dell-istruzione-scuola-istruzione-e-formazione-professionale-universit-istituzioni-afam.html>
- Castells, M. (2009). The rise of the network society. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781444319514>
- Corte dei Conti (2025), Relazione sul rendiconto generale dello Stato 2024, Corte dei Conti, Roma. <https://www.corteconti.it/HOME/Documenti/DettaglioDocumenti?Id=e9c4bb91-bbf1-44fd-8f03-2c6d617a2c55>
- CRUI. (2020). Resoconto del 23 aprile 2020. www.cru.it/resoconto-del-23-aprile-2020.html
- CRUI. (2021). Università: Per un Paese a prova di futuro. www.cru.it/universit%C3%A0-per-un-paese-a-prova-di-futuro.html
- Davoudi, S., Crawford, J., Raynor, R., Reid, B., Sykes, O., & Shaw, D. (2018). Policy and Practice Spatial imaginaries: Tyrannies or transformations? *Town Planning Review*, 89(2), 97–124. <https://doi.org/10.3828/tpr.2018.7>

- Dönmez, P. E. (2022). The COVID-19 pandemic, academia, gender, and beyond: A review. *Publications*, 10(3), 30. <https://doi.org/10.3390/publications10030030>
- Florida, R., Rodríguez-Pose, A., & Storper, M. (2023). Critical commentary: Cities in a post-COVID world. *Urban Studies*, 60(8), 1509–1531. <https://doi.org/10.1177/00420980211018072>
- Foucault, M. (1970). *The order of things: An archaeology of the human sciences*. Tavistock Publications. (Original work published 1966).
- Galuppo, L., Ripamonti, S., & Benozzo, A. (2022). University teachers and students in the pandemic: Connection, disconnection, and identity challenges. *Qwerty - Open and Interdisciplinary Journal of Technology, Culture and Education*, 17(2). <https://doi.org/10.30557/QW000058>
- Gamage, K. A. A. (Ed.). (2023). *Reshaping higher education for a post-COVID-19 world: Lessons learned and moving forward*. MDPI - Multidisciplinary Digital Publishing Institute. <https://doi.org/10.3390/books978-3-0365-7512-4>
- García-Morales, V. J., Garrido-Moreno, A., & Martín-Rojas, R. (2021). The transformation of higher education after the COVID disruption: Emerging challenges in an online learning scenario. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.616059>
- Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, 31(8–9), 1257–1274. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00062-8)
- Harding, N. (2020). Materialities and identities. In A. D. Brown (Ed.), *The Oxford Handbook of Identities in Organizations* (pp. 227–243). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780198827115.013.6>
- Harvey, D. (1985). *The urbanization of capital: Studies in the history and theory of capitalist urbanization*. Blackwell.
- Harvey, D. (2014). *Seventeen contradictions and the end of capitalism*. Oxford University Press, USA.
- International Association of Universities (IAU). (2022). *Higher Education: One Year into the COVID-19 Pandemic (IAU Global Survey Report)*.
- Kivimaa, P., Laakso, S., Lonkila, A., & Kaljonen, M. (2021). Moving beyond disruptive innovation: A review of disruption in sustainability transitions. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 38, 110–126. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2020.12.001>
- Leal Filho, W., Lange Salvia, A., Abubakar, I. R., Mifsud, M., Azadi, H., Sharifi, A., LeVasseur, T., Luetz, J. M., Velazquez, L., Singh, P., Pretorius, R., Akib, N. A. M., Savelyeva, T., Brandli, L., Muthu, N., & Lombardi, P. (2022). Impacts of the COVID-19 pandemic on routines of higher education institutions: A global perspective. *Sustainability*, 14(21). <https://doi.org/10.3390/su142114105>
- Lefebvre, H. (1991). *The production of space*. (D. Nicholson-Smith, Trans.). Blackwell. (Original work published 1974).
- Mazzucato, M., & Kattel, R. (2020). COVID-19 and public-sector capacity. *Oxford Review of Economic Policy*, 36(Supplement_1), 256–269. <https://doi.org/10.1093/oxrep/graa031>
- Ministero dell'Economia (2021), *Documento di Economia e Finanza*, Ministero dell'Economia e delle Finanze, Roma.
- Rasli, A., Tee, M., Lai, Y. L., Tiu, Z. C., & Soon, E. H. (2022). Post-COVID-19 strategies for higher education institutions in dealing with unknown and uncertainties. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.992063>
- Soja, E. W. (2000). *Postmetropolis: Critical studies of cities and regions*. Blackwell Pub.
- Stankovska, G., Memedi, I., & Pandilovska Grncarovska, S. (2022). *Impact of COVID-19 on Higher Education: Challenges and Opportunities*. (20; BCES Conference Books).
- Urban@it (2025). *Decimo Rapporto sulle città. L'università pubblica italiana per città e territori*. Il Mulino.

Antiche parole e nuove tecnologie: quando l'ontologia informatica del verde urbano (GreenTology) getta le basi per "un'aumentata" partecipazione pubblica

Ludovica Masia

Università degli Studi di Sassari

DADU- Dipartimento di Architettura, Design ed Urbanistica

l.masia24@phd.uniss.it

Abstract

Il concetto di "publicness" nella pianificazione urbana contemporanea affronta una profonda crisi di senso, aggravata dalla transizione digitale che ha accelerato l'atrofia dello spazio pubblico teorizzata da Bauman. Fenomeni come la gentrificazione e l'isolamento sociale minano la coesione democratica, trasformando i luoghi di condivisione in spazi di consumo ed esclusione. In questo contesto si inserisce GreenTology, nuova ontologia informatica, in fase di sviluppo nella personale tesi dottorale, che affronta le criticità ambientali urbane attraverso la valorizzazione del capitale naturale. Lo strumento utilizza il Web Semantico per creare quadri conoscitivi strutturati che facilitano la gestione del verde dalla scala locale all'area vasta. Definita attraverso un telaio concettuale (TBox), GreenTology descrive elementi ambientali e antropici con tassonomie precise, suggerendo azioni di adattamento climatico secondo un approccio multiscalare. La componente assertiva (ABox) produce possibili scenari specifici mediante linguaggio formale ed estensibile. L'ontologia migliora la comprensione dei fenomeni urbano-ambientali e fornisce strumenti per pianificare interventi mirati, incrementando la consapevolezza del rischio tra i cittadini e le cittadine. Inoltre, promuove l'agency urbana utilizzando le nuove tecnologie per ricucire il rapporto tra le persone e lo spazio pubblico, favorendo "un'aumentata" partecipazione ai processi decisionali e la realizzazione di città più resilienti e sostenibili.

Parole chiave: information technology, public spaces, participation

1 | Contesto, concetti e relazioni: la publicness oggi

La necessità di ripensare cosa significhi "essere pubblico" nasce dalla consapevolezza che le categorie interpretative tradizionali risultano inadeguate a cogliere la complessità delle trasformazioni urbane contemporanee e dei relativi processi socio-spaziali. La ridefinizione della "publicness" deve porre rilevanza sull'estensione del concetto di cittadinanza superando la classica dicotomia sfera pubblica e sfera privata.

La "publicness" contemporanea deve pertanto confrontarsi simultaneamente con questioni di accessibilità fisica, partecipazione democratica e rappresentatività simbolica, evidenziando come la qualità ambientale e strutturale degli insediamenti urbani sia interconnessa alle dimensioni etiche, sociali e politiche. Alla luce di questa complessità, tuttavia, questa prospettiva si scontra con dinamiche strutturali profonde che caratterizzano la città neoliberale contemporanea. Il processo teorizzato da David Harvey (2008) comporta una sistematica trasformazione dei beni comuni urbani in opportunità di accumulazione capitalistica. Questo fenomeno costituisce una strategia intenzionale di riorganizzazione capitalistica dello spazio urbano che subordina l'interesse pubblico alle logiche di mercato. La governance multi-livello che caratterizza le città contemporanee amplifica queste asimmetrie di potere, rendendo vacua la partecipazione democratica e velocizzando il processo teorizzato da Bauman dell'atrofia dello spazio pubblico (Bauman, 2000). In questo contesto, lo spazio pubblico si riorganizza intorno alla figura dominante del consumatore rispetto al cittadino, trasformando luoghi che dovrebbero essere destinati al confronto democratico, in spazi di consumo privilegiato dove l'accesso è regolato dalla capacità economica individuale.

Questa mercificazione dello spazio pubblico impedisce la formazione di relazioni sociali non mediate da logiche di scambio economico, restituendo forme di partecipazione sociale vincolate a scambi di natura commerciale che alterano in maniera significativa l'esperienza pubblica.

In maniera consecutiva tale situazione è stata esasperata dalla transizione digitale che ha radicalizzato questa frattura socio-spaziale, generando uno dei paradossi più significativi della contemporaneità urbana. Le tecnologie digitali promettono teoricamente connessione universale e partecipazione democratica estesa, ma producono di fatto forme più sottili e pervasive di isolamento sociale che Turkle (2011) concettualizza come "privatizzazione dell'esperienza collettiva". Attraverso questa dinamica, i social media consentono forme simulate di partecipazione ad eventi pubblici che mantengono gli individui fisicamente isolati, creando quello che la sociologa definisce "l'illusione della partecipazione".

Tale intromissione tecnologica nell'esperienza pubblica genera, inoltre, conseguenze come alcune forme di alienazione sociale configurando fenomeni di allontanamento collettivo e sostituzione relazionale che si manifestano sia a livello individuale che comunitario. Una modalità insidiosa di disgregazione e svalutazione della publicness è rappresentata dalla gentrificazione poiché il processo di espulsione sociale si realizza attraverso strategie di riqualificazione estetica e miglioramento infrastrutturale che funzionano come potenti marcatori di distinzione sociale.

Per quanto riguarda l'allontanamento individuale, invece, il fenomeno degli "hikikomori" (Saito, 2013) merita particolare attenzione poiché rappresenta la manifestazione più radicale di ritiro dal contratto sociale urbano contemporaneo (Hirschman, 1970). Tamaki Saito, che ha introdotto il termine nella letteratura, non concettualizza questo fenomeno come scelta individuale ma come risposta a pressioni sociali insostenibili e inadeguatezza qualitativa degli spazi pubblici.

Questi scenari di sostituzione spaziale e di alienazione relazionale producono conseguenze sistemiche per la partecipazione dei cittadini alla vita urbana, generando una crisi della rappresentanza.

2 | Antiche parole: Ontologia e ontologia

A proposito delle problematiche di rappresentanza e della necessità di cogliere la complessità multidimensionale del reale urbano, si inserisce il contributo di GreenTology, ontologia informatica, attualmente in fase di sperimentazione nella personale ricerca dottorale. Questa propone un approccio innovativo all'utilizzo delle tecnologie digitali non come ulteriore vettore di alienazione sociale, ma come dispositivo strumentale per la ricucitura dei legami sociali e ambientali che definiscono lo spazio pubblico contemporaneo.

L'approccio ontologico di GreenTology recupera consapevolmente il concetto filosofico di Ontologia come studio della natura dell'essere, trasponendolo nell'accezione informatica attraverso le potenzialità del Web Semantico. Questo termine teorizzato da Tim Berners-Lee costituisce un'estensione concettuale del web tradizionale, consentendo ai sistemi computazionali di comprendere e interpretare i dati in modo efficace e permettendo l'ottenimento di una classificazione corretta e interrogabile dei termini all'interno di domini di interesse specifici (Shadbolt, Berners-Lee, Hall, 2006).

Tale transizione non è semplicemente tecnica ma rappresenta un salto concettuale significativo; mentre l'ontologia filosofica tradizionale si interrogava sulla natura ultima della realtà, l'ontologia informatica si concentra sulla possibilità di sviluppare quadri conoscitivi interrogabili, comprensibili e strutturati che possano facilitare la comprensione e l'azione collettiva.

Riprendendo la definizione di Guarino (1998), l'ontologia può essere concettualizzata come una descrizione esplicita e formale di concetti appartenenti a un dominio di interesse specifico, all'interno del quale vengono definite classi, proprietà e relazioni secondo principi di coerenza logica e completezza semantica. Da questa definizione si deduce che la strutturazione di un'ontologia in termini operativi richiede necessariamente la chiarificazione delle definizioni concettuali presenti all'interno del dominio di riferimento e la formalizzazione esplicita delle relazioni che intercorrono tra tali concetti.

Il telaio strutturale dell'ontologia, denominato Gerarchia di Classi, può essere metodologicamente suddiviso in due componenti principali che operano in modo complementare: le entità, che comprendono classi, sottoclassi e individui organizzati secondo livelli gerarchici di specificazione determinati dalla struttura tassonomica e le relazioni, che mediante le proprietà oggetto collegano gli individui reciprocamente.

Questa architettura duale consente la creazione di rappresentazioni della conoscenza che combinano struttura gerarchica e relazioni semantiche, fornendo la base per sistemi di ragionamento automatico e interrogazione intelligente dei dati.

Oltre al vantaggio fondamentale di poter definire relazioni complesse tra entità, il linguaggio OWL possiede la capacità di effettuare inferenze automatiche sulle informazioni inserite, generando nuova conoscenza attraverso sistemi di ragionamento deduttivo che operano sulla base delle regole logiche incorporate nell'ontologia. Questa capacità inferenziale rappresenta uno slancio qualitativo rispetto ai tradizionali sistemi di gestione dell'informazione, trasformando l'ontologia da semplice repository di dati a sistema attivo di generazione di conoscenza.

3 | Nuove tecnologie: GreenTology

Alla luce di queste premesse metodologiche, lo scopo fondamentale di GreenTology consiste nel definire una rappresentazione formale, strutturata e sintattica della realtà urbana, organizzando entità ambientali e antropiche in classi e sottoclassi collegate da relazioni di significato esplicite e non ambigue. L'ontologia informatica quindi, si configura come uno strumento particolarmente utile alla ricucitura del rapporto Uomo-Natura, rappresentando una nuova frontiera dell'adattamento al cambiamento climatico specificatamente pensata per contesti urbani dove coesistono simultaneamente forzanti climatiche e forme acute di alienazione sociale.

Questa doppia sfida richiede approcci integrati che non separino artificialmente la questione ambientale da quella sociale, riconoscendo che la crisi ecologica e quella della democrazia partecipativa sono fenomeni interconnessi che richiedono soluzioni sistemiche e integrate. In tal senso, l'ontologia informatica rappresenta un tentativo di democratizzazione della conoscenza ambientale urbana, trasformando intuizioni e dati separati in un patrimonio condiviso e accessibile che può supportare processi decisionali più informati e partecipativi.

Implementata attraverso il software open-source Protégé, elaborato presso l'Università di Stanford (2016-2020), GreenTology affronta direttamente le criticità ambientali urbane locali e le interconnessioni complesse che ne derivano, facilitando la progettazione di interventi che affrontino simultaneamente degrado ambientale e frammentazione sociale in specifici contesti analizzati.

La struttura tecnica di GreenTology si articola attraverso un telaio concettuale (TBox) e uno assertivo (ABox). Se il primo costituisce il vero e proprio scheletro, che consente di descrivere in modo preciso e coerente elementi ambientali e antropici insieme alle loro reciproche relazioni, organizzati in tassonomie che seguono un approccio rigorosamente multiscalare, il secondo si occupa di avvicinarsi alle realtà contingenti, trasformando principi generali in affermazioni concrete legate a istanze specifiche e producendo scenari di output direttamente utilizzabili per la pianificazione urbana.

Nello specifico GreenTology si struttura attraverso due macroclassi: "Dominio" che formalizza le componenti territoriali date (Elementi, Scala, Variabili) e "Progettazione" che concettualizza le disfunzioni microclimatiche (Macroproblemi) e le relative strategie adattive (Azioni), interconnesse da sei proprietà oggetto che definiscono relazioni semantiche articolate. In particolare, in Greentology la TBox codifica il quadro concettuale, mentre l'ABox integra repository specializzati, derivanti dalle classificazioni climatiche e fitoclimatiche Köppen-Pavari, specie vegetali bioclimaticamente appropriate e tipologie di NBS multiscalari.

3.1 | Gli elementi del TBox di GreenTology: macroclassi, classi e sottoclassi

GreenTology sceglie una gerarchia Middle-Out e si compone di due macroclassi: Dominio e Progettazione contenenti rispettivamente tre e due classi.

Nella macroclasse Dominio sono contenute le classi:

Tabella 1 | Glossario della macroclasse Dominio con l'individuazione delle classi presenti

Elementi	Scala	Variabili
manufatti di origine antropica o presenti nell'ambiente naturale	i diversi livelli spaziali definendo i confini e le dimensioni degli elementi	tutti i fattori che influenzano gli elementi inseriti all'interno di una o più scale

Allo stato attuale dell'ontologia presentata, si fa riferimento alle variazioni climatiche ritracciate nella classificazione climatica di Koppen e fitoclimatica di Pavari e alle tolleranze clima alteranti.

Nella macroclasse Progettazione sono contenute le classi:

Tabella 2 | Glossario della macroclasse Progettazione con l'individuazione delle classi presenti

Macroproblemi	Azioni
gli impatti provocati dal cambiamento climatico declinati in base alla scala di riferimento	la serie di azioni di adattamento e mitigazione proposte, declinate secondo la tipologia di NBS

Per semplicità si parlerà di NBS Type (cfr. classe Azioni) che mette insieme le soluzioni a diversa scala applicativa;

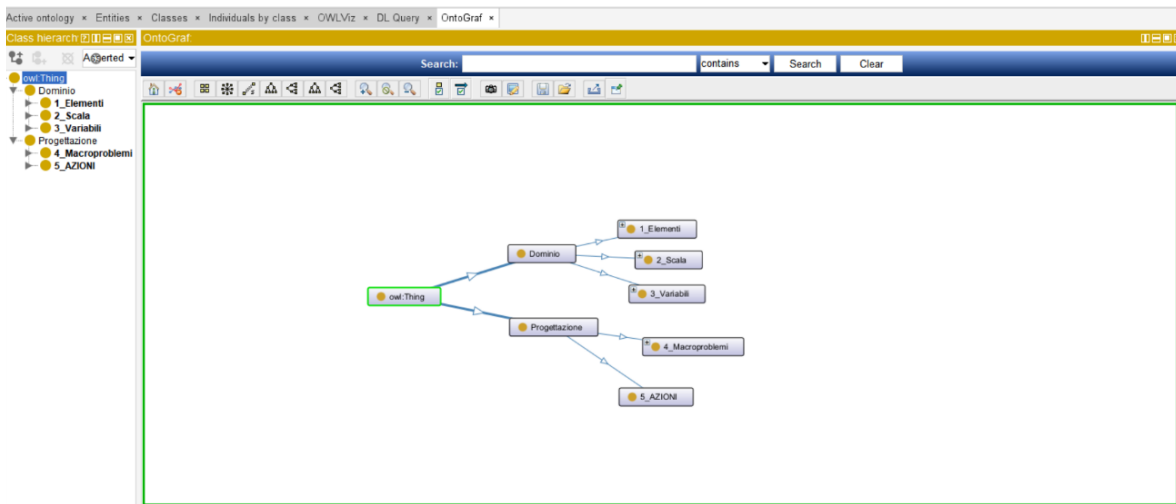


Figura 1 | Gerarchia e visualizzazione Macroclassi e Classi su Protégé con l'applicativo OntoGraf

Alle classi provenienti dal Dominio e dalla Progettazione corrispondono le relative sottoclassi:

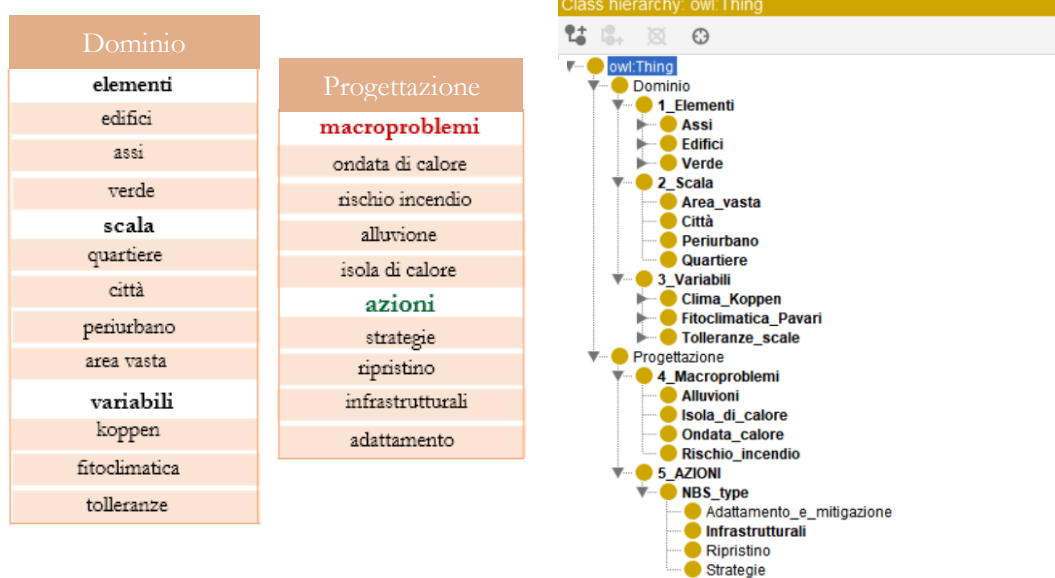


Figura 2 | Schema riassuntivo delle macroclassi, classi e sottoclassi | Elaborazione propria e visualizzazione su Protégé

Il passaggio tra macroclassi, classi e sottoclassi mette in luce delle relazioni intrinseche fra gli oggetti del TBox come, per esempio, quella dell'ereditarietà espressa dalla condizione "is a". Tale livello di approfondimento viene inserito in quest'ontologia in alcune sottoclassi che vengono ad essere specificate maggiormente. Le sottoclassi che subiscono questo livello di vaglio sono: Verde e Variabili.

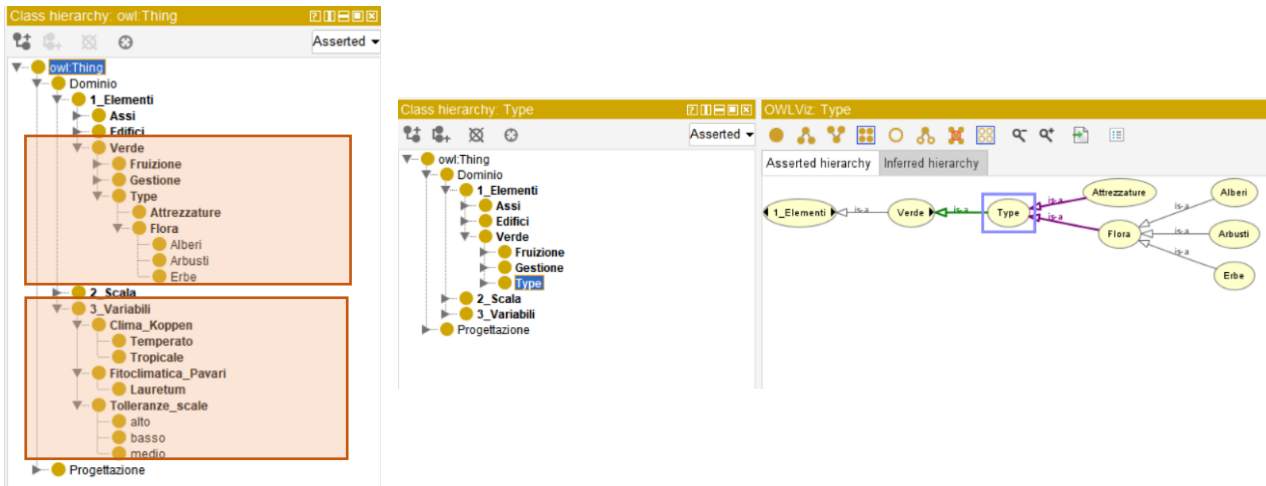


Figura 3 | Specificazione di secondo livello e relazione di Ereditarietà “is a” su Protégé con l'applicativo OWLViz

Dopo aver definito classi e sottoclassi, queste vengono messe in comunicazione tramite sei proprietà oggetto che risultano essere:

Tabella III | Le sei proprietà oggetto di GreenTology

ADATTO	APPARTIENE	COMPONE
INSISTE SU	RIGUARDA	MITIGA

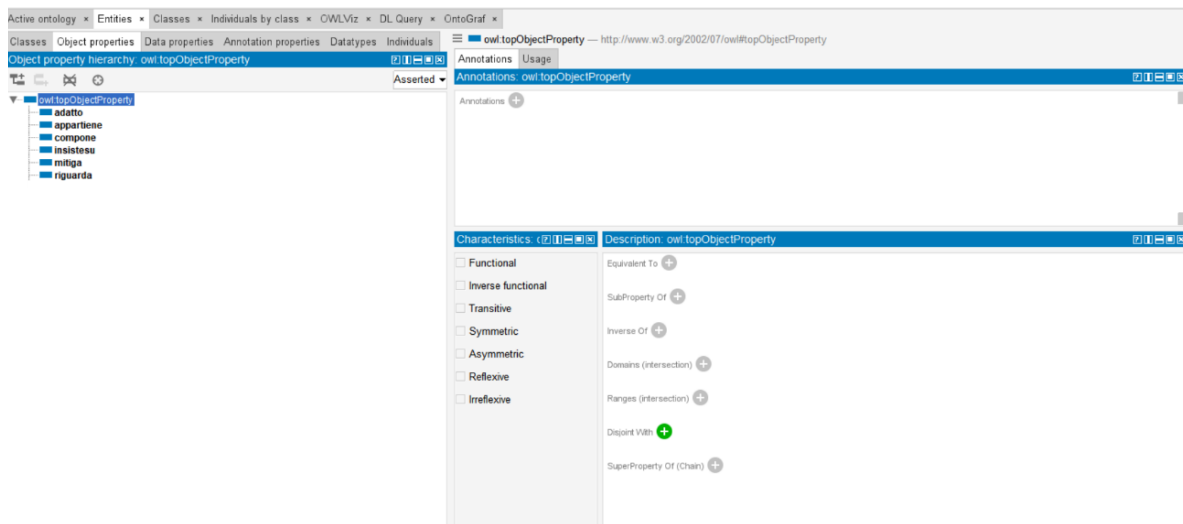


Figura 4 | Visualizzazione su Protégé delle proprietà oggetto

3.2 | Assegnazioni

L'assegnazione delle proprietà oggetto mette in relazione le diverse classi/sottoclassi fra loro.

Si veda nello specifico:

- la sottoclasse di quarto livello Alberi risulta adatta alla classificazione fitoclimatica



- la sottoclasse di terzo livello Flora appartiene alla classificazione climatica



- la sottoclasse di secondo livello Type compone le Azioni (NBS Type)



- la sottoclasse di primo livello Azioni (NBS Type) insiste sulla Scala



- la sottoclasse di primo livello Scala riguarda i Macroproblemi



- la sottoclasse di primo livello Azioni (NBS Type) mitigano i Macroproblemi



Figura 5 | Schemi delle relative assegnazioni delle sei proprietà oggetto fra le classi/sottoclassi

Per entrare nello specifico e fare esempi concreti, bisogna parlare degli individui e delle relative proprietà dato. Si passa quindi dal TBox all'ABox.

3.3 | Gli elementi del ABox di GreenTology: individui e popolazione

Popolare ogni classe/sottoclasse con una serie di individui o istanze, consente all'ontologia di dettagliarsi e calarsi maggiormente nella realtà rispetto al dominio e all'ambito di interesse.

Le classi/sottoclassi di GreenTology che risultano avere popolazione sono:

- alberi
- variabili (climatica e fitoclimatica)
- azioni (NBS type)

Nello specifico si vedano:

Tabella IV | Origine della popolazione dell'istanza Alberi

Alberi
gli individui derivano dalla realizzazione di un database specifico, contenente i dati provenienti dalla pagina Web di Sardegna Foreste incrociati con i dati del già esistente database Benefits rintracciabile all'interno della pubblicazione <i>Alberi per la città un abaco per l'infrastruttura verde urbana</i> (Arpac, 2018).

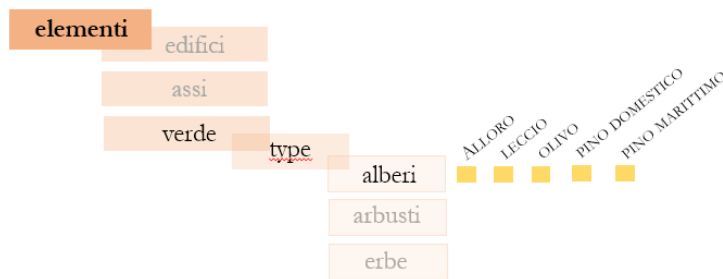


Figura 6 | Schema dell'istanza Alberi

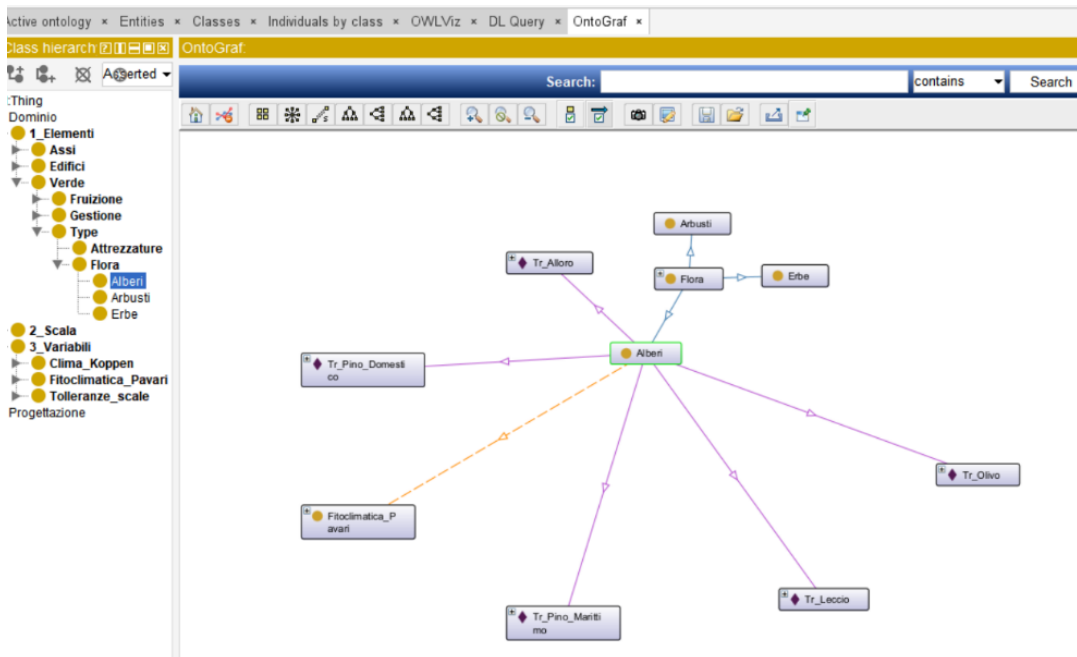


Figura 7 | Visualizzazione su Protégé degli individui della sottoclasse alberi

Tabella V | Origine della popolazione dell'istanza Variabili

Variabili (climatica e fitoclimatica)
i dati sono provenienti dalle categorie analizzate precedentemente con la classificazione di Koppen e di Pavari

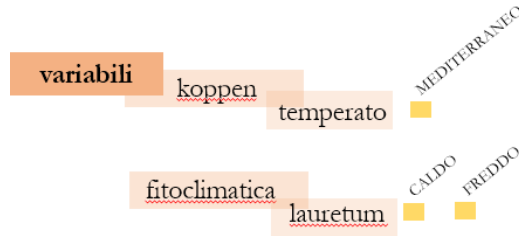


Figura 8 | Schema dell'istanza Variabili (koppen e fitoclimatica)

Azioni (NBS type)
I dati sono provenienti dalla griglia tassonomica delle esperienze note ¹ che individua le soluzioni emerse in maniera virtuosa che variano in base alla scala e al contesto di riferimento

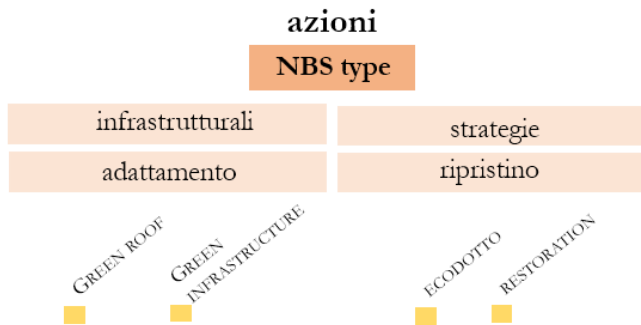


Figura 9 | Schema dell'istanza Azioni (NBS type)

GreenTology inoltre definisce le proprietà dato assegnabili agli individui sulle due classi del Dominio: Elementi (Verde) e Variabili (climatica-Koppen e fitoclimatica-Pavari)

Figura 10 | Visualizzazione su Protégé delle proprietà dato e assegnazione proprietà oggetto e dato per un individuo specifico

¹ Cfr. Masia L. in Brunetta G., Casu A., Lai S., Conticelli E., (a cura di, 2024), Patrimonio ambientale e transizione ecologica nei progetti di territorio, Atti della XXV Conferenza SIU, Cagliari 15-16 giugno 2023, vol.04, Planum Publisher e Società degli urbanisti, Roma-Milano | 978-88-99237-58-5 pp-115-118

3.4 | Le quattro fasi della sperimentazione di GreenTology

Lo scenario di sperimentazione costituisce l'ambiente operativo per la validazione pratica dell'ontologia GreenTology, finalizzato a verificarne l'efficacia nel supportare decisioni per la gestione del verde urbano. Il contesto selezionato è rappresentato da un centro urbano di media dimensione in ambito mediterraneo, dove le variabili climatiche e fitoclimatiche determinano direttamente i macroproblemi ambientali e le strategie di intervento applicabili.



Figura 11 | Fase 1: Definizione del contesto sperimentale

La scelta delle specie arboree si basa sull'analisi delle condizioni climatiche e fitoclimatiche locali, privilegiando l'abbinamento tra caratteristiche botaniche e requisiti ambientali. I criteri di selezione includono la capacità di regolazione microclimatica attraverso chiome globose ed estese per l'ombreggiamento, il supporto alla biodiversità locale mediante specie che forniscono habitat per fauna e l'efficacia nell'assorbimento di CO₂, con particolare riferimento a specie come quercia e leccio per il miglioramento della qualità dell'aria.



Figura 12 | Fase 2: Selezione delle specie vegetali idonee

La strategia progettuale combina alberi e aiuole su pavimentazioni drenanti come metodologia innovativa per ottimizzare la gestione del verde urbano e delle acque meteoriche. Le pavimentazioni permeabili in pietra porosa, facilitano l'infiltrazione delle precipitazioni, riducendo il carico sui sistemi di drenaggio e il rischio di allagamenti, mentre la disposizione strategica della vegetazione realizza microambienti freschi attraverso i processi di evapotraspirazione.

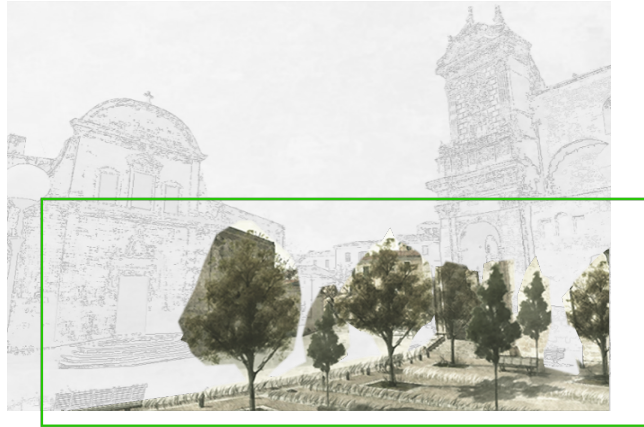


Figura 13 | Fase 3: Costruzione dell'azione progettuale con le NBS type

Le Nature-based Solutions implementate generano benefici multidimensionali affrontando le specifiche criticità del clima mediterraneo e migliorando la qualità della vita urbana. L'approccio integrato configura un modello replicabile di sostenibilità che attraverso una progettazione attenta e mirata contribuisce alla realizzazione di futuri più equilibrati e resilienti, dimostrando l'efficacia dell'ontologia GreenTology nella generazione di soluzioni contestualizzate



Figura 14 | Fase 4: Possibile output

3.5 | Sviluppi futuri: direzioni e approcci combinati

Gli sviluppi futuri di GreenTology per le città mediterranee configurano un ecosistema integrato che evolve dall'implementazione di Nature-based Solutions verso sistemi partecipativi tecnologicamente avanzati, allineandosi al Goal 11 dell'Agenda ONU 2030 (ONU, 2015). L'ontologia diventa strumento di co-progettazione sociale attraverso dati contestualizzati che facilitano il coinvolgimento comunitario nella gestione degli spazi verdi. L'inserimento di Environmental Nudging con l'applicazione della "spinta gentile" di Thaler e Sunstein (2008) orientano le decisioni individuali verso comportamenti eco-sostenibili. Questi "Green Nudges" (Schubert, 2017; Team, 2020) promuovono l'agency urbana utilizzando le tecnologie come mediatori intelligenti tra chi usufruisce del luogo e degli spazi verdi, favorendo la responsabilità collettiva nella gestione delle risorse senza limitare la libertà di scelta.



Figura 15 | Fase 4.0: Green Nudging per la cooperazione sociale

Il sistema raggiunge la sua configurazione più avanzata attraverso l'integrazione di Multi-Agent Systems (MAS) con l'ontologia DOLCE, creando una rete di agenti autonomi che interagiscono dinamicamente per la gestione del rischio, la pianificazione urbana e la sostenibilità ambientale (Masolo et al., 2003). La combinazione strategica di MAS ed Environmental Nudging genera un framework adattivo che coordina azioni collettive attraverso sensori ambientali e stimoli comportamentali, risultando particolarmente efficace nei contesti mediterranei caratterizzati da scarsità idrica e isole di calore. Questa sinergia sistemica configura un modello replicabile dove la partecipazione attiva delle comunità cittadine e scientifiche converge verso strategie innovative, riducendo la vulnerabilità climatica urbana attraverso un approccio che integra tecnologia, comportamenti e governance in un sistema coerente e resiliente.



Figura 16 | MAS + Nudging: approccio combinato con ipotesi di attività collettive più strutturate e spinte

4 | Conclusioni

Gli esiti prodotti da GreenTology sono espressi attraverso un linguaggio formale che, pur mantenendo precisione e rigore, conserva caratteristiche di comprensibilità ed estensibilità. Questa capacità rappresenta un salto qualitativo rispetto ai tradizionali sistemi informativi geografici e ai database ambientali, poiché l'ontologia è in grado di generare nuova conoscenza analizzando le relazioni logiche tra le diverse entità. In questo modo, la base di conoscenza consente una comprensione più approfondita dei fenomeni che riguardano il patrimonio costruito e ambientale, offrendo strumenti operativi per la pianificazione di interventi sul verde urbano e periurbano più mirati ed efficienti per le amministrazioni pubbliche. L'aspetto più innovativo di GreenTology risiede nella sua natura partecipativa; essa coinvolge utenti con differenti livelli di interesse e competenza nella sperimentazione stessa, trasformando i cittadini e cittadine in co-produttori di conoscenza territoriale. Questo approccio contribuisce a rafforzare la consapevolezza ambientale, stimolando comportamenti individuali e collettivi orientati a una gestione più sostenibile delle risorse naturali urbane (Kotlarsky et al., 2009).

Questo approccio si contrappone ai processi di privatizzazione e alienazione dello spazio urbano, valorizzando forme di partecipazione "aumentata", in cui le tecnologie digitali ne amplificano le potenzialità, rafforzando la capacità collettiva di comprendere e agire. Le tecnologie diventano così strumenti per "ricucire" il rapporto tra le

persone e lo spazio pubblico, restituendo a quest'ultimo il suo ruolo originario di luogo di autodeterminazione e rappresentanza delle comunità.

Riferimenti bibliografici

- Arpae (2018), a cura di Salomoni, M.T, Rebus: *Gli alberi e la città* e Segneghi, F. Benefits-Benefici Ecosistemici dell'infrastruttura verde urbana. Fogli di calcolo per la valutazione dei benefici dell'Infrastruttura verde https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/educazione_alla_sostenibilita/progetti-in-corso/crisi-climatica-citta-resilienti/benefits-fogli-calcolo
- Bauman, Z. (2000). *Liquid Modernity*. Cambridge: Polity Press.
- Guarino, N., (1998), Formal ontology in information systems: Proceedings of the first international conference (FOIS'98), June 6-8, Trento, Italy. *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*; EIOS Amsterdam, Netherlands, pp. 3-15, ISBN 978-90-5199-399-8
- Harvey, D. (2008). *The Right to the City*. *New Left Review*, 53, 23-40.
- Hirschman, A. O. (1970). *Exit, voice, and loyalty: Responses to decline in firms, organizations, and states*. Harvard University Press.
- Kotlarsky J., et al. (2009). The Role of Ontologies in Supporting Interoperability in Collaborative Systems, *Journal of Information Technology*, 24(2), pp.167-179
- Masolo, C., et al. (2003). DOLCE: A Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering", *Proceedings of the 13th International Workshop on Qualitative Reasoning*
- ONU, (2015), The 17 Sustainable Development Goals (SDGs), <https://sdgs.un.org/goals>
- Saitō, T. (2013). *Hikikomori: Adolescence without end*. University of Minnesota Press.
- Schubert, C. (2017). Green nudges: Do they work? Are they ethical? *Ecological economics*, 132, 329-342.
- Shadbolt, N., Berners-Lee, T., & Hall, W. (2006). The Semantic Web Revisited. *IEEE Intelligent Systems*, 21(3), 96-101.
- Smith, N. (1996). *The New Urban Frontier: Gentrification and the Revanchist City*. London: Routledge.
- Stanford University, (2016-2020), The Board of Trustees of the Leland Stanford Junior University <https://protege.stanford.edu/>
- Team, B. I. (2020). *The Little Book of Green Nudges: 40 Nudges to Spark Sustainable Behaviour on Campus*.
- Thaler, R. H., & Sunstein, C. R. (2008). *Nudge: Improving Decisions About Health, Wealth, and Happiness*, Penguin.
- Turkle, S. (2011). *Alone Together: Why We Expect More from Technology and Less from Each Other*. New York: Basic Books.

Metodi analogici come chiave per l'accessibilità dei modelli digitali nell'interazione laboratoriale

Giordana Panella

Università degli Studi di Roma Tre
Dipartimento di Architettura
giordana.panella@uniroma3.it

Marco Ranzato

Università degli Studi di Roma Tre
Dipartimento di Architettura
marco.ranzato@uniroma3.it

Paolo Civiero

Università degli Studi di Roma Tre
Dipartimento di Architettura
paolo.civiero@uniroma3.it

Abstract

La *publicness* delinea lo spazio urbano pubblico come aperto, democratico e inclusivo, implicando accessibilità, trasparenza e partecipazione. Si misura nella possibilità dei cittadini di appropriarsi degli spazi, esprimersi liberamente e contribuire alla loro trasformazione. Lo spazio pubblico è conteso, attraversato da interessi differenti: è la gestione di queste relazioni a renderlo dinamico, vivo e in continua trasformazione. Parallelamente, digitalizzazione e virtualizzazione dello spazio urbano, sostenute da investimenti crescenti, ridefiniscono le interazioni tra cittadini e paesaggio urbano, sollevando interrogativi sulla distribuzione e il controllo delle informazioni. Digitalizzare una società urbana non è un'operazione equivalente a replicare digitalmente un edificio "dove le repliche digitali sono fatte di materia tanto quanto gli originali" (Bruno Latour, 2022). In particolare, lo spazio urbano, non è definito solo dalla sua materialità fisica, ma da un complesso intreccio di dinamiche sociali, politiche e amministrative, la cui traduzione nel codice binario zero/uno, acceso/spento, affermativo/negativo, presente/assente etc. può risultare eccessivamente riduttiva. Se trasformare la complessità urbana in numeri può consentire di procedere efficientemente e addirittura risultare rassicurante, la codifica digitale rischia anche di oscurare la realtà urbana e la sua condizione plurale. Questo contributo analizza due ricerche europee sui *Positive Energy Districts: Making PEDs*, che utilizza gemelli digitali per simulazioni basate su dati amministrativi, e *PED4ALL*, che privilegia l'osservazione diretta delle pratiche energetiche e il coinvolgimento degli abitanti tramite workshop e modelli fisici. Dalla riflessione sui caratteri delle diverse visualizzazioni scientifiche emergono possibili ibridazioni per garantire accessibilità, trasparenza e partecipazione nella digitalizzazione della complessità urbana.

Parole chiave: social practices, digitalization, energy, citizenship

1 | Introduzione

La digitalizzazione sta svolgendo un ruolo cruciale nelle dinamiche attuali della pianificazione delle città. Le tecnologie emergenti come l'Internet of Things (IoT), l'intelligenza artificiale (AI) e i digital twin (DT) sono degli ottimi alleati in termini di pianificazione, gestione dei rischi dovuti al cambiamento climatico e alla transizione energetica (Koirala, 2024).

La riflessione sulla *publicness* assume oggi una rinnovata centralità di fronte alla crescente digitalizzazione dello spazio urbano. La *publicness*, intesa come apertura, accessibilità, trasparenza e inclusione (Testa, Berni, 2021) non riguarda soltanto la dimensione materiale degli spazi, ma anche la loro declinazione digitale. Infatti, se lo spazio pubblico è per sua natura conteso e continuamente trasformato dall'interazione tra soggetti con interessi diversi (Portugali et al., 2012, Antoniol e Marzo, 2023), la sua trasposizione digitale rischia di presentarsi come uno spazio "neutro" e depolitizzato, dove dati e modelli vengono assunti come verità oggettive (Palmini 2020).

Tra le varie tecnologie di modellazione digitale i digital twin (DT) sono emersi dalla volontà delle iniziative di Smart Cities (SC) di introdurre le tecnologie digitali nel coinvolgimento di vari attori (governi, parti

private, cittadini) e di generare intuizioni per un migliore processo decisionale attraverso una serie di simulazioni e analisi urbane (Imane, 2023, Gebhard et al., 2025, Weil et al. 2023).

Analizzando la smart city è evidente come essa promuova una concezione informale e tecnocratica della gestione urbana, in cui dati e software appaiono sufficienti a fornire soluzioni, rendendo così marginali la conoscenza, le competenze e l'interpretazione tematica (Söderström et al., 2014). In questa prospettiva, la città viene ridotta a un problema tecnico da ottimizzare, in quanto il discorso sulla smart city si costruisce apparentemente attorno a valori quali efficienza, innovazione e sostenibilità. Il rischio, come osserva Palmi (2020), è quello di eliminare il conflitto dal linguaggio, legittimando così un modello di governance tecnocratica. La città viene rappresentata come un'ontologia piatta e analizzabile, esattamente come fanno molti strumenti "smart".

Per affrontare la natura complessa delle aree urbane e le interazioni socio-tecniche Gebhard et al. (2025), danno vita al concetto di Socio-Technical Digital Twin (STDT). Le variabili socio-tecniche sono sempre poco discusse in questi ambiti poiché i concetti iniziali di DT sono incentrati sulla modellazione di sistemi puramente tecnici, come macchine o sistemi di produzione (Grieves, 2002).

Ma se si inizia a sperimentare questa tecnologia su un sistema complesso come la città, risulta infatti necessario considerare anche ulteriori variabili di natura socio-technica, che incidono in maniera determinante sulla qualità e sull'efficacia dei processi partecipativi (Secchi, Concilio, Bianchi e Mariani, 2022).

Questo contributo intende indagare da un lato lo sviluppo di strumenti digitali per il supporto decisionale nella progettazione di un Positive Energy District, e dall'altro, l'elaborazione di un processo decisionale che integri l'osservazione diretta delle pratiche energetiche quotidiane in diverse situazioni nello stesso contesto urbano.

Utilizzando l'esperienza raccolta nell'ambito di due progetti di ricerca Making PEDs e PED4ALL, l'obiettivo è quello di comprendere come questi strumenti possano contribuire a rafforzare la publicness, rendendo trasparenti le scelte e abilitando il confronto tra attori diversi. La sfida è dunque garantire che la complessità urbana trovi rappresentazione nella digitalizzazione, e che quest'ultima contribuisca a creare le condizioni di accessibilità, inclusione e responsabilità condivisa necessarie per la transizione ecologica e digitale delle città.

2 | Strumenti digitali per la partecipazione: potenzialità e limiti

Negli ultimi anni queste tecnologie hanno suscitato un interesse crescente, soprattutto come strumenti di partecipazione (Gebhard et al., 2025). Hanno aperto nuove opportunità di interazione tra cittadini, pubbliche amministrazioni e università. Dalle piattaforme collaborative digitali agli urban digital twin, esse consentono di monitorare, simulare e analizzare i sistemi urbani. Inoltre, vengono utilizzate nei processi di co-pianificazione urbana, che permettono di esplorare scenari alternativi e di raccogliere feedback utili (Binyu et al. 2023, Secchi et al. 2023, Testa et al. 2024).

Il supporto alle decisioni di questi strumenti è una componente tecnica che può facilitare una modalità di governo più informata e renderla più trasparente, tuttavia, affinché queste tecnologie abbiano un impatto effettivo sulle trasformazioni urbane, è necessario inserirle all'interno di una più ampia governance territoriale (Passerelli, Verardi, Angrisano 2021). Le piattaforme digitali possono fornire strumenti analitici per le decisioni ma la governance deve definire le alleanze e orientare il senso della trasformazione urbana. Nonostante le potenzialità, l'approccio presenta dei limiti. In primo luogo, la struttura della raccolta dati è vincolata da logiche amministrative e gerarchie territoriali che riducono la complessità spaziale e sociale a griglie standardizzate (regione, provincia, comune, quartiere, edificio e unità abitativa) e la maggior parte delle volte i dati risultano incompleti. I tipi di dati possono limitare le analisi e gli scenari proposti durante le attività di co-creazione. Esistono standard e formati di dati diversi che definiscono una mancanza di interoperabilità. Queste rigidità introducono una approssimazione delle quantità e eccessive generalizzazioni che potrebbero compromettere l'efficacia del modello nel rappresentare la realtà urbana. Inoltre, anche quando i dati sono accurati, la loro digitalizzazione comporta una traduzione del fenomeno osservato che può alterarne la natura, riducendo la ricchezza semantica e relazionale. Infine questi strumenti possono essere complessi e di difficile comprensione per gli utenti limitando l'efficacia del loro utilizzo. Ciò indebolisce la capacità di rispondere adeguatamente alla domanda di inclusione e al deficit di trasparenza e fiducia che caratterizza il settore pubblico locale. Come per tutte le tecnologie che utilizzano dati open source produce rischi sulla privacy dei dati e il rischio di perdere la sovranità del dato (Antoniol e Marzo, 2023, Weil et al. 2023, Njafi et al. 2023).

La direzione nell'uso degli strumenti digitali, in questo caso un Digital Twin mirato agli utenti, dovrebbe riportare al centro gli aspetti socioculturali, etici e giuridici, pur riconoscendo che uno degli elementi fondamentali rimane la necessità di una governance intelligente e collaborativa.

3 | I due casi studio: tra rappresentazione digitale e narrazione analogica

PEDFORALL e Making PEDs sono due ricerche europee che promuovono la transizione energetica. Entrambe guardano criticamente al concetto di *Positive Energy Districts* (PED) secondo il quale alcune parti della città, delimitate e per questo più facilmente gestibili, possono interpretare in maniera consistente la transizione energetica e fornire i loro benefici energetici a altre parti del territorio urbano.

Making PEDs è un progetto finanziato dall'UE nell'ambito del programma DUT, che utilizza lo strumento del digital twin applicato a quattro casi studio¹ come opportunità per simulare un PED. Il caso studio italiano si concentra su degli edifici di proprietà dell'ATER² a San Liborio un quartiere residenziale di recente espansione a Civitavecchia. Il comune di Civitavecchia è parte della città metropolitana di Roma e si affaccia sul mar Tirreno. Il quartiere si trova nel quadrante nord-orientale del comune di Civitavecchia, lungo il margine dell'asse autostradale. Il gemello digitale è sviluppato in conformità con lo standard OGC CityGML 2.0, che consente la modellazione semantica delle entità urbane, adottando il LoD2 come livello geometrico di riferimento. Il progetto è iniziato con una raccolta dati finalizzata a rappresentare lo stato dell'arte degli edifici: sono stati raccolti dati demografici, prestazionali, dimensionali e sociali. Per memorizzare geometria e semantica si utilizza il software 3DCityDB, mentre per la visualizzazione viene adottato Cesium (Figura 1).

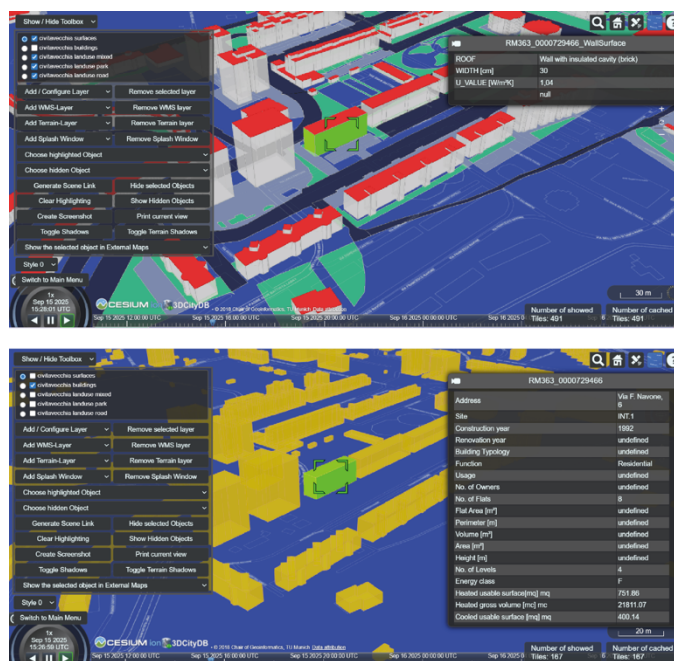


Figura 1 | Modello 3D degli edifici ATER a San Liborio, Civitavecchia
Fonte: Valerio Palma (ricercatore presso Università degli Studi di Roma Tre)

I dati inseriti all'interno dello script di CityGML provengono principalmente da database open source regionali e altri dati, più puntuali, sono stati ceduti direttamente da ATER. Questi dati derivano da fonti disparate ed eterogenee e si estendono su diverse scale temporali e spaziali. Ciò è esemplificato nelle DT implementate nella pratica, che integrano dati provenienti da diverse fonti (Jeddoub et al., 2023).

L'obiettivo finale del progetto è proporre una piattaforma digitale (Figura 2) che contenga gli stessi dati ma organizzati in modo tale da poter generare scenari attraverso valori e simulazioni. Questa piattaforma avrà la funzione di supportare il processo partecipativo all'interno degli Urban Living Lab (ULL), laboratori che utilizzano piattaforme digitali per facilitare la collaborazione tra amministrazioni, cittadini ed enti interessati, con l'obiettivo di individuare la soluzione migliore per la progettazione del PED.

¹ Civitavecchia, Italia; Berum, Norvegia; Linz, Austria e Sant Esteve, Spagna.

² Azienda territoriale per l'edilizia residenziale.

L'approccio ULL adotta, nei quattro casi studio, metodi e attività differenti, ma con una base comune: il coinvolgimento attraverso un processo di co-produzione, co-creazione e co-operazione. La letteratura (Ostrom 2010, Brandsen e Honingh 2016) mostra come questi termini vengano spesso confusi e utilizzati in maniera intercambiabile, ma per gli obiettivi del progetto, questi concetti sono stati interpretati come segue:

- la co-produzione riguarda il coinvolgimento degli stakeholders nell'implementazione;
- la co-creazione riguarda il loro coinvolgimento nella progettazione e pianificazione.

In base a questo approccio, AIT a Vienna³ ha sviluppato un percorso articolato in quattro fasi:

1. Design: fase cruciale per il coinvolgimento degli stakeholders, la definizione delle strategie di attuazione e la classificazione degli input;
2. Sviluppo: fase di costruzione del modello digitale e della piattaforma;
3. Test: fase in cui il digital twin e la piattaforma saranno pronti per essere testati all'interno degli ULL;
4. Implementazione: fase finale in cui gli strumenti vengono consolidati e applicati.

Attualmente il progetto si trova ancora nelle fasi di sviluppo delle due tecnologie e per l'organizzazione dei momenti di incontro nei quattro casi studio. Per Civitavecchia sono in programma tre momenti principali. Una prima conferenza aperta al maggior numero di persone possibile per presentare e diffondere il progetto. Un primo workshop per familiarizzare con il modello digitale e far apprendere il processo semantico delle realtà urbane. Un secondo workshop, propedeutico al precedente, per l'uso della piattaforma come strumento di simulazione. I partecipanti saranno guidati nella costruzione di diversi scenari progettuali, che verranno analizzati e confrontati per valutare l'efficacia delle soluzioni proposte dai diversi stakeholders. Questo è un momento essenziale per l'implementazione successiva (fase 4) della piattaforma.

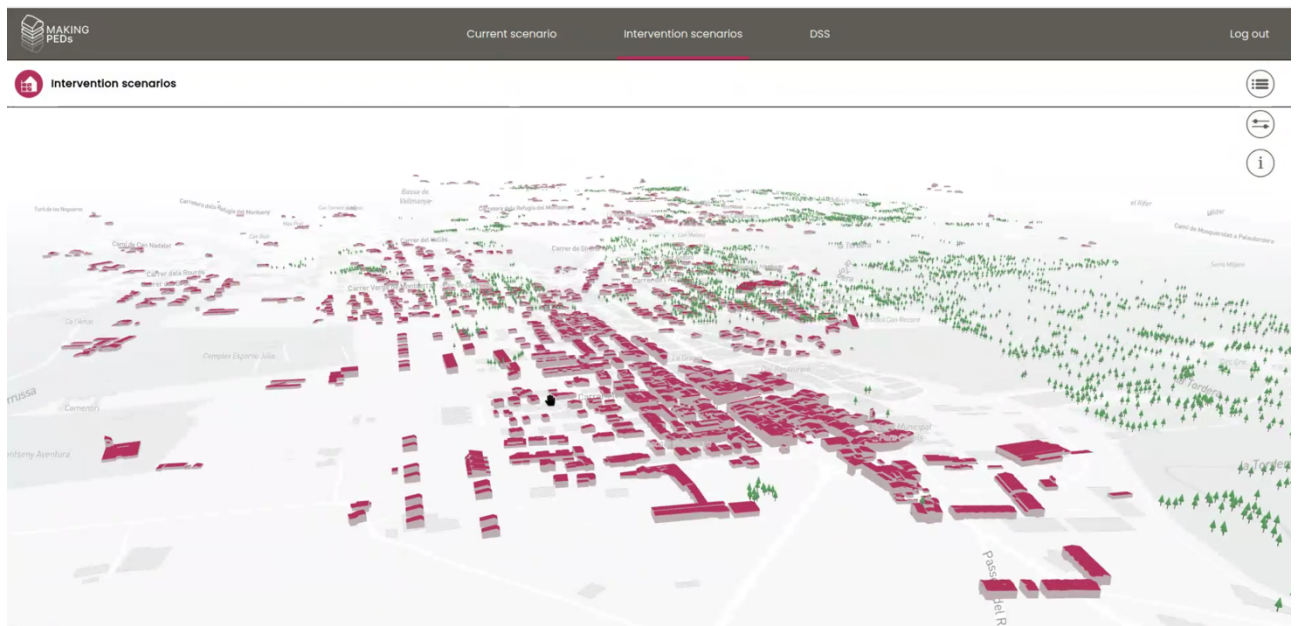


Figura 2 | Esempio di Piattaforma Digitale Making PEDs
Fonte: Ciclica

L'ambito di indagine di PEDFORALL è il quartiere Ostiense a Roma, un quartiere postindustriale delimitato a ovest dal fiume Tevere e a est dalla linea ferroviaria.

Paesaggio Elettrodomestico è la prima iniziativa attraverso la quale PEDFORALL ha avviato il processo di co-produzione delle informazioni che riguardano i comportamenti degli abitanti, il funzionamento prestazionale del patrimonio abitativo e del contesto urbano nel quale è inserito.

L'iniziativa ha la forma di workshop analitici che si svolgono nelle abitazioni degli abitanti del quartiere Ostiense. I soggetti coinvolti abitano appartamenti localizzati in aree differenti del quartiere, selezionati sulla

³ Austrian Institute of Technology (AIT) è la più grande organizzazione di ricerca e tecnologia austriaca con sede a Vienna. In Making PEDs è leader del WP che gestisce i quattro ULL.

base delle componenti spaziali, come l'esposizione, il piano e i metri quadri, ma anche le componenti demografiche come l'età, il tipo di lavoro. Utilizzando planimetrie e un modello fisico dell'appartamento, il workshop si sviluppa in due fasi. Nella prima fase (Figura 3), ricercatori e ricercatrici coinvolte ricostruiscono insieme all'abitante il "paesaggio elettrodomestico" dell'abitazione: ogni dispositivo elettrico, sia esso alimentato a energia elettrica o gas, viene posizionato all'interno del modello fisico dell'appartamento, dopo averlo colorato sulla base della classe energetica e della frequenza d'uso. Nella seconda fase (Figura 4), il disegno dell'appartamento diventa lo strumento per esplorare e ricostruire le pratiche quotidiane, in tre diverse situazioni climatiche chiave: estate temperata, estate torrida e inverno. Sulla base dei tre workshop svolti, è in quest'ultima fase che emerge con chiarezza la relazione con il contesto: l'abitante interpreta l'orientamento della propria abitazione e, di conseguenza, regola l'interazione con venti, umidità e soleggiamento, attivando i dispositivi a disposizione (tende, tapparelle, finestre, porte interne). In questo caso il racconto delle pratiche energetiche non produce un "dato" da acquisire o digitalizzare, ma genera una comunicazione co-costruita, un processo collettivo di narrazione e rappresentazione. Ciò sposta l'attenzione da una concezione tecnologica estrattiva e oggettivante a un uso critico e relazionale delle tecnologie, che riconosce la centralità del corpo, dell'ambiente e delle relazioni sociali nella produzione di conoscenza.



Figura 3 | Uno dei modelli che raffigura l'appartamento utilizzato durante Paesaggio Elettrodomestico
Fonte: Giordana Panella, Fabrizio D'Angelo, Marco Ranzato, Valeria Volpe

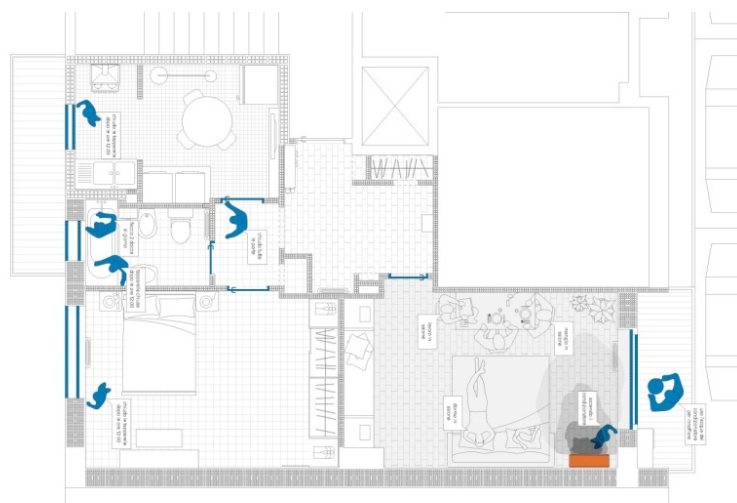


Figura 4 | Uno dei disegni che rappresentano una situazione climatica discussa insieme agli inquilini.
Fonte: Giordana Panella, Fabrizio D'Angelo, Marco Ranzato, Valeria Volpe

4 | Discussione

Quando l'obiettivo di questi strumenti è favorire l'interazione e la co-progettazione con gli utenti, in particolare con i cittadini, spesso profani rispetto al campo tecnico, diventa fondamentale garantire una comunicazione chiara ed efficace dell'informazione.

In questa prospettiva, lo studio della semiotica⁴ e della semantica⁵ del DT è un passaggio fondamentale (Lehtola et al. 2022). La creazione di un modello perfettamente identico alla realtà non risulta necessariamente utile dal punto di vista semiotico, ovvero in relazione a ciò che viene effettivamente visualizzato, ed è quindi essenziale definirne lo scopo in termini funzionali. In questo senso, l'esperienza dei workshop PED4ALL, condotti attraverso un modello analogico, offre un contributo prezioso. Qui, nel modello fisico, le forme stilizzate e la materialità sono state impiegate per modellare le pareti e gli oggetti dell'appartamento, mentre l'uso del colore è stato finalizzato a comunicare la dimensione energetica degli elettrodomestici. Nelle planimetrie, pur perdendo la materialità degli oggetti, i colori rimangono gli stessi, permettendo alla nostra mente di creare collegamenti tra le due modalità di visualizzazione.

Nel modello digitale di Making PEDs, l'ambiente urbano viene riconosciuto attraverso la tridimensionalità dell'oggetto, come nel caso degli alberi o degli edifici, il livello di dettaglio utilizzato stilizza la loro forma architettonica ma rende l'oggetto perfettamente riconoscibile. Inoltre, utilizza colori comunemente associati agli elementi della realtà, ad esempio, le strade in grigio e gli alberi in verde, rendendo immediata la loro identificazione. Tale approccio si inserisce nella tradizione del simbolismo cartografico, che da sempre utilizza variabili cromatiche e texture per rendere immediatamente comprensibili le proprietà e gli attributi degli oggetti rappresentati.

Per un modello digitale è fondamentale che le informazioni associate agli elementi siano facilmente visualizzabili. La semiotica del modello permette di rendere visibile la dimensione semantica e i calcoli sottostanti, facilitando così la comprensione dei dati e delle proprietà degli oggetti rappresentati.

Il confronto tra i due approcci è significativo: il modello analogico di PED4ALL ha una capacità molto più alta di rimanere legato al territorio e alle persone rispetto alla digitalizzazione. Durante e dopo i workshop riesce a catturare e lavorare con i dati in modo situato, permettendo di comprendere situazioni nel dettaglio e di descrivere circostanze che un modello digitale non potrà mai restituire.

A differenza di Making PEDs, non è automatizzato, non è facilmente ampliabile né replicabile, poiché si basa su dati qualitativi e difficilmente reperibili. PED4ALL è aderente alla realtà, ma riguarda pochi casi; Making PEDs, pur faticando a cogliere il comportamento reale degli abitanti, ha la forza di proporre soluzioni potenzialmente estendibili a tutti.

5 | Conclusione

Si riconosce che questa analisi potrebbe non condurre a una conclusione definitiva, ma ci ha permesso di comprendere quali siano i limiti e le possibilità di queste pratiche, e che l'ibridazione rappresenti forse l'unica chiave di lettura plausibile.

La letteratura e l'esperienza dei workshop di Paesaggio Elettrodomestico hanno creato un fondamento teorico e pratico per affrontare i living lab all'interno del progetto Making PEDs in maniera più consapevole, riconoscendo potenzialità e limiti di questi strumenti digitali come supporto decisionale alla progettazione. In prospettiva futura, al termine dei due progetti europei, il contributo si propone di offrire indicazioni anche a livello tecnico su come integrare e utilizzare in modo sempre più efficace gli strumenti digitali nella progettazione e nella pianificazione quotidiana. L'obiettivo è promuovere una gestione dei dati consapevole e una visualizzazione che rifletta le caratteristiche sociali del contesto. Ciò implica non solo rappresentare le informazioni in modo accurato, ma anche renderle interpretabili e funzionali per la progettazione, tenendo conto della dimensione sociale. Questo approccio risulta particolarmente rilevante in un campo ancora in fase di esplorazione, dove le modalità di integrazione tra dati, strumenti digitali e contesto sociale sono in continua definizione. Allo stesso tempo, si auspica che questo lavoro abbia contribuito al dibattito etico e sociale sulla digitalizzazione, emerso durante la sessione come elemento fondamentale per la gestione e l'usabilità di questi nuovi strumenti.

⁴ Simboli e relazioni tra concetti.

⁵ Aspetti tecnici e computazione.

Riferimenti bibliografici

- Antoniol V., Marzo U. (2023), *Filosofia della smart city: la cura del luogo e il luogo della cura*, in *Iconocrazia*, n.23, pp. 49-58.
- Brandsen T. e Honingh M. (2016), *Co-production and co-creation: a typology*.
- Bria F., Morozov E. (2018), *Ripensare la smart city*, Codice, Torino.
- Gebhard T., Sattler J. B., Gunkel J., Marquard M., Tundis A. (2025), *Improving the resilience of socio-technical urban critical infrastructures with digital twins: Challenges, concepts, and modelling*, in *Analytics and Modeling*, n. 5.
- Grieves M. (2002), *Completing the cycle: Using PLM information in the sales and service functions*, SME Management Forum.
- Jeddoub I., Nys G.A., Hajji R., Billen R. (2023), *Digital Twins for cities: Analyzing the gap between concepts and current implementations with a specific focus on data integration*, in *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, n. 122.
- Koirala B., Cai H., Khayatian F., Munoz E., An J.G., Mutschler R., Sulzer M., De Wolf C., Orehounig K., (2024), *Digitalization of urban multi-energy systems – Advances in digital twin applications across life-cycle phases*, in *Advances in Applied Energy*, n.16.
- Ostrom E. (2010), *Polycentric systems for coping with collective action and global environmental change*. *Science Direct, Global Environmental Change* [special issue], 20, 550-557.
- Palmini O. (2022), *Oltre il paradigma Smart City. Ontologia ed epistemologia dell'intelligenza urbana*, in *Lo Sguardo*, no. 34.
- Passerelli D, Verardi F., Angrisano M. (2024), *Innovazioni digitali. Spazi di partecipazione e condivisione*.
- Ranzato M., Garau C. (a cura di), *Innovazione, tecnologie e modelli di configurazione spaziale*, Atti della XXV Conferenza Nazionale SIU “Transizioni, giustizia spaziale e progetto di territorio”, Cagliari, 15-16 giugno 2023, vol. 01, Planum Publisher e Società Italiana degli Urbanisti, Roma-Milano | 978-88-99237-55-4.
- Portugali J., Meyer H., Stolk E., Tan E. (2012), *Complexity Theories of Cities Have Come of Age: An Overview with Implications to Urban Planning and Design*, Springer Berlin Heidelberg.
- Sassen S. (2011), *Urbanistica Open Source*, in *Domus*.
- Secchi M., Concilio G., Bianchi I., Mariani I. (2023), “Metodi e strumenti digitali per la partecipazione alla gestione del territorio. Un confronto tra le città europee”, in Musco F., Zoppi C. (a cura di), *Conoscenza materiale e immateriale e gestione delle informazioni*, Atti della XXIV Conferenza Nazionale SIU Dare valore ai valori in urbanistica, Brescia, 23-24 giugno 2022, vol. 02 Planum Publisher e Società Italiana degli Urbanisti, Roma-Milano 2023. ISBN 978-88-99237-44-8.
- Söderström O., Paasche T. & Klauser F. (2014) *Smart cities as corporate storytelling*, *City: analysis of urban trends, culture, theory, policy, action*, pp. 307-320.
- Testa D., Berni F. (2024), *Piattaforme digitali collaborative per la transizione giusta in ambito urbano*.
- Ranzato M., Garau C. (a cura di), *Innovazione, tecnologie e modelli di configurazione spaziale*, Atti della XXV Conferenza Nazionale SIU “Transizioni, giustizia spaziale e progetto di territorio”, Cagliari, 15-16 giugno 2023, vol. 01, Planum Publisher e Società Italiana degli Urbanisti, Roma-Milano | 978-88-99237-55-4.
- Weil C., Bibri S.E., Longchamp R., Golay F., Alahi A., (2023), *Urban Digital Twin Challenges: A Systematic Review and Perspectives for Sustainable Smart Cities*, in *Sustainable Cities and Society*, n. 99.

Riconoscimenti

Le ricerche sono all'interno dei progetti Making PEDs, Decision-Making Digital Twins for Climate Neutral PEDs finanziato da Driving Urban Transitions DUT Call 2022 (F-DUT-2022-0186) e PED4ALL Positive Energy Districts for All: Energising Neighbourhoods through Fair Strategies cofinanziata nell'ambito della call internazionale Joint Call for Proposals / MICall 21: Positive Energy Districts and Neighbourhoods for Climate Neutrality. L'attività dell'Università di Roma Tre è finanziata dal MUR Ministero dell'Università e della Ricerca (Project DUT22_00013, MUR/Prot. 10253/01-08-2023).

Interazione tra il modello Regional Digital Twin e il Disaster Risk Management

Sara Sacco

Università degli Studi dell'Aquila
DICEAA - Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura e Ambientale
Email: sara.sacco1@graduate.univaq.it

Federico Eugeni

Università degli Studi dell'Aquila
DICEAA - Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura e Ambientale
Email: federico.eugeni@univaq.it

Donato Di Ludovico

Università degli Studi dell'Aquila
DICEAA - Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura e Ambientale
Email: donato.diludovico@univaq.it

Abstract

Il Disaster Risk Management mira a ridurre l'impatto degli eventi catastrofici attraverso strategie basate su dati territoriali. Lo studio esplora il potenziale innovativo del Digital Twin come strumento in grado di supportare il processo decisionale in tempo reale mediante simulazioni di scenari. Particolare attenzione è dedicata al concetto di Regional Digital Twin, progettato per la pianificazione e gestione del rischio su scala regionale. La metodologia si articola in quattro fasi, la costruzione di un sistema conoscitivo integrato, definizione di scenari multirischio, identificazione di hotspot territoriali e sviluppo di piani di gestione del rischio. Il caso studio della regione Abruzzo mostra come l'integrazione di dati ambientali-paesaggistici e socio-insediativi consenta di modellare scenari complessi e identificare aree critiche. Strumenti digitali come il DT permettono simulazioni predittive aggiornabili in tempo reale, utili a migliorare la prevenzione e la gestione delle emergenze. I futuri sviluppi saranno orientati alla definizione di strategie operative utili a rafforzare le risposte dei territoriali dai rischi.

Parole chiave: tools and techniques, scenarios, disaster risk management

1 | Introduzione

La gestione del rischio di catastrofi, Disaster Risk Management – DRM, è l'insieme di strategie e politiche volte a ridurre l'impatto degli eventi calamitosi, rafforzando la resilienza dei territori e limitando le perdite. Pur avendo natura probabilistica (Coviello, 2021), la conoscenza del rischio assume un ruolo centrale nella pianificazione preventiva. Secondo l'UNDRR (2017), il rischio è definito come la potenziale perdita di vite, lesioni o danni a beni e comunità in un periodo di tempo, determinata in funzione di pericolo, esposizione, vulnerabilità e capacità. Il Quadro di Sendai sottolinea la necessità di fondare il DRM sulla comprensione integrata delle dimensioni di vulnerabilità, esposizione, capacità e pericolosità. Questa base conoscitiva è essenziale per la valutazione pre-catastrofe, la prevenzione, la mitigazione e la preparazione a risposte efficaci. Il Disaster Risk Assessment -DRA rappresenta quindi il fondamento del DRM (Di Ludovico, 2020), fornendo strumenti per comprendere i fattori che definiscono il rischio e per individuare scenari critici prima che si verifichino emergenze. Attraverso dati e conoscenze, il DRA consente di ridurre vulnerabilità e supportare istituzioni e amministrazioni nella pianificazione adattiva. Il presente contributo intende evidenziare l'importanza di una pianificazione orientata alla gestione preventiva del rischio, con attenzione a vulnerabilità, esposizione e capacità di risposta; e esplorare le potenzialità derivanti dall'integrazione della pianificazione tradizionale con le tecnologie emergenti ICT, come l'uso dell'IoT, che possono rendere i processi di pianificazione più dinamici, informati e resilienti, abilitando nuovi modelli di governance del rischio. In tale quadro, il Digital Twin- DT si configura come approccio innovativo capace di migliorare l'analisi di rischio e la capacità decisionale grazie a simulazioni e scenari predittivi aggiornabili in tempo reale (Terenzi, 2022). Basato su modelli adattivi, dati condivisi e visualizzazioni avanzate, il DT può ottimizzare processi, supportare decisioni e facilitare la collaborazione tra istituzioni, tecnici e cittadini. Applicato

all'urbanistica e alla pianificazione territoriale, il DT può semplificare i modelli, sostenere processi partecipativi e fungere da strumento di comunicazione e supporto alle decisioni (Barresi, 2023, Ariyachandra, 2023). La ricerca presentata propone la definizione di un Regional Digital Twin- RDT, concepito come strumento conoscitivo per la pianificazione del rischio in contesti multi-scalari e multi-rischio (Sacco, 2024). L'obiettivo è sviluppare un modello a supporto delle politiche di prevenzione e pianificazione territoriale, ponendo il multirischio come asse centrale di indagine. Ciò implica il superamento di approcci centrati unicamente sulla fase emergenziale, orientando l'analisi alla gestione preventiva. La costruzione di un RDT presenta tuttavia criticità rilevanti: la necessità di raccogliere e gestire ingenti quantità di dati territoriali; la complessità legata all'eterogeneità della scala regionale; l'integrazione di informazioni provenienti da fonti e domini disciplinari diversi. La letteratura sui DT si concentra prevalentemente su contesti urbani e smart cities, ma risulta limitata e poco trasferibile a scale regionali (De Paolis, 2023). In questo senso, la ricerca mira a colmare tali gap, offrendo contributi teorici e metodologici specifici per la pianificazione del rischio territoriale. La metodologia proposta si articola in quattro fasi integrate: i) costruzione del Sistema delle Conoscenze mediante dati statici e dinamici sui quadri territoriali pianificatori e di rischio; ii) elaborazione di scenari multi-rischio con simulazioni e previsioni; iii) individuazione di hotspot territoriali; iv) definizione di set di azioni operative. Attualmente, lo sviluppo si colloca nella fase 3, centrata sul DRA, e nell'individuazione di scenari multi-rischio e hotspot, di cui si presenteranno i risultati. La fase conclusiva sarà invece dedicata al DRM, con la definizione di strategie di riduzione del rischio attraverso delle azioni. Questo permetterà l'elaborazione di misure volte a ridurre vulnerabilità ed esposizione, rafforzare la capacità di risposta e supportare le attività di Protezione Civile nelle tre fasi – pre-disastro, emergenza e post-disastro – garantendo un'applicazione dinamica e adattiva coerente con il Piano di Gestione del Rischio regionale.

2 | Revisione della letteratura

Nel XX secolo urbanizzazione e crescita demografica hanno accresciuto la vulnerabilità dei contesti antropizzati, rendendo necessario un ripensamento delle pratiche di gestione del rischio. In una fase iniziale esse erano orientate prevalentemente alla risposta emergenziale; solo negli ultimi decenni si è affermata una visione fondata su prevenzione e pianificazione, formalizzata nei concetti di DRA e DRM. Secondo l'UNDRR, il rischio è definito come la potenziale perdita di vite umane, danni materiali o compromissione di risorse, stimabile in modo probabilistico in funzione di pericolosità, esposizione, vulnerabilità e capacità (UNDRR, 2017), sintetizzati nella formula $R = f(H, E, V, C)$. Il Quadro di Sendai (2015) ha consolidato questa prospettiva, evidenziando l'importanza di politiche basate su una comprensione multidimensionale del fenomeno. In tale contesto, il DRA rappresenta lo strumento analitico per l'individuazione e la quantificazione dei rischi (Di Ludovico, 2020), considerando la pericolosità-H, intesa come probabilità di accadimento, la vulnerabilità-V, ovvero la suscettibilità degli elementi esposti, e l'esposizione-E, relativa alla distribuzione e al valore di persone e infrastrutture (Cardona, 2012, IPCC, 2015). A queste si aggiunge la capacità di risposta-C, che esprime l'attitudine di un sistema a resistere e fronteggiare gli impatti (Olori, 2024; Torre, 2006).

Su tali basi si sviluppa il DRM, approccio strategico-operativo che integra prevenzione, preparazione, risposta e recupero. L'Unione Europea attribuisce priorità alla gestione del rischio, promuovendo strumenti e politiche orientati alla protezione di popolazioni e risorse, sintetizzati nei cinque obiettivi strategici: anticipazione, preparazione, attenzione, risposta e sicurezza (European Commission, 2023, United Nations 2015).

3 | Metodologia

Come già evidenziato, un RDT, se progettato in coerenza con i principi della pianificazione, può contribuire a semplificare e rendere più flessibili metodi e modelli di pianificazione territoriale. La presente ricerca si propone di individuare le caratteristiche e le componenti strutturali di un prototipo di RDT finalizzato alla costruzione di un quadro conoscitivo del rischio, utile a supportare la pianificazione nella gestione di scenari di rischio in contesti multi-scalari e multi-rischio (Sacco, 2023).

La struttura generale del modello è articolata in quattro fasi interconnesse, figura 1.

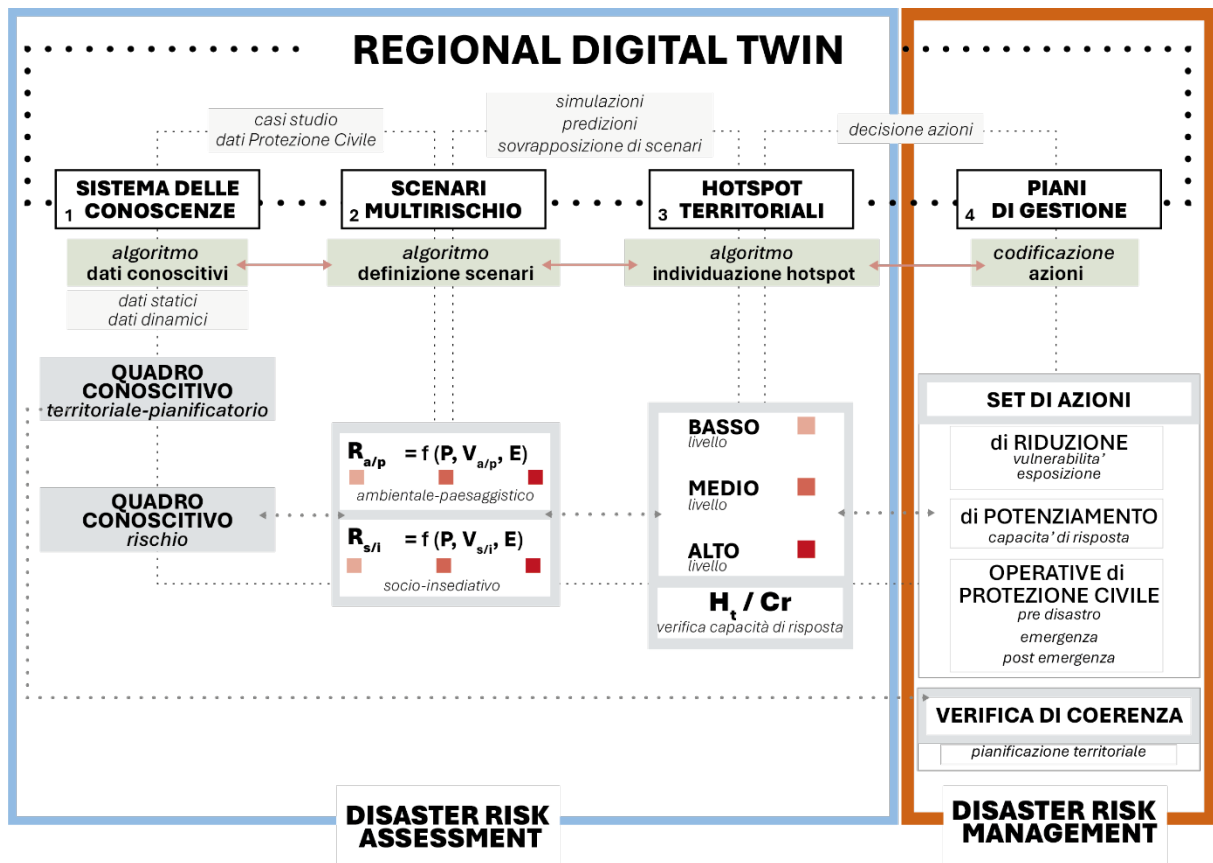


Figura 1 | Struttura e fasi del RDT
Fonte: rappresentazione a cura dell'autrice.

La prima fase riguarda la raccolta, l'organizzazione e l'integrazione delle informazioni necessarie all'analisi del rischio, che confluiscono nel "Sistema delle Conoscenze". Esso si compone di due quadri: un Quadro Conoscitivo territoriale e pianificatorio, relativo agli strumenti urbanistici e di pianificazione; e un Quadro Conoscitivo del rischio, costruito attraverso dati ufficiali di diversa origine e formato, resi disponibili grazie alla collaborazione con l'Agenzia di Protezione Civile della Regione Abruzzo. La seconda fase, di carattere analitico, prevede la costruzione di "Scenari multi-rischio" mediante l'applicazione di un algoritmo originale che rappresenta una delle componenti innovative del RDT. In questo quadro, il rischio è espresso dalla funzione: $R = f(P, V, E)$. In questa ricerca la vulnerabilità è considerata sia negli aspetti ambientale-paesaggistico sia in quelli socio-insediativi. A partire dagli scenari multi-rischio, la terza fase approfondisce la dimensione multi-scalare della ricerca, con l'obiettivo di individuare gli "Hotspot Territoriali", le aree caratterizzate da particolari condizioni di criticità e prioritarie per la definizione di azioni di riduzione del rischio, analizzandone anche la C. Queste tre fasi costituiscono la base conoscitiva del DRA, fase preliminare allo sviluppo del DRM. Quest'ultimo corrisponde alla quarta fase e riguarda la definizione di strategie e "Azioni di riduzione del rischio". Le misure sono finalizzate a ridurre V ed E, a potenziare la C e a generare azioni operative per i piani di Protezione Civile, nelle diverse fasi di pre-disastro, emergenza e post-emergenza. Tutte le strategie saranno infine sottoposte a una verifica di coerenza rispetto al quadro conoscitivo territoriale e pianificatorio, al fine di garantire un'applicazione flessibile, dinamica e controllata, in linea con il Piano di Gestione del Rischio regionale.

4 | I risultati

Attualmente, la ricerca si colloca al termine della fase 3 e all'avvio della fase 4 del processo di Disaster Risk Assessment-DRA, con particolare attenzione all'identificazione di scenari multi-rischio e alla determinazione degli hotspot, ossia aree caratterizzate da condizioni di rischio specifiche derivanti da fenomeni di sovrapposizione o da effetti a cascata. Per il contesto di studio, è stata realizzata una prima ricognizione delle fonti e dei dati necessari alla costruzione del Sistema delle Conoscenze relativo al territorio abruzzese. Tale sistema si articola nelle tre componenti della funzione di rischio P, V, E ciascuna è stata normalizzata e classificata su una scala a tre valori 1-basso, 2-medio, 3-alto, per consentire la

121 Fistola R., Morello E. (a cura di, 2026), Nuove tecnologie, pratiche digitali, intelligenza artificiale e publicness, Atti della XXVII Conferenza Nazionale SIU "Publicness: le sfide della dimensione pubblica nelle città e nei territori", Milano, 18-20 giugno 2025, vol. 11, Planum Publisher e Società Italiana degli Urbanisti, Roma-Milano. | 978-88-99237-94-3

rappresentazione sinottica dei dati e facilitare l'integrazione di informazioni eterogenee. La componente di P è stata definita considerando sette fenomeni rilevanti: sismico, idrogeologico, idraulico, valanghivo, da dighe, maremoto e incendi boschivi. Per ciascuna tipologia è stata adottata una classificazione incrementale della pericolosità secondo livelli crescenti di criticità, Tabella I.

Tabella I | Classificazione dei livelli di Pericolosità.

Pericolosità	Dato ufficiale	Fonte	Classificazione
Sismica	zona simica_1 = pericolosità alta zona simica_2 = pericolosità media zona sismica_3 = pericolosità bassa	BURAT Ord. N. 30 del 31.07.2024	zona simica_1 = P3 zona simica_2 = P2 zona sismica_3 = P1
Idrogeologica	P1= più probabilità, danno minore P2= media P3= meno probabilità, danno alto	PAI - PSAI	P1 = P1 P2 = P2 P3 = P3
Idraulica	P1= più probabilità, danno minore P2= media P3= meno probabilità, danno alto	PAI	P1 = P1 P2 = P2 P3 = P3
Valanghiva	Valanghe Zone pericolose Possibili continuazioni e collegamenti Zone presunte pericolose	C.L.P.V	Valanghe = P3 Zone pericolose = P2 Possibili continuazioni e collegamenti = P1 Zone presunte pericolose = P1
Dighe	Manovra di scarico Collasso	PED - PSDA	Manovra di scarico = P1 Collasso = P2 Collasso non contenuto nel PSDA Tr200 = P3
Maremoto	Zona 1 Zona 2	ISPRA	Zona 1 = P3 Zona 2 = P2
Incendi	Molto alta Alta Media Bassa Molto bassa	PIANO AIB REGIONE ABRUZZO	Molto alta = P3 Alta = P3 Media = P2 Bassa = P1 Molto bassa = P1

La V è stata analizzata secondo le prospettive: ambientale e antropica. La vulnerabilità ambientale-paesaggistica è stata definita a partire da dati ufficiali, quali la Carta della Natura e l'Uso del Suolo dell'ISPRA e il portale regionale della Regione Abruzzo, considerando elementi territoriali di rilevanza ecologica e ambientale come aree naturali protette, geositi, zone a sensibilità ecologica, aree verdi e boschive, corpi idrici continentali e marini e aree di particolare valore floristico e vegetazionale. Queste informazioni hanno permesso di classificare il contesto territoriale non antropizzato in tre livelli di criticità, Tabella II.

Tabella II | Classificazione dei livelli di Vulnerabilità ambientale-paesaggistica.

Vulnerabilità a/p	Dato ufficiale	Fonte	Classificazione
Aree Protette	Tipologia	GEOPORTALE NAZIONALE	V=3
Qualità delle aree protette	Elevata Media Bassa Molto bassa	ISPRA	elevata = V1 media = V2 bassa = V3 molto bassa = V3
Aree boschive	Categoria	CARTA TIPOLOGICO FORESTALE-REGIONE ABRUZZO	V=3
Sensibilità ecologica	Molto alta Alta Media Bassa Molto bassa	CARTA DELLA NATURA	molto alta = V3 alta = V3 media = V2 bassa = V1 molto bassa = V1
Emergenza floro vegetazionale	Tipologia	CARTA DEI VALORI	V=3
Geosigmeti identitari	Nome	CARTA DEI VALORI-REGIONE ABRUZZO	V=3
Acque continentali e marittime	Codice	USO DEL SUOLO-REGIONE ABRUZZO	V=3
Sic fuori da aree protette	Elevata Media Bassa Molto bassa	CARTOGRAFIA GEOBOTANICA-REGIONE ABRUZZO	elevata = V3 media = V2 bassa = V1 molto bassa = V1

La vulnerabilità antropica, o socio-insediativa, è stata definita utilizzando i dati ISTAT sugli edifici e sulla popolazione riferiti alle zone censuarie per gli anni 2011 e 2021. Per gli edifici, sono state considerate le condizioni di conservazione (mediocre e pessimo) e l'anno di costruzione, distinguendo tra edifici realizzati prima e dopo l'introduzione delle norme tecniche per le costruzioni sismiche del 1984. Per la popolazione, è stato elaborato un indice di vulnerabilità sociale e materiale (IVSM), basato sul modello ISTAT (ISTAT, 2022), comprendente sei indicatori: i) indice di dipendenza strutturale, ii) indice di vecchiaia, iii) tasso di occupazione, iv) numero di famiglie sovraffollate (>5-6 componenti), v) livello di istruzione, vi) percentuale di donne occupate. Infine, integrando le informazioni sugli edifici e sulla popolazione con la Carta dei Valori (Regione Abruzzo, 2018), sono state individuate le aree urbane di interesse storico e le aree archeologiche, Tabella III.

Tabella III | Classificazione dei livelli di Vulnerabilità socio-insediativa.

Vulnerabilità s/i	Dato ufficiale	Fonte	Classificazione
Aree archeologiche	Codice	CARTA DEI VALORI- REGIONE ABRUZZO	V=3
Aree urbane di valore storico	Nome	CARTA DEI VALORI- REGIONE ABRUZZO	elevata = V1 media = V2 bassa = V3 molto bassa = V3
Stato di conservazione degli edifici	Pessima Mediocre	SEZIONI DI CENSIMENTO 2011 ISTAT	$\%ED_{p+m} < 1/3ED_{tot} = V1$ $1/3ED_{tot} < \%ED_{p+m} < 2/3ED_{tot} = V2$ $\%ED_{p+m} > 2/3ED_{tot} = V3$
Età degli edifici	Numero edifici	SEZIONI DI CENSIMENTO 2011 ISTAT	$\%ED_{ante'67} > X_{med\ ante'67} = V3$ se $\%ED_{ante'67} < X_{med\ ante'67}$; se $\%ED_{post'84} < X_{med\ post'84} = V2$ $\%ED_{post'84} > X_{med\ post'84} = V1$
Indice di Vulnerabilità Sociale e Materiale	indice di vecchiaia, popolazione residente con basso livello di istruzione, famiglie residenti con componenti ≥ 5 , tasso occupazionale, occupazione femminile, dipendenza strutturale	SEZIONI DI CENSIMENTO 2021 ISTAT	DI $IVSM < 1/3 = V1$ $1/3 < IVSM < 2/3 = V2$ $IVSM > 2/3 = V3$

Infine, l'indicatore esposizione E è stato definito sulla base di due parametri principali: la densità abitativa, calcolata utilizzando i dati ISTAT riferiti alle sezioni censuarie del 2021, e il consumo di suolo legato all'ambiente costruito, ricavato dalla Carta Nazionale di Consumo di Suolo elaborata dall'ISPRA, anch'esso riferito alle medesime zone censuarie. La relativa classificazione è riportata in *Tabella IV*.

Tabella IV | Classificazione dei livelli di Esposizione.

Esposizione	Dato ufficiale	Fonte	Classificazione
Densità abitativa	Popolazione totale area zona censuaria	SEZIONI DI CENSIMENTO 2021 ISTAT	DI $Dab < 1/3 = 1$ $Dab < 2/3 = 2$ $Dab > 2/3 = 3$
Consumo di suolo	Costruito	CARTA NAZIONALE CONSUMO DI SUOLO ISPRA	E = 3

Le componenti del *R* precedentemente descritte costituiscono la base per la costruzione degli scenari multi-rischio e sono rappresentate mediante cartografie raster elaborate in ambiente GIS. La componente di pericolosità è stata rappresentata attraverso sette mappe tematiche, ciascuna categorizzata secondo tre livelli di criticità, basso, medio, alto, Figura II.

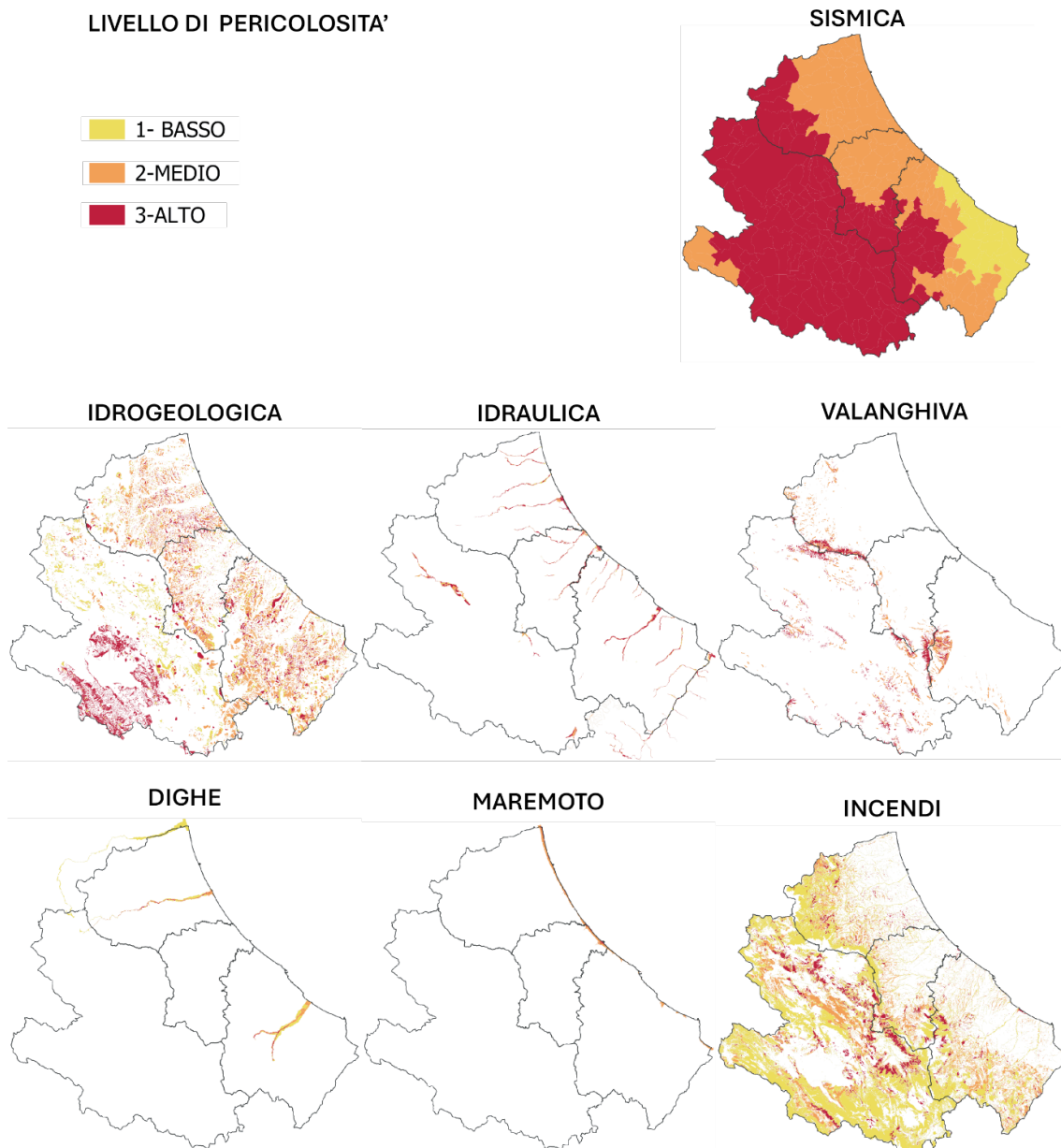


Figura 2 | Cartografie delle pericolosità P di livelli basso, medio, alto
Fonte: rappresentazione a cura dell'autrice.

Le componenti di vulnerabilità ambientale/paesaggistica (Va/p), vulnerabilità socio-insediativa (Vs/i) ed esposizione (E) sono state ulteriormente elaborate per ottenere indici sintetici ($\sum Va/p$, $\sum Vs/i$, $\sum E$). Tali indici sono stati generati mediante la sovrapposizione dei singoli indicatori tematici, precedentemente illustrati nelle tabelle, su una griglia modulare che copre interamente il territorio regionale. La griglia è costituita da pixel di 40×40 m, ciascuno contenente valori di criticità da 1 a 3 riferiti alle classificazioni P, Va/p , Vs/i ed E , come mostrato in Figura 3. In tal modo, è stato possibile condurre un'analisi estesa all'intero territorio, attribuendo a ogni pixel un valore medio totale che riflette un livello di criticità variabile da basso ad alto.

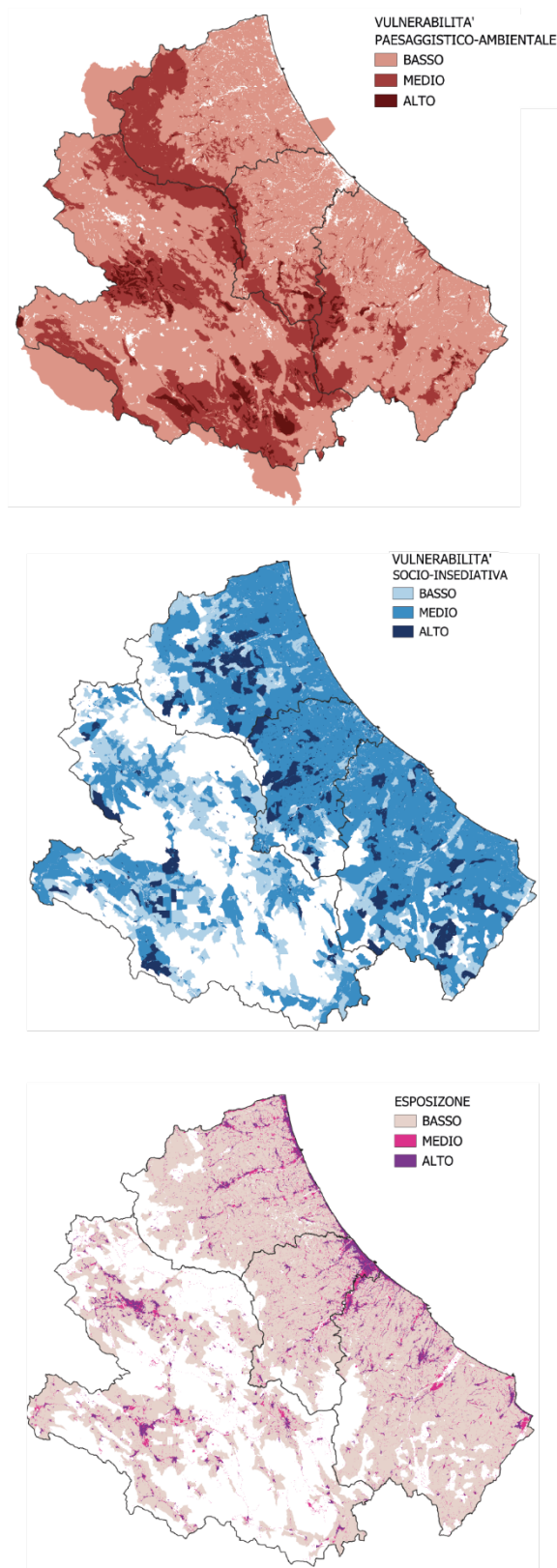


Figura 3 | Cartografia degli indici sintetici $\sum Va/p$, $\sum Vs/i$ ed $\sum E$, classificati per livelli basso, medio, alto.
Fonte: rappresentazione a cura dell'autrice.

Sulla base dell'interazione degli indicatori, sono state generate 4 mappe relative agli scenari multi-rischio. Considerando che l'analisi multi-rischio può essere condotta secondo diversi fenomeni e modalità di interazione, quali effetti a cascata o indotti, nel presente contesto è stato adottato il criterio delle

combinazioni sismiche presenti nel Piano Nazionale di Soccorso da Rischio Sismico-PNSRS della Protezione Civile della Regione Abruzzo, concentrandosi sull’impatto relativo al contesto socio-insediativo. Gli scenari multi-rischio sono stati ottenuti mediante la sovrapposizione degli indici $\sum Va/p$, $\sum Vs/i$, $\sum E$ con combinazioni di pericolosità, quali: sismica con idrogeologica, da dighe, maremoto e valanghiva, Figura 4.

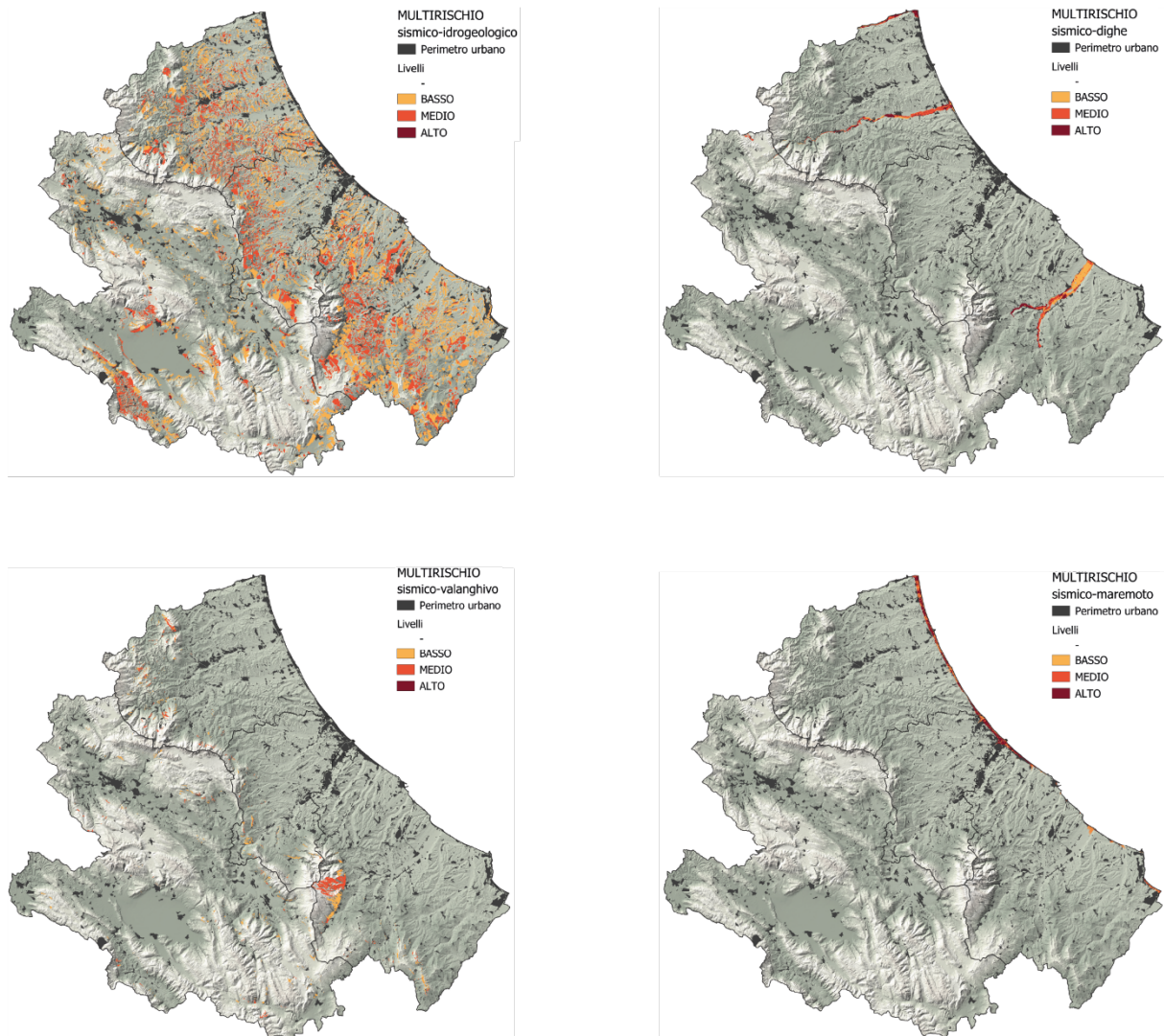


Figura 4 | Cartografie di scenari multirischio, classificati per livelli basso, medio, alto.
Fonte: rappresentazione a cura dell'autrice.

L’analisi ha permesso di individuare le aree territoriali soggette alle condizioni più critiche secondo gli scenari selezionati, ottenendo una cartografia complessiva dei fenomeni considerati. Inoltre, è stata verificata l’interazione tra rischio e pianificazione utilizzando i Piani Regolatori Generali -PRG disponibili per il 2010 nella Regione Abruzzo. Nonostante la parziale completezza dei dati, è stato possibile osservare le relazioni tra rischio e pianificazione, individuando così gli Hotspot, Figura 5.

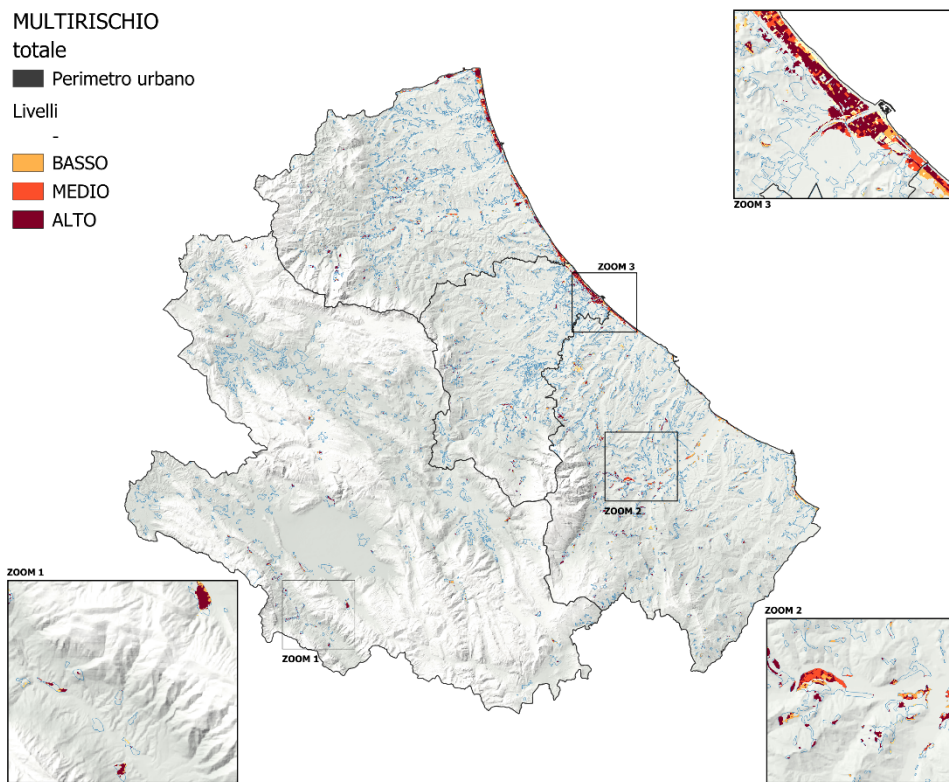
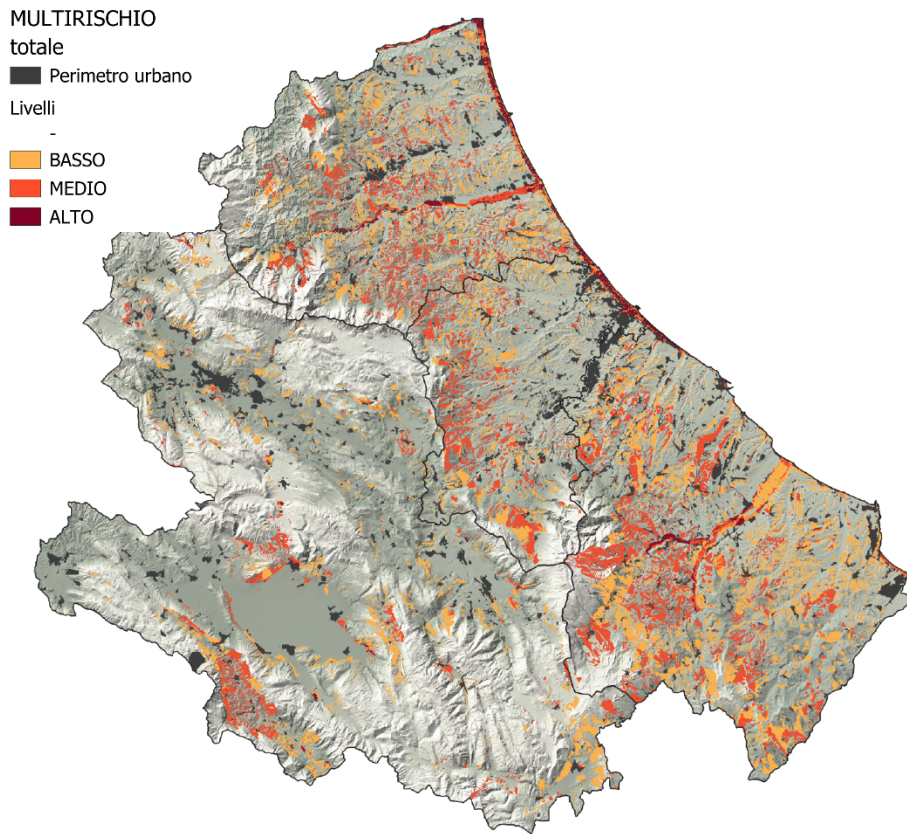


Figura 5 | Cartografie del multirischio e degli Hotspot relativi ai Prg, classificati per livelli basso, medio, alto.
Fonte: rappresentazione a cura dell'autrice.

Le fasi conclusive della ricerca si concentreranno sulla selezione di hotspot specifici, al fine di valutare l'indice di capacità di risposta e proporre un insieme di azioni mirate al miglioramento e all'implementazione del DRM.

5 | Conclusioni

La gestione integrata del rischio di catastrofi si configura oggi come una sfida prioritaria per la pianificazione. Il passaggio da una visione emergenziale a un approccio orientato alla prevenzione posto al centro il DRA come base conoscitiva indispensabile per il DRM. L'integrazione di strumenti innovativi come il RDT rappresenta un passaggio cruciale per rafforzare la governance del rischio e sostenere processi di pianificazione più dinamici ed efficaci. L'obiettivo della ricerca è la definizione di un modello digitale strutturato in algoritmi automatizzati e interconnessi, finalizzati alla costruzione del Quadro Conoscitivo, alla generazione di scenari multirischio, all'individuazione di hotspot territoriali e alla redazione di piani di gestione del rischio. I risultati conseguiti hanno consentito di delineare le basi informative necessarie, attraverso la classificazione dei principali fattori della funzione rischio, delineando scenari multirischio e gli hotspot in relazione ai Prg disponibili. Queste ultime saranno successivamente integrate con l'indicatore di capacità di risposta, ΣC , attualmente in elaborazione, così da identificare i contesti più vulnerabili e, al contrario, quelli potenzialmente più resilienti e definire il set di azioni finalizzate a rafforzare la capacità adattiva dei territori, contribuendo così alla costruzione di piani regionali di gestione del rischio più efficaci e sostenibili.

Riferimenti bibliografici

- Coviello A., Somma R., (2021), *I rischi catastrofali, Azioni di mitigazione e gestione del rischio*. Studi e ricerche per l'innovazione, Collana Consiglio Nazionale delle Ricerche: Cnr Edizioni, Roma. ISBN: 978-88-8080-486-4
- Di Ludovico D., Di Lodovico L. (2020), The Regional Management Risk Plan. Knowledge, scenarios and prevention projects in a regional context, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 45, p. 1-13, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101465>
- Olori D. (2024), Il futuro non è scritto. Disastro, territorio e organizzazione sociale, *Ecologia politica (XVII)*, Orthoters Editrice, Napoli. ISBN: 978-88-9314-391-2
- Sacco S., Eugeni F., Di Ludovico L. (2024) The Regional Digital Twin as support for innovative multi-risk planning, in *Inclusive Cities And Regions Territoires Inclusifs*, INU Edizioni, Roma.
- Sacco S., Eugeni F., Di Ludovico D., (2023), Uno strumento di supporto alla pianificazione urbana e territoriale: il Digital Twin urbano e regionale. *XXV Conferenza nazionale SIU - società italiana degli urbanisti transizioni, giustizia spaziale e progetto di territorio, Metodi e strumenti innovativi nei processi di governo del territorio*, pagg. 282 – 287, Cagliari, ISBN: 9788899237561
- Terenzi B. (2022), *Design vs Disegno. Real vs Virtual. The Digital Twin as a Holistic Approach to Sustainability*, Disegno 11/2022, doi: <https://doi.org/10.26375/disegno.11.2022.17>
- UNDRR United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2017), *Sendai Framework Terminology on Disaster Risk Reduction, Definition: Disaster risk* <https://www.undrr.org/terminology/disaster-risk>
- Cardona O.D., Van Aalst M.K., Birkmann J., Fordham M., (2012), *Determinants of risk: exposure and vulnerability*, *ResearchGate*, (PDF) *Determinants of risk: exposure and vulnerability*
- IPCC INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, (2015), *Climate Change 2014 Synthesis Report*, ISBN: 978-92-9169-143-2
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf
- European Commission, European Disaster Resilience Goals, 8.02.2023.
https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu/what/civil-protection/european-disaster-risk-management/european-disaster-resilience-goals_en
- Torre C.M., Orlando G., Selicato F., Reina A., (2006), Valutazione del rischio e pianificazione territoriale: approcci multicriteriali e gis-based per la valutazione del danno potenziale, *XXXV Incontro di Studio del Ce.S.E.T, Area vasta e governo del territorio, nuovi strumenti giuridici, economici ed urbanistici (a cura di Marone E.)*, Firenze, ISSN 1826-249X (online) <https://oaj.fupress.net/index.php/ceset/article/view/6564/6564>
- 8milaCensus, ISTAT, (2022), L'indice di vulnerabilità sociale e materiale
[https://ottomilacensus.istat.it/fileadmin/download/Indice_di_vulnerabilit%C3%A0_sociale_e_materia](https://ottomilacensus.istat.it/fileadmin/download/Indice_di_vulnerabilit%C3%A0_sociale_e_materiale.pdf)
[le.pdf](https://ottomilacensus.istat.it/fileadmin/download/Indice_di_vulnerabilit%C3%A0_sociale_e_materiale.pdf)

De Paolis L. T., Arpaia P., Sacco M., (2023), State of the Art of Urban Digital Twin Platforms. XR Salento 2023, LNCS 14218, pp. 299–317, *Springer Nature* https://doi.org/10.1007/978-3-031-43401-3_20

Barresi A., (2023), Urban Digital Twin and urban planning for sustainable cities. *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*. DOI: <https://doi.org/10.36253/techne-13568>

Regione Abruzzo, Sistema delle Conoscenze, Carta dei Valori, (2018), <http://opendata.regione.abruzzo.it/content/sistema-delle-conoscenze-condivise-valori>

Ariyachandra M.R.M.F., Wedawatta G., (2023), Digital Twin Smart Cities for Disaster Risk Management: A Review of Evolving Concepts. *Sustainability*, 15(15), 11910 <https://doi.org/10.3390/su151511910>

United Nations, (2015), Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 – 2030 https://www.preventionweb.net/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf

I dati per costruire modelli digitali per progettare l'adattamento dello spazio urbano

Alessandro Seravalli

Università di Mantova e GeoSmart Lab

Email: alessandro.seravalli@unimn.it; a.seravalli@sis-ter.it

Abstract

Le città sono davanti a grandi sfide. Cambiano i cittadini, cambia la percezione delle cose e delle esigenze, cambiano le emergenze, cambiano i paradigmi stessi che hanno accompagnato lo sviluppo delle città per millenni. Cambiano anche i modelli di rappresentazione, strumenti di pianificazione e progettazione, anch'essi sempre più definiti dalle tecnologie. L'intelligenza artificiale, come Internet, costituisce un ambito tecnologico orizzontale e pervasivo che ricoprirà un ruolo nello stesso sviluppo e governo della città, dilatando il concetto di Smart Cities.

Il presente contributo è volto a illustrare il valore dei dati attraverso alcuni casi studio in cui i dati sono divenuti informazione e poi strategia per la trasformazione urbana. Il contributo intende approfondire in particolare il progetto di ricerca denominato "*Deliver*", finanziato nell'ambito dei progetti di ricerca della Regione Emilia Romagna e volto alla elaborazione di un sistema di analisi e supporto progettuale orientato ad una logistica sostenibile nell'area della pianura bolognese.

Parole chiave: sustainability, transport & logistics, urban development

1 | Premessa e inquadramento

Le città sono la forma della società che le ha pensate. In questo senso sono sempre ad un passo indietro rispetto ai cambiamenti dinamici della società. I cittadini cambiano perché nel tempo cambia la percezione delle cose e delle esigenze, così cambiano i paradigmi stessi che hanno accompagnato lo sviluppo delle città per millenni. Questo *flashforward* crea di fatto un disallineamento strutturale tra la forma della città e il cittadino che vi abita. Anche per questo emerge l'importanza del progetto di trasformazione e adattamento della città: guardare in avanti per cercare di anticipare le trasformazioni della società e talvolta anche determinarle.

Le tecnologie digitali costituiscono un importante supporto per la capacità di simulare scenari futuri, tuttavia possono essere solamente scenari predittivi e non lungimiranti come sarebbe invece auspicabile che fossero le azioni di trasformazione del territorio, certamente favoriscono e possono accompagnare le scelte progettuali. Come avviene per la società e per l'economia, anche le città e gli strumenti di pianificazione e progettazione, sono sempre più definiti dalle tecnologie. Come l'elettricità permise nell'800 di superare il buio e costituì una tecnologia che guidò l'infrastrutturazione e la trasformazione delle grandi città, così oggi l'intelligenza artificiale, come è stato per Internet in appena un quarto di secolo, costituisce un ambito tecnologico orizzontale e pervasivo che ricopre un ruolo nello sviluppo e governo delle città, dilatando lo stesso concetto di Smart Cities. Ma lo sviluppo tecnologico garantisce che la città sia sostenibile? In un secolo in cui continua a crescere l'inurbamento della popolazione con una proiezione stimata all'80% nel 2050 a fronte del 30% nel 1950, e dove i maggiori centri urbani sono nell'emisfero settentrionale in prossimità delle coste, qualche considerazione è necessaria. Per oltre 4000 anni, fino alla Londra del 1830, «le grandi città non hanno mai superato o al limite si attestavano alla dimensione di 1 milione di abitanti» (Preti, 2021, pag. 13). La città non era certamente una città NetZero, ma la produzione di rifiuto era comunque sostenibile perché assorbibile dal rapporto con la dimensione del territorio rurale limitrofo. Dal 1870 al 1930 una città come New York passa da 1 milione di abitanti a 7 milioni di abitanti. Questa crescita in così poco tempo è resa possibile dallo sviluppo tecnologico, dalle infrastrutture di mobilità e dalla catena alimentare del freddo. Da questo punto in avanti lo sviluppo economico del XX secolo, di cui la città è parte, è lineare e incrementale: un antropocentrismo assoluto con forti danni sull'ambiente e sulla società e che ha portato alle città globali o alle mega città di oggi. Questa crescita della città certamente non è sostenibile. Se per 3500 anni la piramide di Cheope è stato l'edificio più grande al mondo, occorre riflettere su come ogni anno «negli USA la popolazione consuma una energia equivalente alla costruzione di oltre 50 milioni di Piramidi di Cheope» (Calder, 2021, pag. XIII). È evidente come si sia arrivati ad un modello di

vita e di consumo che genera una domanda insostenibile. La curva del *Carbonfoot print* costituisce un indicatore la cui lettura fa crescere la domanda di una visione ecocentrica del rapporto fra uomo e natura. La crisi sanitaria dovuta alla pandemia del Covid19 non ha reso immuni le grandi città seppure tecnologicamente dotate. Anzi, proprio perché nodi fortemente interconnessi al mondo e dai grandi flussi di persone e merci, maggiormente sono state elementi di diffusione. La città intelligente può essere certamente più efficiente ma questo non implica che il cittadino abbia una migliore qualità di vita o che le città siano più abitabili e più inclusive. Statisticamente le città medie hanno gli indicatori migliori in merito agli obiettivi di sostenibilità legate alle persone (Figura 1), questo costituisce un elemento importante perché la città è fatta dai cittadini. La sostenibilità costituisce un principio basilare per lo sviluppo delle città. «L'uso che facciamo della conoscenza e della scienza dipende dalla visione, ed è questa che modella le nostre scelte» (Acemoglu, Johnson, 2023, pg 34).

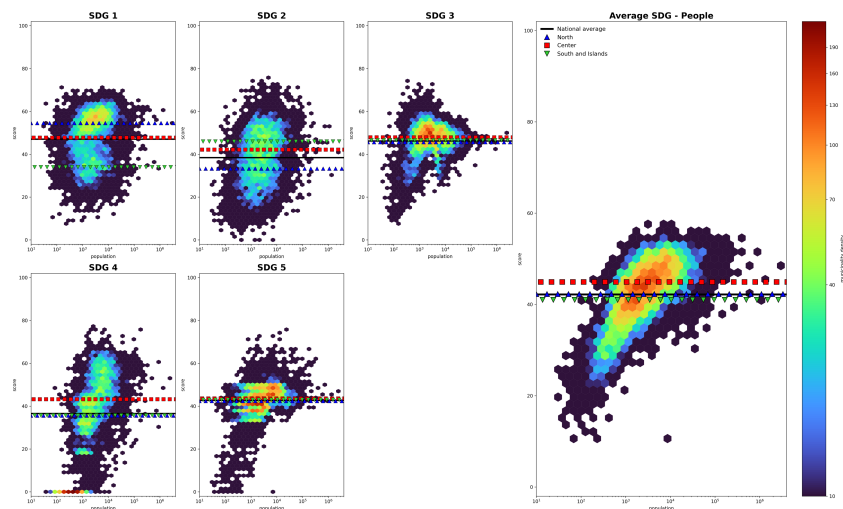


Figura 1 | Analisi del posizionamento dei Comuni Italiani per popolazione rispetto agli indicatori SdG1,2,3,4,5. Le orizzontali blu, rosse e verdi evidenziano la media per area geografica, rispettivamente Nord, Centro e Sud d'Italia
Fonte: Elaborazione GeoSmart Lab

Occorre osservare inoltre che il contesto italiano ha una importante sofferenza di tipo amministrativo derivante dall'aver il 39% della popolazione che occupa l'83% del territorio all'interno di Comuni sotto i 15.000 abitanti; mentre il 61% della popolazione vive sul 17% del territorio in Comuni maggiori. Vediamo quindi come la dimensione della città costituisca un elemento strutturale per una qualità dell'abitare basato sulla prossimità e socialità in un momento che ha, in pochi decenni, invertito il rapporto tra popolazione che abita nelle città e popolazione che vive fuori dalla città. Il modello di sviluppo urbano può generare inequità e disagi sociali, spreco, inquinamento e consumo di risorse. Queste dinamiche evidenziano l'importanza della dimensione, non solo spaziale ma anche valoriale, del bene pubblico e del servizio pubblico, sia questo di mobilità, di servizi di istruzione, servizi sanitari ma anche di servizi digitali. Gli obiettivi di sostenibilità e di neutralità climatica diventano sfide improcrastinabili con cui le città si misurano. Davanti a queste sfide le tecnologie digitali costituiscono uno strumento fondamentale per la capacità raggiunta di calcolo ed elaborazione di scenari basati sui dati. L'incremento e l'accessibilità al dato sono cresciuti vistosamente nell'ultimo decennio proprio grazie ai BigData e alle diverse sorgenti informative presenti, tra cui la sensoristica distribuita. L'80% dei dati prodotti però non viene utilizzato, molti dati acquisiti sono ridondanti e/o parziali rispetto a determinate finalità, oppure in ambiti strategici come quelli della mobilità e dell'energia sono prevalentemente di dominio privato. Emerge l'importanza del dato come bene comune (un vero e proprio asset immateriale) ed un orientamento verso soluzioni di *data-spaces* che garantiscano l'interscambio e l'operatività.

Le tecnologie ICT nella città sono oramai più diffuse dell'elettricità stessa. Città come Singapore o Hangzhou portano avanti l'aspirazione tecnologica dell'acquisizione dei dati costruendo il *City Brain* della città, Shenzhen ha 1.929.699 telecamere, molte delle quali con il software a bordo. Sistemi centralizzati di governo dei dati che registrano il comportamento dei cittadini e prescrivono il modo in cui deve vivere la gente, «sistemi più orientati alla risoluzione del problema che alla ricerca di eventuali problemi» (Sennet, 2018, pag. 186). «Il capitalismo della sorveglianza si appropria dell'esperienza umana usandola come materia prima da trasformare in dati sui comportamenti» (Zuboff, 2019, pag. 17). C'è una sovrabbondanza e un accumulo di

dati che cresce continuamente, molto più velocemente della capacità di leggerli e assimilarli, tanto che si assiste al paradosso che più disponiamo di dati tanto meno siamo capaci di dare una visione di sviluppo. Usiamo i dati per gestire, talvolta per comprendere, ma occorre anche usare i dati per progettare, altrimenti comprendiamo le cose ma non diamo seguito con delle azioni coerenti e che dovrebbero essere cogenti.

2 | Modelli per progettare con i dati

Il modello costituisce da sempre il riferimento adottato dall'uomo per comprendere e trasformare il proprio ambiente e paesaggio. La cartografia stessa è una modalità di riportare ad una scala e secondo una proiezione la complessità e la pluridimensionalità del mondo esterno che si palesa davanti agli occhi. Questo esercizio di traduzione e semplificazione costituisce una forma di conoscenza. Nell'ambito delle trasformazioni urbane e architettoniche il modello ha assunto nella modernità la forma del plastico. Dalla cupola di Santa Maria in Fiore realizzata dal Brunelleschi in legno, fino alle più recenti forme che riprendono la natura del modernismo spagnolo e di Gaudì in particolare, o delle città di Wright nella prima metà del XX sec. Da questi modelli tattili e fisici, con lo sviluppo delle tecnologie digitali e delle capacità di calcolo si è passati a modelli digitali che lavorano alla scala 1:1 e che diventano vere e proprie interfacce di lavoro e di simulazione. Tra questi le tecnologie del digital twin applicate nei diversi settori produttivi e anche nella governance e nella trasformazione del territorio. Il paradosso di Borges che descrive l'idea di una mappa in scala perfetta con l'impero che rappresenta si è realizzato: attraverso queste tecnologie replichiamo virtualmente il mondo reale. All'estesa e veloce crescita della capacità di calcolo ed elaborazione dei dati, che permette l'applicazione anche alla dimensione urbana di tecnologie basate sull'intelligenza artificiale elaborando modelli descrittivi, predittivi fino ad arrivare anche a simulazioni prescrittive (che implicitamente sono autoritari perché *Top-down* sulla base di variabili prescelte), emerge un importante paradosso: più capacità di elaborazione e dati a disposizione minore capacità decisionale di tipo lungimirante. Qui rientra il ruolo della progettazione e della possibilità di progettare basandosi sui dati come valore aggiunto per una maggiore confidenza oggettiva delle prospettive di trasformazione che si vuole apportare al territorio. In quanto strumenti, l'output è in funzione di come lo strumento viene utilizzato. In questo senso la simulazione di scenari che descrivono la realtà (modelli descrittivi) ovvero quelli che descrivono cosa succede se avviene un determinato fenomeno (modelli predittivi), costituiscono un aiuto alla costruzione di una visione comune e partecipata (*bottom-up*) che modella le scelte. Come la storia insegna, le grandi innovazioni tecnologiche e pervasive nella vita delle persone, aumentano la responsabilità critica del loro utilizzo (consapevolezza).

3 | Il progetto Deliver per una logistica sostenibile

Nell'ambito delle azioni che concorrono agli obiettivi del NetZero 2050, il settore della logistica è certamente un ambito importante. Il 70% delle emissioni di gas climalteranti che la logistica produce provengono dal trasporto su gomma. I nodi logistici intermodali costituiscono una infrastruttura strategica nazionale e tra gli effetti seguiti alla crisi sanitaria della pandemia, la crescita dell'e-commerce ha favorito nuove riflessioni sulla logistica del cosiddetto ultimo miglio. In un settore significativo dal punto di vista economico si inseriscono dinamiche di sviluppo urbano come lo Sprawl Logistico. Questo fenomeno spesso aumenta le Stem Distances, ovvero la distanza percorsa per effettuare la consegna dal magazzino ai clienti, rendendo la logistica e le operazioni ad essa associate meno sostenibili.

La finalità del progetto Deliver (Decision on Logistics'Impact Value in Emilia Romagna) è costruire strumenti per aiutare a quantificare l'impatto ambientale e sociale e coadiuvare processi decisionali che orbitano attorno alla logistica. A tale scopo il progetto intende mettere a sistema Big Data, micro simulazioni di traffico, campagne di rilevazioni ambientali e Nature Based Solutions (NBS) per la mitigazione di impatti. Come use case, il progetto prende in esame l'interporto di Bologna, uno dei più importanti hub logistici italiani ed europei, unitamente all'area metropolitana che include i comuni circostanti. Il tool sviluppato intende supportare la progettazione tenendo in considerazione gli impatti e costruendo scenari di progetto basati su soluzioni NBS volte alla mitigazione degli stessi.

Attraverso il software SUMO, sulla base dei dati acquisiti e rilevati in campo, è stato costruito un modello descrittivo di microsimulazione del traffico. Attraverso una analisi territoriale in ambiente GIS sono state individuate le aree con maggiori criticità identificate attraverso una restituzione informative di sintesi secondo una struttura a grigliato georeferenziato volto a svolgere il ruolo di elemento di "integrità" per correlare e normalizzare informazioni eterogenee, in questo caso di natura sociale, ambientale e urbanistica (Figura 2a,2b). Tra le informazioni sono stati individuati i ricettori quali le scuole o le strutture sanitarie, i nodi potenziali di congestion del traffico, le interferenze potenziali con il contesto e con le arterie viarie di trasporto e la configurazione della gerarchia stradale esistente. Questi elementi hanno permesso di

comprendere e misurare le criticità e il livello di potenziale impatto, nonché elaborare una proposta migliorativa che permetta di comparare le alterazioni del sistema in funzione dello scenario adottato. Lo scenario futuro è costruito attraverso l'adozione di soluzioni mitigative scelte da un abaco appositamente costruito che raccoglie e classifica le principali forme di soluzioni NBS. Tali soluzioni hanno un approccio olistico, sono multiscopo, concorrendo a portare benefici sui diversi servizi ecosistemici ambientali ma anche benefici di carattere sociale.

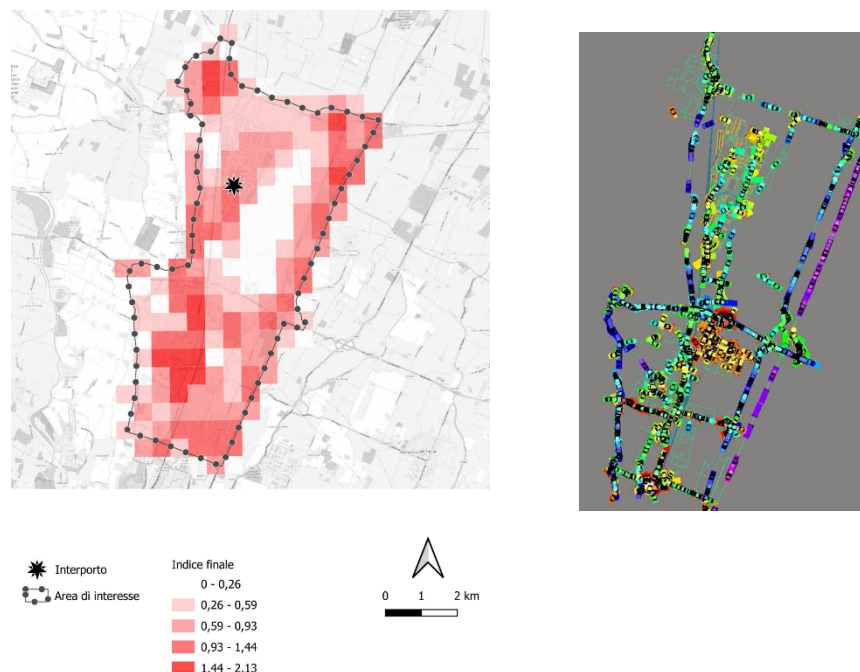


Figura 2 | Rappresentazione del grigliato con l'indice di impatto (a) ed estratto del modello di microsimulazione del traffico (b).
Fonte: Elaborazioni nell'ambito del progetto da parte dei laboratori GeoSmart Lab e MistER.

Nell'ambito del progetto sono indagate anche le esternalità e gli impatti indiretti, specie quelli derivanti dalle congestioni e dal rumore e che possono incidere sulla salute, soprattutto delle fasce di popolazione più fragile. La misurazione delle alterazioni prodotte da una soluzione progettuale rispetto ad un'altra costituisce un output oggettivo di comparazione e supporto alle decisioni.

La definizione progettuale non può prescindere dal contesto, tuttavia a fronte di pattern derivanti da classificazioni delle possibili combinazioni descrittive del contesto sociale, economico e ambientale, è possibile associare a ciascuna combinazione possibile delle classi di soluzioni. La costruzione di questi patterns costituisce uno degli output del progetto che il Decision Support System potrà proporre accompagnando gli stakeholder alla trasformazione del territorio.

4 | Conclusioni

La forza dell'intelligenza umana sta nella sua dimensione sociale e situazionale (capacità di adattamento, contaminazione, improvvisazione e lungimiranza). L'uomo è la prima minaccia di sé stesso ma può anche essere il risolutore dei mali che ha prodotto. Le sfide della dimensione pubblica partono dalla crescita della consapevolezza dell'essere cittadino e quindi dalla riscoperta della dimensione pubblica.

La complessità non si può affrontare con approcci lineari o solamente deterministici, in questo senso la capacità di calcolo di analizzare più combinazioni, l'individuare *pattern* simili, il costruire modelli di correlazione, favoriscono l'attività importante di progettare sulla base dei dati. Un esempio è la correlazione di informazioni come la copertura dei servizi, il livello di permeabilità del suolo e le isole di calore per orientare una progettualità di infrastrutture verdi interconnesse sulla base del contesto insediativo. (Figura 3). Approcci data-driven di clusterizzazione e GIS analysis elaborati al fine di favorire l'individuazione di scenari di collegamenti verdi strutturati all'interno degli ambiti urbani, vere e proprie infrastrutture verdi che concorrono alla rigenerazione dei luoghi urbani rendendoli adattivi e resilienti.

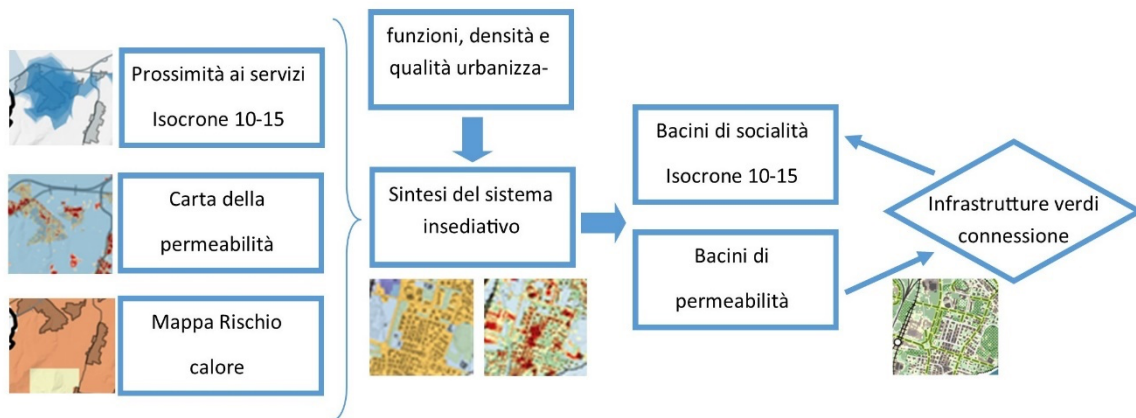


Figura 3 | Schema del processo di elaborazione per l'individuazione di infrastrutture verdi
 Fonte: Elaborazione GeoSmart Lab

La città è chiamata ad essere responsiva ai rischi a cui è soggetta. Ogni azione è tesa a mitigare l'impatto di questi rischi ma al contempo, ogni azione messa in campo deve concorrere al raggiungimento dell'obiettivo NetZero 2050 con la consapevolezza della necessità di intraprendere azioni rispondenti ai *Sustainable Development Goals*, indicatori che possono supportare scelte orientate ad un approccio di sostenibilità sistemica (Figura 4).

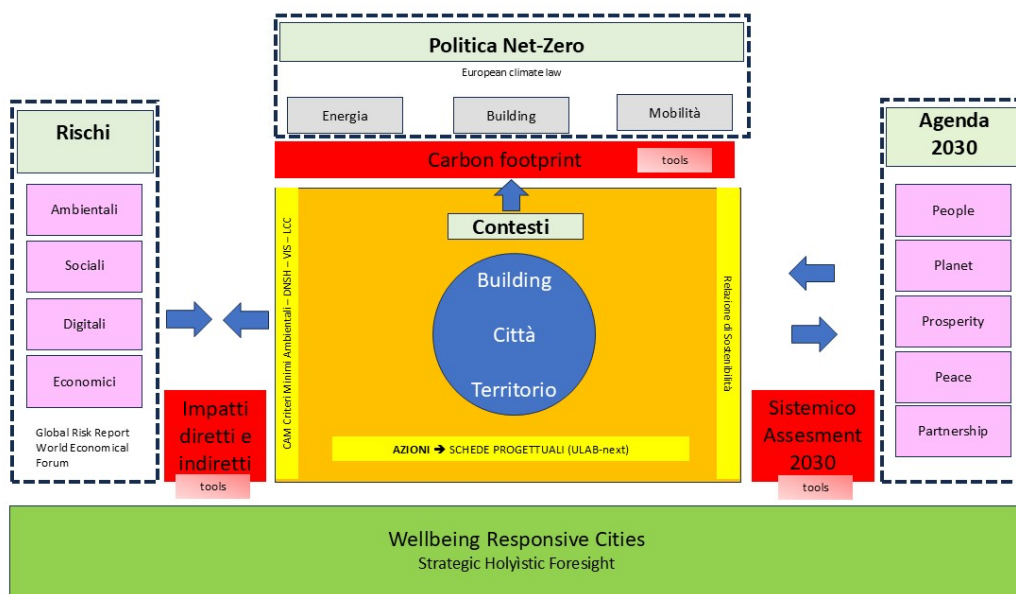


Figura 4 | Schema delle progettualità che partendo a dare risposte mitigative ai rischi presenti, concorrono alle politiche del NetZero sorrette da un approccio di sostenibilità sistemica attraverso il feedback degli indicatori dell'Agenda 2030
 Fonte: elaborazione dell'autore

Una città più efficiente non necessariamente è una città più abitabile. Ogni modello ha anche le sue fragilità e contraddizioni. L'idea di una *Smart City Brain*, se da un lato esaspera la capacità di elaborazione dei dati con il compito di gestire ottimizzando l'intero sistema urbano, dall'altro centralizza la governance dei flussi digitali. La città ha una sua complessità distribuita, la centralizzazione se da un lato può portare ad una maggiore efficienza dall'altra rende il sistema più fragile perché concepito come una rete chiusa. «In una rete urbana chiusa i sensori registrano il comportamento dei cittadini, la loro velocità o il consumo di energia, che il cittadino lo voglia o no, il feedback è involontario» (Sennet, 2018, pag. 189). In una rete urbana aperta, i singoli cittadini o gruppi hanno un maggiore controllo sui feedback e ne condividono l'informazione favorendo sistemi aperti cooperativi. In questo senso il modello della città a nodi interconnessi strutturata in analogia all'architettura di Internet, risulta meno controllabile ma più resiliente e adattabile alle sfide del XXI secolo. «Purtroppo oggi assistiamo ad una Internet che facilita l'accumulazione del potere da parte di

135 Fistola R., Morello E. (a cura di, 2026), Nuove tecnologie, pratiche digitali, intelligenza artificiale e publicness, Atti della XXVII Conferenza Nazionale SIU "Publicness: le sfide della dimensione pubblica nelle città e nei territori", Milano, 18-20 giugno 2025, vol. 11, Planum Publisher e Società Italiana degli Urbanisti, Roma-Milano. | 978-88-99237-94-3

un piccolo gruppo di influenti agenti governativi e non governativi concorrendo a formare città prescrittive e intrinsecamente autoritarie» (Sennet, 2018, pag. 190). «Come le civiltà industriali hanno potuto prosperare a discapito della natura e ora minacciano di distruggere la Terra, così una civiltà dell'informazione segnata dal capitalismo della sorveglianza e del suo nuovo potere strumentalizzante prospererà a discapito della natura umana e minaccerà di distruggerla» (Zuboff, 2019, pag. 21-22).

Queste nuove sfide portano a nuove modalità di fare urbanistica e progettare interventi sulla città basate sul ruolo dei dati, nella costruzione di una relazione tra visione e pensiero umano e le tecnologie dell'intelligenza artificiale anche di tipo generativo che l'uomo stesso implementa.

Riferimenti bibliografici

- Acemoglu D., Johnson S. (2023), *Potere e progresso. La nostra lotta millenaria per la tecnologia e la prosperità*, Il Saggiatore, Milano.
- Calder B. (2021), *Architecture. From Prehistory to Climate Emergency*, Penguin Random House, UK.
- De Boer M. (2023), *Choosing Nature-based solutions. Development of multi-criteria framework for selecting nature-based solutions in the urban context*, TUDelft.
- Han B.C. (2022), *Le non cose*, Einaudi Editore, Torino.
- Preti M. (2021), "La città del XXI secolo", in *Urban Design Magazine*, n 15, pp. 10-38.
- Sennet R. (2018), *Costruire e Abitare. Etica per la città*, Feltrinelli Editore, Milano.
- Seravalli A. (2010), "INU - Urbanpromo", in Perulli P., Pichierrri A. (a cura di), *Per un turismo valoriale*, Einaudi, Torino, pp. 263-304.
- Seravalli A. (2010), "SIU", in Perulli P., Pichierrri A. (a cura di), *Per un turismo valoriale*, Einaudi, Torino, pp. 263-304.
- Seravalli A. (2021), "La città adattiva – modelli e metodi di analisi del grado di eterogeneità urbana", in Murgante B., Pede E., Tiepolo M. (a cura di), *Innovazione tecnologica per la riorganizzazione spaziale*, Planum Publisher e Società Italiana degli Urbanisti, pp. 75-80.
- Zuboff S. (2019), *Il capitalismo della sorveglianza. Il futuro dell'umanità nell'era dei nuovi poteri*, Luiss University Press, Roma.
- Zubizarreta, A. Seravalli, S. Arrizabalaga, *Smart City Concept: What It is and What it Should Be*, *Journa of Urban Planning and Development*, Volume 142 Issue, 2016.

Sitografia

- <https://www.agendadigitale.eu/smart-city/dalla-smart-city-al-city-brain-limpatto-dellia-sullevoluzione-urbana/>
- <https://medium.com/screenless-cities/why-we-need-a-poetics-of-data-to-move-beyond-surveillance-cities-bd3bd059fc9d>
- <https://www.key4biz.it/city-brain-e-protezione-dei-dati-pregi-e-difetti-del-modello-singapore/177453/>
- https://www.ehangzhou.gov.cn/2025-04/01/c_293162.htm
- https://sumo.dlr.de/docs/Topics/Environmental_Issues.html
- <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:001178996701083>

Oltre la crisi dell'urbanistica: l'IA come strumento di rilancio della disciplina

Ruggero Signoroni

Politecnico di Milano

DAStU - Dipartimento di Architettura e Studi Urbani

Email: ruggero1.signoroni@polimi.it

Michelangelo Fusi

Università degli Studi di Brescia

DICATAM – Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e Matematica

Email: michelangelo.fusi@unibs.it

Abstract

Di fronte al crescente interesse, in campo urbanistico, verso applicazioni di Intelligenza Artificiale (IA) da adoperare in pratiche di progettazione e governo, il presente contributo riflette sui rischi e le opportunità della nuova tecnologia. L'ipotesi di partenza è che, depurata dai rischi di derive scientiste e tecnocratiche, l'IA possa rappresentare un valido strumento di rilancio della pratica urbanistica e di promozione della *publicness*. Ancorando la discussione ad una lettura critica, ma non pregiudizievole, dell'IA in urbanistica, l'articolo propone una panoramica dello stato dell'arte e un'analisi delle applicazioni, esistenti e potenziali, di IA in campo urbanistico. Il quadro che emerge dalla rassegna della letteratura mette in luce il carattere ambivalente del ricorso a ragionatori artificiali in campo urbanistico. Le applicazioni in materia di partecipazione e decentralizzazione delle decisioni, cruciali per favorire la *publicness* nei processi pianificatori, sono già sperimentate con successo. D'altro canto, si riscontra la tendenza ad un utilizzo tecno-centrico e pervasivo dell'IA che rischia di minare quanto di positivo tale tecnologia può rappresentare per il rilancio dell'urbanistica. Attraverso una disamina di queste ambivalenze, l'articolo propone una riflessione sul recepimento selettivo delle applicazioni di IA nella pratica urbanistica.

Parole chiave: planning, technology, innovation

1 | Introduzione

L'emergere dell'Intelligenza Artificiale (IA) di tipo generativo mette a disposizione dei pianificatori uno strumento formidabile le cui applicazioni in campo urbanistico, già esistenti o potenziali, rappresentano un'opportunità inattesa per il rilancio della disciplina. Che l'urbanistica italiana goda di cattiva salute appare oggi come un dato acquisito tanto in letteratura quanto nel più ampio dibattito pubblico. In che termini l'IA possa contribuire ad un concreto rinnovamento delle pratiche disciplinari, se non ad un vero e proprio rilancio dell'urbanistica, è invece oggetto di dibattito recente. Mentre un giudizio complessivo rispetto all'integrazione dell'IA nei processi e nelle pratiche urbanistiche sembra prematuro (e sotto taluni aspetti anche imprudente, data la tempestività con la quale tale tecnologia evolve), è viceversa utile soffermarsi sulle implicazioni del cambio di paradigma imposto dai ragionatori artificiali.

L'ipotesi che questo contributo esplora è che, al netto di una disamina dei rischi e delle opportunità legati allo strumento, l'IA possa essere determinante in due sensi. In primo luogo, rispetto a quella che qui di seguito viene illustrata come la “permacrisi” dell'urbanistica italiana. In secondo luogo, rispetto alla promozione della *publicness* – laddove la potenza computazionale dei nuovi ragionatori artificiali può essere adoperata con efficacia per garantire la dimensione pubblica dei processi di piano. Prendendo le mosse da questa premessa, la presente introduzione traccia un quadro circostanziato, per quanto conciso, delle ragioni sottostanti la crisi in cui versa la disciplina.

1.1 | La “permacrisi” dell'urbanistica italiana

L'urbanistica italiana odierna, intesa nella triplice dimensione di disciplina scientifica, professione e attività pubblica (Moroni, 2022), ormai da oltre un decennio viene dipinta come campo in crisi. Il primo ad esprimersi apertamente, e con una certa enfasi, contro la crisi endemica dell'urbanistica italiana è stato Leonardo Benevolo (2012) che, evocando addirittura il tracollo dell'urbanistica, denunciava l'esautorazione della disciplina e metteva in guardia rispetto alla crescente marginalità della cultura urbanistica. Contributi successivi hanno condiviso se non rilanciato la posizione di Benevolo, denunciando la «povertà

epistemologica» (La Cecla, 2014: 91) dell'urbanistica e l'incessante ricorso a retoriche disciplinari come surrogato di una comprensione scientifica del fenomeno urbano, in sostanza carente (ibidem).

In tempi più recenti, un contributo significativo al dibattito sulla crisi dell'urbanistica italiana è quello di Pier Carlo Palermo (2022). Se questo campo culturale e professionale è da tempo screditato, sostiene Palermo, è per via di «tre errori strategicamente determinanti» (p. 12) che nessuno ha saputo (né voluto) fronteggiare. Il primo riguarda la rinuncia a circoscrivere un «campo d'azione peculiare» per l'urbanistica. Ne consegue una confusione che si riflette anche sul linguaggio disciplinare, il quale evoca una varietà di tradizioni senza tuttavia stabilire un quadro d'insieme certo. Il secondo limite risiederebbe nella natura ambigua dell'urbanistica: di volta in volta, essa è stata presentata come sottocampo di una materia più vasta (dalla scienza alla politica, dalla tecnica all'arte) oppure come ibridazione di saperi tra loro spesso distanti. Infine, il terzo limite è da attribuire alla mancanza di un'autentica riflessione critica rispetto agli errori conclamati dell'urbanistica.

L'insieme di questi tre limiti, ai quali si sommano le sfide della contemporaneità, determinerebbe l'afasia dell'urbanistica e l'incapacità di perseguire scenari di «rinnovamento disciplinare» (p. 13).

1.2 | La “post-urbanistica” tra *gaps* e occasioni di rilancio

Complessivamente, l'impressione è che l'urbanistica sconti una serie di fragilità intrinseche, in gran parte irrisolte, che contribuiscono ad alimentare quel *gap* tra teorie e pratiche che tanta letteratura, soprattutto anglosassone, ha nel corso degli anni denunciato (de Neufville, 1983; Alexander, 1997; Allmendinger, 2002). Nel caso italiano, ciò che emerge è uno iato tra il processo di produzione del piano, assai dilatato nel tempo, e le trasformazioni reali della città e del territorio – che gli strumenti di pianificazione sembrano inadeguati a governare. Come osserva La Cecla (2014), «L'urbanistica è incapace di conoscere quello che avviene nelle città perché è chiusa dentro parametri numerici e 'liste', perché ha creduto che la realtà sociale sia qualcosa di trasferibile in mappature e percentuali e calcolo delle probabilità» (p. 13).

Il rifiuto della quantificazione, lungi dall'essere una novità nel panorama delle critiche all'approccio modernista (Scott, 1998), segnala uno scarto apparentemente incolmabile tra l'elaborazione scientifica dell'urbanistica, che sconta deficienze di carattere concettuale ed epistemologico, e la crescita delle città affidata a piani urbanistici «che diventano pacchi enormi di carte inintelligibili, decifrabili solo con difficoltà da parte degli addetti ai lavori» (Benevolo, 2012: VII). Di fronte a questo scarto, che riduce l'urbanistica a “post-urbanistica” (Palermo, 2022), l'ascesa dell'Intelligenza Artificiale (IA) pone numerosi interrogativi e sfide. Al di là delle molteplici applicazioni tecnologiche – delle quali il contributo propone una succinta panoramica –, l'IA introduce un cambio di paradigma che, opportunamente depurato da concezioni scientiste, può contribuire al rilancio della disciplina. Come evidenziato da Chillon (2024), la pianificazione è un processo «sempre più lento e retrogrado» in cui l'introduzione dell'IA può rappresentare un'opportunità di rinnovamento significativo, anche alla luce della crisi che ormai da anni attraversa il settore.

2 | Stato dell'arte

Nell'ambito del dibattito pubblico, l'IA viene oggi descritta come una forza destinata a ripulmare le società umane in questo secolo (Cristianini, 2023). Tuttavia, nonostante la portata straordinaria di tale cambiamento, nella maggior parte dei casi tanto il significato quanto le concrete applicazioni dei ragionatori artificiali restano elusivi (Crawford, 2021). Detto altrimenti, la riflessione circa la natura e l'utilizzo di questo paradigma tecnologico manca di un'autentica comprensione dei processi e delle operazioni che ne sottendono il reale funzionamento. Si pone dunque una questione di «complessità epistemologica» (Cugurullo et al., 2024: 3), laddove i processi complessi attinenti l'IA sono compresi appieno solamente da una comunità relativamente ristretta di esperti in scienze computazionali ed ingegneria (ibidem).

Ciò contribuisce a rafforzare l'aura oscura, quasi “esoterica”, che circonda l'IA (Greenfield, 2018) e che, più in generale, riflette i timori circa la deriva oscurantista dell'ultima svolta tecnologica (Bridle, 2018). Se da un lato permane il tema della complessità, intrecciato alla degenerazione “cabalistica” dell'IA, dall'altro emerge un rischio opposto e contrario: quello della semplificazione eccessiva. Un esempio efficace è costituito dalla declinazione singolare di “intelligenza artificiale”, la quale implica, scorrettamente, l'esistenza di una sola tecnologia in possesso di un tipo di intelligenza ben delineato (Cugurullo et al., 2024). Per sfuggire al riduzionismo insito in questa definizione di IA è opportuno intendere quello dei ragionatori artificiali come un «cosmo complesso» (p. 4) comprendente una varietà di tecnologie e di intelligenze (ibidem).

Le due rassegne che seguono, dedicate rispettivamente alle tecnologie informatiche nella pratica urbanistica e alle applicazioni di IA in campo urbano, rappresentano il tentativo di esplorare questo “cosmo complesso”.

2.1 | Tecnologie informatiche nella pratica urbanistica: una retrospettiva

Come sottolinea Chillon (2024), l'adozione della rivoluzione tecnologica non rappresenta una novità per i professionisti della pianificazione urbanistica. Con l'avanzare delle nuove tecnologie, queste sono state progressivamente integrate nella disciplina. Il CAD (Computer Aided Design) ha rappresentato una prima, fondamentale innovazione. Introdotto negli anni Ottanta, ha segnato un avanzamento significativo rispetto al disegno a mano. Il GIS (Geographic Information System), diffuso a partire dagli anni Novanta, ha permesso di integrare il disegno digitale con la gestione dei dati, offrendo strumenti avanzati per la loro analisi e visualizzazione. Più recentemente, il gemello digitale ha consentito addirittura la creazione di repliche virtuali e aggiornate in tempo reale della città fisica. Complessivamente, queste innovazioni hanno consentito di democratizzare ed efficientare i processi di progettazione (Barlett, 1996). Da un lato, hanno infatti consentito la creazione di rappresentazioni grafiche dettagliate anche a chi non è esperto nel disegno manuale; dall'altro, hanno velocizzato significativamente i tempi necessari alla produzione di elaborati. Tuttavia, tali innovazioni non hanno sostituito le competenze progettuali dei professionisti. Le intelligenze artificiali (IA) generative, ossia gli algoritmi che possono essere utilizzati per creare nuovi contenuti (Mc Kinsey, 2024), rappresentano quindi un ulteriore passo in avanti di un lungo processo di innovazione incrementale, in cui dati e strumenti di modellizzazione sono stati utilizzati con crescente frequenza (ibidem). Ciò che cambia con l'IA generativa sono la scala e l'accessibilità dello strumento, che può essere utilizzato in molteplici campi con facilità e naturalezza.

2.2 | Applicazioni dell'IA in campo urbano

Nella revisione sistematica condotta da Son et al. (2023) si evidenzia come l'IA per la pianificazione urbana è un campo ancora poco studiato. Il numero potenziale di applicazioni è enorme, tuttavia, essendo una tecnologia relativamente recente, vi è ancora una limitata evidenza empirica riguardo al suo effettivo utilizzo (Kizhakkethottam et al., 2022). Il campo di utilizzo prevalente riguarda l'adozione di algoritmi sofisticati che automatizzano compiti relativamente semplici, impiegati in contesti di "gestione urbana" quali la videosorveglianza e la razionalizzazione della fornitura di servizi (Pellegrin et al., 2021). Esempi di un utilizzo dell'IA a piccola scala riguardano l'analisi dei dati per la gestione della flotta del trasporto pubblico, ai fini di ridurre i consumi di carburante, oppure la raccolta e analisi di dati ambientali, quali monitoraggio di inquinamento di aria, acqua e suolo (ibidem). In questi casi, il termine "IA" viene spesso applicato impropriamente; questo comportamento rientra nel più ampio fenomeno dell'"AI washing", in cui semplici modelli statistici vengono etichettati come IA per finalità di marketing (Leffreng & Mueller, 2023).

Nei processi di pianificazione, l'impiego dell'IA generativa in senso stretto risulta ancora limitato; tuttavia, si registrano alcune applicazioni iniziali – soprattutto nella scrittura di documenti – che testimoniano una adozione emergente dello strumento.

La ricerca empirica condotta nel contesto statunitense suggerisce che l'IA tenda a integrarsi più efficacemente in ambiti della pianificazione urbana caratterizzati da un orientamento tecnocratico e quantitativo, come ad esempio la pianificazione dei trasporti (Sanchez et al., 2022). In tali settori, la disponibilità di dati strutturati e la presenza di modelli decisionali formalizzati – come il modello a quattro stadi (McNally, 2000) – favoriscono l'implementazione di strumenti di IA in modo più diretto ed efficace. Più in generale, l'intelligenza artificiale si configura come un potenziale catalizzatore per l'integrazione di diversi filoni della cosiddetta *data-driven urban science*, tra cui lo sviluppo delle smart city, l'urbanistica sostenibile e l'*urban science* in senso stretto (Bibri et al., 2024). In questo senso, l'IA non solo supporta l'elaborazione di grandi quantità di dati urbani, ma contribuisce anche alla costruzione di approcci analitici e predittivi che possono alimentare una pianificazione urbana più integrata, reattiva e sostenibile.

Nel campo della pianificazione urbanistica, l'intelligenza artificiale rappresenta ancora una prospettiva in larga misura futura, più che una realtà già consolidata. Sebbene l'interesse verso il suo potenziale stia crescendo, l'introduzione di tali tecnologie non si configura come un cambiamento dirompente, bensì come un processo evolutivo, graduale e progressivo. L'adozione dell'IA avviene per lo più attraverso sperimentazioni puntuali e applicazioni specifiche, senza che si osservi, al momento, una trasformazione sistemica dei paradigmi di pianificazione. Inoltre, l'IA viene prevalentemente concepita come uno strumento di supporto tecnico, destinato a coadiuvare i professionisti nella gestione di problematiche complesse e altamente specializzate. In tale prospettiva, essa non sostituisce le competenze analitiche e decisionali umane, ma ne rafforza la capacità operativa in contesti caratterizzati da elevata densità informativa e dalla necessità di elaborazioni predittive o ottimizzative.

3 | Discussione

Dalla letteratura e dall'esperienza pratica emerge che l'utilizzo della IA in campo urbano è ancora agli stadi primordiali, e che riguarda soprattutto la gestione urbana attraverso algoritmi sofisticati. Tuttavia, è possibile ipotizzare possibili campi di applicazione della IA – con particolare riferimento alle IA generative – anche in pianificazione urbanistica e urban design, come ha provato a immaginare Chillon (2024). Le seguenti considerazioni sono ispirate alle sue riflessioni, e riguardano le possibilità di implementazione tanto nelle fasi concettuali che in quella operative delle due discipline

Nelle fasi concettuali è possibile utilizzare l'IA generativa per la simulazione di scenari, consentendo di sperimentare idee e verificarne in tempo reale l'impatto, riducendo significativamente i tempi richiesti per questo genere di operazioni. L'IA offre inoltre la possibilità di condurre analisi comparative su diversi contesti urbani, identificando modelli e best practice che possono essere applicati ad altre realtà. Addestrare una IA con dati geospaziali, demografici, informazioni sull'infrastruttura esistente e politiche urbane potrebbe risultare di enorme utilità per l'urbanista, generando scenari di sviluppo urbano e simulare il loro impatto in aree specifiche, inclusi cambiamenti nella densità di popolazione, nell'uso del suolo, nella mobilità e nei servizi pubblici. Un ulteriore beneficio riguarda la semplificazione del linguaggio tecnico. L'uso di IA generative consente di tradurre documenti urbanistici complessi in termini più accessibili, facilitando la comprensione da parte di un pubblico più ampio.

La seconda categoria di possibili applicazioni riguarda fasi più operative della pianificazione urbanistica. Per esempio, a livello teorico l'IA generativa è in grado di supportare la creazione preliminare di disegni, generando proposte basate su criteri specifici forniti dai professionisti. Sebbene l'IA attuale presenti ancora limiti nella generazione di immagini dettagliate, è solo una questione di tempo prima che tali capacità migliorino. Un campo di applicazione con potenzialità interessanti è l'introduzione dell'IA nei software GIS con plugin dedicati.

3.1 | I rischi: l'IA e la deriva scienziata

In questo contributo è già stato menzionato il rischio duplice che riguarda, in termini generali, l'utilizzo tanto dell'IA in sé (come insieme, spesso eterogeneo, di tecnologie) quanto della categoria "IA" (già ampiamente abusata, come segnala il dibattito attorno all'"AI-washing" soprarichiamato). Ebbene, alla degenerazione "esoterica" e a quella, opposta, di carattere riduzionistico è da sommare una terza e più insidiosa eventualità che pertiene l'uso di IA in campo urbanistico. Si tratta di una deriva scienziata, tecnocentrica e tecnocratica che non è affatto da sottovalutare, in quanto la resa retorica di tali argomentazioni è pervasiva e trova ampio appoggio nella letteratura accademica. In termini concreti, la deriva scienziata dell'IA in campo urbanistico si configura come il tentativo di sottoporre il processo decisionale di pianificazione alla logica dell'automazione (Signoroni, 2024). Tale prospettiva è da rigettare, in primis, sul piano concettuale – ammesso che si prenda in seria considerazione la natura discrezionale dell'azione urbanistica, laddove ogni decisione è soggetta alla logica dell'argomentazione (ibidem). In secondo luogo, è necessario stigmatizzare quanto avvenuto con il modello *smart cities*. L'idea di poter ricondurre l'urbanistica nell'alveo della pianificazione di stampo modernista, basata su logiche di controllo centralizzato e antropocentrico, si è rivelata troppo spesso inadeguata e fallace (Shelton, Zook & Wiig, 2015).

Se è vero che l'IA in urbanistica predispone a forme di controllo distribuite e post-umane (Cugurullo et al., 2024), allora la tendenza scienziata e tecnocratica a servirsi della tecnologia in termini meramente strumentali è destinata a fallire. Quella che viene descritta come la futura "città senziente", animata da miriadi di interazioni uomo-IA, è almeno in principio radicalmente diversa dalla "città intelligente". Mentre quest'ultima promuove un paradigma tecnologico che riproduce, enfatizzandolo, l'assillo ultra-modernista per il controllo centralizzato (Scott, 1998), la città senziente risponde a tutt'altra logica.

3.2 | Le opportunità: l'IA tra approcci collaborativi e promozione della *publicness*

Qualora depurata da concezioni scienziaste, l'IA può rappresentare un formidabile mezzo a sostegno di approcci collaborativi. Il suo utilizzo in processi di governance allargata, pianificazione partecipata e co-progettazione trova già ampio spazio nelle pratiche disciplinari, soprattutto in relazione alla visualizzazione fotorealistica di interventi di ridisegno dello spazio pubblico e rigenerazione urbana sostenibile (Kavouras et al., 2025). In questi contesti l'IA trova concreta applicazione come strumento di democratizzazione delle pratiche urbanistiche. Un esempio significativo è il ricorso ad algoritmi di *image-inpainting* attraverso i quali supportare il lavoro di architetti e urbanisti nella definizione di soluzioni progettuali condivise per lo spazio pubblico (ibidem). L'ideazione condivisa – supportata da disegni, immagini, e simulazioni generati con l'IA – diviene così la base per processi decisionali più aperti e trasparenti. In questa prospettiva, l'utilizzo dell'IA capovolge la visione settorialistica, specialistica e tecnocratica di cui sopra mettendo a disposizione dei

professionisti uno strumento duttile per promuovere la dimensione pubblica nei processi di piano. Così adoperata, l'IA consentirebbe infatti agli urbanisti di aggirare quelle condizioni di «asimmetria relazionale» (Caselli, 2020) che troppo spesso si instaurano nel rapporto tra esperti e non-esperti, alterandolo in modo tale che la “regressione specialistica” finisce con l’assumere connotati strutturali (Signoroni, 2022).

Più in generale, è utile sottolineare come la promozione della *publicness* tramite l'IA non passa esclusivamente attraverso la generazione di immagini nell'ambito di pratiche di co-apprendimento e partecipazione. Anche la semplificazione del linguaggio tecnico e delle normative, applicazione già illustrata, rappresenta un vantaggio significativo in termini di incremento della dimensione pubblica (che, come tale, dev'essere accessibile e intelligibile proprio a partire dal linguaggio).

4 | Conclusioni

Prendendo le mosse da un'esplorazione mirata dello stato dell'arte, il contributo ha illustrato alcune possibili applicazioni dell'IA in campo urbanistico, dibattendone rischi e opportunità in relazione alle due questioni di fondo, presentate in apertura: la permacrisi dell'urbanistica e la dimensione pubblica dei processi di piano. I ragionatori artificiali introducono innovazioni concettuali e operative che impattano su entrambe le questioni, ridefinendone i termini e aprendo la strada a scenari di rilancio della disciplina.

Da un lato l'IA contribuisce a ridurre il divario tra l'apparato analitico-conoscitivo dell'urbanistica, spesso deficitario, e l'efficacia dell'azione pubblica, demandata a strumenti normativi arretrati e talvolta indecifrabili. Attraverso la semplificazione del linguaggio specialistico e la promozione di approcci collaborativi, l'IA si traduce in mezzo di decentralizzazione delle decisioni e democratizzazione dei processi. Dall'altro, però, l'IA introduce un paradigma che può essere facilmente sovvertito da logiche scientiste e tecnocratiche, i cui esiti infausti sono già stati sperimentati nelle pratiche di progettazione urbanistica ispirate alla *smartness*. Rispetto alle competenze degli urbanisti, non è da sottovalutare il rischio di un'erosione crescente di alcune *skills* come conseguenza di un uso indiscriminato (e dunque incauto) delle tecnologie di IA. L'ipotesi è che, così come il CAD ha diminuito le capacità di disegno manuale (Bairaktarova, 2017), anche l'IA possa direttamente o indirettamente contribuire a ridurre le competenze dei pianificatori.

In conclusione, è utile sottolineare che né un atteggiamento “tecnofobico”, di rifiuto aprioristico della tecnologia, né tantomeno un suo utilizzo acritico possono essere perseguiti dagli urbanisti. Assai più proficuo è il recepimento, meditato e selettivo, di quelle applicazioni che possono tangibilmente concorrere al rilancio della disciplina.

Attribuzioni

La redazione delle parti '1', '1.1', '1.2', '2', '3.1', '3.2', '4' è di Ruggero Signoroni, la redazione delle parti '2.1', '2.2', '3' è di Michelangelo Fusi.

Riferimenti bibliografici

- Alexander A. (1997), “A Mile or a Millimeter? Measuring the ‘Planning Theory-Practice Gap’”, in *Environment and Planning B: Planning and Design*, no. 24, vol. 1, pp. 3-6.
- Allmendinger P. (2002), *Planning Theory*, Palgrave, Houndmills.
- Benevolo L. (2012), *Il tracollo dell'urbanistica italiana*, Editori Laterza, Bari.
- Bairaktarova D. (2017), “Coordinating mind and hand: the importance of manual drawing and descriptive geometry instruction in a CAD-oriented engineering design graphics class”, in *The Engineering Design Graphics Journal*, no. 81, vol. 3.
- Bartlett R. (1996), “GIS-CAD and the new urban planning universe”. *Ite Journal-institute of Transportation Engineers*, no. 66.
- Bibri S. E., Huang, J., & Krogstie, J. (2024), “Artificial intelligence of things for synergizing smarter eco-city brain, metabolism, and platform: Pioneering data-driven environmental governance”, *Sustainable Cities and Society*, n. 108, 105516.
- Bridle J. (2018) *New Dark Age: Technology and the End of the Future*, Verso Books, London.
- Caselli D. (2020), *Esperti. Come studiarli e perché*, il Mulino, Bologna.
- Crawford K. (2021), *Atlas of AI: Power, politics, and the planetary costs of artificial intelligence*. Yale University Press, New Haven and London.
- Cristianini N. (2023), *La scoriatoia. Come le macchine sono diventate intelligenti senza pensare in modo umano*, il Mulino, Bologna.

- Cugurullo F., Caprotti F., Cook M., Karvonen A., McGuirk P., & Marvin S. (2024), "Introducing AI into urban studies", in Cugurullo F., Caprotti F., Cook M., Karvonen A., McGuirk P., & Marvin S. (eds), *Artificial Intelligence and the City*, Routledge, Abingdon-on-Thames and New York.
- de Neufville J. I. (1983), "Planning Theory and Practice: Bridging the Gap", in *Journal of Planning Education and Research*, no. 3, vol. 1, pp. 35-45.
- Greenfield A. (2018), *Radical technologies: The design of everyday life*. Verso Books, London.
- Kavouras I., Rallis I., Sardis E., Doulamis A., & Doulamis N. (2025), "Voting-Based Intervention Planning Using AI-Generated Images", in *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 45, no. 2, pp. 31-46.
- Kizhakkethottam C., Lahoud C., Pienaar J., Thung I., Owigar J., Sommer K., Nkuidje L., Pennanen-Rebeiro-Hargrave P., Westerberg P., Sietchiping R., Yousry S., Prud'homme B., Landry R., Sagar A. S., Permezal M., Zanin A., & L'Archevêque S. (2022): *AI & Cities: Risks, Application and Governance*. UN Habitat.
- La Cecla F. (2014), *Contro l'urbanistica. La cultura delle città*, Einaudi, Torino.
- Leffrang D., & Mueller O. (2023), "AI Washing: The Framing Effect of Labels on Algorithmic Advice Utilization", in *ICIS 2023 proceedings 10*.
- McNally, M. G. (2000), *The Four Step Model*. In *Handbook of Transport Modeling*, University of California, Irvine.
- Moroni S. (2022) "Urbanistica e valori: tra ricerca, professione e intervento pubblico", in *Territorio*, no. 101, vol. 2, pp. 114-118.
- Palermo P. C. (2022) *Il futuro dell'urbanistica post-riformista*, Carocci Editore, Roma.
- Pellegrin J., Colnot L., & Delponte L. (2021), *Research for REGI Committee – Artificial Intelligence and Urban Development*, European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies, Brussels.
- Scott J. (1998), *Seeing Like a State. How Certain Schemes to Improve the Human Condition Have Failed*, Yale University Press, New Haven.
- Shelton T., Zook M., & Wiig A. (2015), "The 'actually existing smart city'", in *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, Vol. 8, Issue 1, pp. 13–25.
- Signoroni R. (2022) "L'esperto fragile. Ripensare il ruolo dei pianificatori nell'età della tecnica", *Planum Magazine*, no. 44, vol. I/2022.
- Signoroni R. (2024), "Discretion, Justification, and Legitimation in Contemporary Urban Decision Making. A Reflection on the Role (and Risks) of Urban AI". In Calabrò F., Madureira L., Morabito F. C., Piñeira Mantiñán M. J. (eds) *Networks, Markets & People. NMP 2024. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 1186. Springer, Cham, pp. 276-285.
- Son T. H., Weedon Z., Yigitcanlar T., Sanchez T., Corchado J. M., & Mehmood R. (2023), "Algorithmic urban planning for smart and sustainable development: Systematic review of the literature", in *Sustainable Cities and Society*, no. 94, 104562.

Sitografia

- Chillon, P. (17 maggio 2024): "L'elefante nella stanza: l'urbanistica e i suoi professionisti di fronte all'intelligenza artificiale generativa"
<https://pablochillon.com/2024/05/17/lelefante-nella-stanza-lurbanistica-e-i-suoi-professionisti-di-fronte-allintelligenza-artificiale-generativa/>
- McKinsey & Co. (2024, aprile): "What is generative IA"
<https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-generative-ai>

Una nuova opportunità: il Digital Twin urbano. Caso studio

Ferdinando Verardi

Pegaso Telematic University
Dipartimento di Ingegneria
ferdinando.verardi@unipegaso.it

Maria Rosaria Angrisano

Pegaso Telematic University
Dipartimento di Ingegneria
mariarosaria.angrisano@unipegaso.it

Salvatore Claudio Cosimo

Pegaso Telematic University
salvatorecosimo@email.it

Abstract

Un gemello digitale urbano è la riproduzione quanto più accurata e complessa possibile di un ambiente urbano, una parte della città o tutta. L'obiettivo è quello di raccogliere e sistematizzare quanti più dati possibili sulla città, in maniera da avere una visione quanto più possibile completa dell'organismo urbano in un dato momento e del suo funzionamento. L'idea si colloca nell'ambito dell'Urban Intelligence, aggiungendo all'approccio informatizzato della smart city la componente urbana: la Senseable city.

Le città non sono solo luoghi dell'abitare. Esse sono anche potenti dispositivi creativi per attivare il diverso presente ed esplorare il futuro possibile se consentono una vita di comunità che costruisca relazioni feconde, generi sinapsi fertili, produca nuove economie e acceleri l'innovazione. Quando invece sono luoghi frammentati di disegualianze, spazi del conflitto irrisolto e generatrici di marginalità, esse perdono la loro funzione co-evolutiva con l'umanità. Si intende fornire, una ipotesi di lavoro e un contributo di idee.

Vi sono sperimentazioni, relative alla costruzione di gemelli digitali, che riguardano città italiane, come per esempio Matera, e città europee, come Zurigo, che saranno oggetto di studio della nostra ricerca.

Parole chiave: Innovazioni digitali, Digital twin, Urban Intelligence

1 | Una rivisitazione disciplinare dell'urbanistica non solo concettuale

Negli ultimi anni si è diffusa la convinzione che l'intelligenza artificiale può contribuire con maggiore incisività a migliorare la qualità di vita dei propri cittadini. Una convinzione manifestatasi ancor di più nel periodo della pandemia che ha accelerato la trasformazione digitale moltiplicando le interazioni con infrastrutture e servizi intelligenti, dai trasporti all'agricoltura, dalle strutture ambientali all'energia. È apparso evidente che i modelli di sviluppo, soprattutto per la vita nelle e delle città, che hanno accompagnato e guidato le trasformazioni territoriali negli ultimi decenni, non sono più adatti a soddisfare, nei tempi e nei modi, le esigenze che via via si sono manifestate: dalle diverse condizioni economiche a quelle sociali ed ambientali. Si è così diffusa la convinzione che l'intelligenza artificiale applicata alla pianificazione urbanistica rende capace di favorire una migliore della vita degli abitanti e così la città intelligente sia capace di conciliare i "nuovi" bisogni grazie anche all'impiego diffuso ed innovativo delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ITC), nei settori della mobilità, dell'ambiente e dell'efficienza energetica e quindi della rigenerazione urbana e territoriale. Uno dei principi che accompagna il presente scritto si basa sul concetto che comunque l'IA non può sostituire la creatività e quella necessaria conoscenza "ragionata" che sottintende alla comprensione dei fenomeni urbani e territoriali e ancor di più non è, ancora, capace di fornire risposte alle tante incertezze emerse nella città contemporanea. Riconoscendo tuttavia un importante ruolo alla digitalizzazione, una città progettata e pianificata con questo approccio dovrà avere una governance partecipata e concertata nella quale gli investimenti dovranno avere come obiettivo lo sviluppo sostenibile nel rispetto assoluto delle potenzialità socio-economiche ed ambientali dei luoghi urbani. Ed è proprio in riferimento a tali settori che l'urbanistica può avvalersi degli strumenti innovativi legati all'IA. Si pensi ad esempio ai servizi ecosistemici nella intrinseca necessità di avvalersi dei big data per la esplorazione degli indicatori di sostenibilità e dei loro effetti sulle trasformazioni territoriali (Chen and Kerschberg, 2019). Progettare una città intelligente deve poter significare organizzare un organismo

sostenibile nel rispetto delle condizioni ecologiche risignificando gli spazi del vivere sociale, connettendo le potenzialità delle nuove tecnologie alle tradizioni e alle vocazioni stratificate dei territori urbani. Un modello che vede nella partecipazione e nella multidisciplinarietà di saperi la sua forza, un modello che incide sul cambiamento degli stili di vita, che ha necessità di consapevolezza e che si avvia ad una revisione culturale ancor prima che tecnico e gestionale.

2 | Il ruolo dell'IA nella pianificazione urbanistica. La partecipazione come senso di appartenenza

Il dibattito formatosi attorno ai nuovi modelli determinati dall'innovazione tecnologica e digitale¹ rappresenta una grande occasione per indicare le priorità al servizio di un nuovo processo di pianificazione delle risorse e degli interventi. I modelli digitali delle città, sviluppati con le AI, potrebbero presto rivelarsi uno strumento cruciale nella corsa verso la sostenibilità dei nuclei urbani. Non bisogna però dimenticare che le città sono un insieme di tante cose: di memoria di desideri di segni; sono luoghi di scambio, di ricordi, di percezioni, di libertà e di sapori. La pianificazione urbanistica si nutre sempre di più di un approccio multidisciplinare, interessando settori sempre più specifici. All'interno di questo scenario viene a configurarsi l'esigenza maturata di poter sfruttare al massimo la componentistica tecnologica che la "conoscenza vasta" oggi ci offre, ed è proprio in questo contesto che deve essere colta l'opportunità dell'utilizzo di dispositivi tecnologici per le politiche urbane e poter pianificare scenari di rigenerazione ecosostenibili e inclusivi di città e territori. A solo scopo di memoria si ricorda che l'uso dell' AI si basa sull'idea di ottimizzare snellire ed espandere la portata delle operazioni più diverse, al fine di costruire una piattaforma tecnologica basata sui data e sulla logica dell'innovazione aperta con lo scopo di costruire modelli interattivi utili alla gestione dei sistemi complessi coinvolti nei processi di pianificazione. L'ampia portata di queste considerazioni apre nuovi orizzonti a diverse delle linee di ricerca che sono proprie dell'ambito disciplinare della pianificazione e progettazione urbana e territoriale. La vera sfida innovativa sarà rigenerare adottando, ogni volta che è possibile e la tecnologia e lo stato dei luoghi lo permette, soluzioni smart. La smart city del futuro conta su reti di trasporto pubblico sostenibili, esistenza di percorsi pedonali e/o ciclabili prioritizzati, sistemi di approvvigionamento idrico efficaci, soluzioni per l'illuminazione e il riscaldamento efficienti (Bibri, 2020).

Sassen, perseguiva la suggestiva indicazione di "urbanizzare le tecnologie", (2012).

Il principio di fondo è quello secondo il quale la città futura dovrà consentire ad ogni cittadino la possibilità di accesso ai beni comuni, ai luoghi urbani, alle informazioni, ai servizi ed alle attività. E' alle comunità locali che spetta il difficile compito di avviare la sperimentazione di nuovi modelli di sviluppo determinati dall'innovazione tecnologica e digitale, che incide sullo sviluppo della città e dei territori contemporanei e sui processi di pianificazione che li caratterizzano. Le comunità locali rappresentano una possibile soluzione al problema della partecipazione dei cittadini al processo di decisione, poiché al loro interno verrebbe garantita quella forma di democrazia che consente agli abitanti non soltanto il diritto all'espressione di opinione e di indirizzo politico, ma anche di partecipazione concreta alle funzioni urbane; soluzione, sperimentata all'interno dei laboratori territoriali che hanno il compito di promuovere la partecipazione degli abitanti alla produzione di piani e progetti e di avviare il processo di autoidentificazione e sviluppo delle comunità locali.

3 | Innovazioni digitali. Spazi di partecipazione e condivisione

La Città di domani, sempre più intelligente, trasformata dai progressi della tecnologia e dalla diffusione delle reti, e le relative innovazioni digitali rappresentano una grande opportunità per la pianificazione urbanistica, sia dal punto di vista del monitoraggio delle infrastrutture e dello stato ambientale dell'ambiente urbano, sia dal punto di vista della modellazione e conoscenza dell'oggetto urbano. Un'ulteriore opportunità è rappresentata dalla possibilità di visualizzare i cambiamenti conseguenti a determinati progetti e scelte. Per tutte queste caratteristiche e per la facilità di raccogliere contributi e opinioni, le tecnologie digitali appaiono utili anche come strumenti di coinvolgimento e partecipazione dei cittadini. Tuttavia alcune cautele devono essere usate: nella raccolta e nell'uso dei dati, nella costruzione degli algoritmi, e nella consapevolezza che alcune questioni continueranno a scivolare tra le maglie della digitalizzazione. Per questo è importante continuare a costruire momenti partecipativi pubblici nello spazio reale. La pianificazione urbanistica italiana, si sta da tempo interrogando sulla propria efficacia e sta cercando di dotarsi di metodi per il superamento dei limiti di operatività dei propri strumenti (Cappuccitti, 2014). Alcune pratiche di autorganizzazione possono ricadere in quelle che Giancarlo Paba chiamava le Politiche pubbliche dal basso

¹ Il piano Next Generation European Union prevede la destinazione di almeno il 20% delle risorse a misure che contribuiscono alla transizione "digitale". Dei 191,5 miliardi di euro messi a disposizione dell'Italia, il nostro PNRR destina il 25,1% (48,1 miliardi) per gli obiettivi digitali.

(Paba, 2010). Pratiche di autorganizzazione per la risposta collettiva ai bisogni sociali, che possono rappresentare un'importante fonte di benessere urbano diffuso, attraverso l'attivazione di spazi culturali e ricreativi in grado di rispondere in maniera creativa alle molteplici istanze della vita quotidiana attraverso modalità che in alcuni casi possono essere considerate più pubbliche del pubblico (Cellamare, 2012). Al contrario, spesso la pianificazione non tiene conto a sufficienza di queste molteplici dimensioni, come evidenziato anche da Sanchez De Madariaga che riporta il concetto di nuova vita quotidiana (Sanchez, 2004). Al di là delle questioni relative alla pianificazione di genere, appare comunque utile accogliere la critica alla tradizionale pianificazione funzionalista, soprattutto in un momento come quello attuale, in cui il lavoro perde i suoi confini predefiniti di tempo e di spazio e si diffondono pratiche di lavoro agile o smartworking, modificando abitudini di mobilità e consumi. Per questo una grande opportunità è rappresentata dall'utilizzo delle tecnologie digitali sia nell'ambito della raccolta e sistemazione di un grande numero di dati, sia nell'ambito del supporto alle decisioni, sia come strumento utile alla partecipazione. Questo tipo di urbanistica, orientata alla migliore gestione della città, trova la sua applicazione nel monitoraggio ed efficientamento delle infrastrutture urbane. Queste possono essere infrastrutture verdi, come riportato da Duarte F., De Souza P., che parlano dell'utilizzo degli algoritmi per analizzare le immagini di googlemaps, in modo da controllare la distribuzione e lo stato di salute del verde urbano, al fine di distribuire i benefici del greening in tutta la città (Duarte, De Souza, 2020). Avere parte attiva nel disegno di una porzione di territorio ed esprimere attraverso questo strumento i propri valori e desiderata nello spazio urbano è un'importante operazione partecipativa, le cui possibilità di raccolta, espressione e comprensione sono state ampliate all'uso del PPGIS (Participatory Public GIS). La mappatura o l'automappatura può essere utilizzata al fine di comprendere l'entità e la portata dei fenomeni a cui si partecipa. È necessaria anche in questo campo una buona dose di consapevolezza nel maneggiare ed eventualmente proteggere i dati [big data] (Verplanke et alii, 2016). Può capitare che alcune città affidino in outsourcing servizi di raccolta e gestione, perdendo il controllo su alcuni processi e finendo al contempo per ricomprare dalle stesse compagnie a cui li hanno affidati i dati prodotti dalla città stessa (Demboki et alii, 2020).

4 | Una nuova opportunità: il digital twin urbano. Caso studio

Strettamente parlando, un digital twin o gemello digitale, è un'immagine fedele di un processo fisico, modellata insieme al processo fisico in questione (Batty, 2018). Un gemello digitale urbano è la riproduzione quanto più accurata e complessa possibile di un ambiente urbano, una parte della città o tutta (Castelli et alii, 2019). L'obiettivo è quello di raccogliere e sistematizzare quanti più dati possibili sulla città, in maniera da avere una visione quanto più possibile completa dell'organismo urbano in un dato momento e del suo funzionamento. L'idea si colloca nell'ambito dell'Urban Intelligence, aggiungendo all'approccio informatizzato della smart city la componente urbana: la Senseable city. La città sensibile tende alla costruzione di città fortemente informatizzate, ma al contempo si interroga sul lato umano della città e su come includerlo, superando l'approccio prevalentemente tecnologico della smart city. Il gemello digitale urbano consente di mettere insieme in maniera leggibile, dati provenienti dalla rilevazione automatica di fenomeni relativi a situazioni cosiddette oggettive (qualità dell'aria, verde, ecc.) e dati più vicini all'esperienza della vita quotidiana delle persone e di conseguenza influenzarne i comportamenti. Un gemello digitale non è una rappresentazione fedele della realtà, ma deve esserlo abbastanza per tenere insieme dati sufficienti al fine di discutere problemi complessi, (Demboki et alii, 2020) mettendo insieme processi economici e sociali con l'ambiente costruito, e collegare processi fisici e funzionali alle rappresentazioni socioeconomiche (Batty, 2018). Generalmente modelli di gemello digitale possono riguardare singole infrastrutture (sistema idrico) o ambiti (rumorosità e inquinamento sonoro, qualità dell'aria, isole di calore, ecc.). Solo recentemente si comincia ad applicare questa tecnologia alla costruzione di modelli avanzati e sperimentali, che potrebbero ampliare il campo per costruire una visione non settoriale, ma composita e globale dell'intero insediamento urbano, attraverso la costruzione di diversi layer che cooperano tra di loro, al fine di creare un'immagine non solo di sistemi e sottosistemi urbani, ma di comprendere anche abitanti e city users e le loro interazioni (Castelli et alii, 2019). Come altri strumenti di rappresentazione i gemelli digitali possono essere utili ai processi di partecipazione. Alcuni modelli di machine learning tendono a fotografare la realtà e a riprodurla, rendendo più difficile il cambiamento (Criado, 2020). Non tutti gli aspetti sociali della vita urbana possono essere traslati in dati utilizzabili dai metodi della Scienza dei dati, e alcune volte i fenomeni critici contemporanei non producono dati che possono essere letti dai computer, ma hanno impatti sociali, che possono non essere rilevati dai modelli digitali. Per quanto le tecnologie digitali aprano affascinanti orizzonti di possibilità di conoscenza e predizione, la questione della partecipazione non può essere risolta unicamente attraverso mezzi dematerializzati di raccolta delle opinioni singole. Questo tipo di processo corrisponderebbe a una semplice consultazione. Se da una parte appare facilitare l'informazione e la raccolta

delle opinioni di alcune fasce della popolazione, dall'altra parte alcuni aspetti non sono da escludere. Il primo riguarda il processo di partecipazione in sé, i cui esiti sono sempre imprevedibili rispetto alla somma delle opinioni di singoli partecipanti; il risultato di un processo di partecipazione è esito di momenti di ascolto, informazione, apprendimento mutuo, di incontri informali, una specie di fermentazione, per dirla con le parole ispirate di Decandia (Decandia, 2011). Il secondo riguarda le tecniche di inclusione, facendo particolare attenzione a quelle fasce d'età di inizio e fine vita. La partecipazione degli anziani infatti, può essere una fonte preziosa di informazione e di costruzione di valore simbolico e identitario all'interno di una comunità (Tonucci, 1997), (Belingardi et alii, 2018). Per questo è necessario continuare a costruire arene di partecipazione offline, in cui le persone possano continuare a confrontarsi, conoscersi, scambiare punti di vista per costruirne altri condivisi. Ancora la rete non appare contenere queste caratteristiche, anzi vengono considerate migliori le infrastrutture che riescono a eliminare quel disturbo che invece costituisce la base della serendipity (Bollier, 2014). Vi sono sperimentazioni, relative alla costruzione di gemelli digitali, che riguardano città italiane, come per esempio Matera, (Fig. 1) e città europee, come Zurigo (Fig. 2).

5 | Conclusioni

Come è noto, l'Agenda 2030 dell'ONU ha ricompreso tra i suoi obiettivi la riorganizzazione della città in chiave di sviluppo sostenibile (Obiettivo 11, Sustainable Cities and Communities). Inoltre, la sostenibilità dei nuovi modelli di sviluppo urbano è al centro del Green New Deal voluto dalla Commissione Europea guidata da Ursula Von der Leyen. Infine, l'urgenza di raggiungere questi obiettivi è aumentata successivamente alla fase pandemica socio-sanitaria da Covid-19. La riorganizzazione degli insediamenti umani in chiave post-pandemica è uno dei temi fondamentali dei nuovi programmi di rilancio dell'economia in vista dell'utilizzo strategico del Recovery Fund. Senza alcun dubbio la città antica era più attrezzata per affrontare le epidemie, non solo per la presenza strutturale dei lazzaretti e dei sanatori, ma per la stessa forma urbis che prevedeva distanze a misura d'uomo e luoghi di relazione anche per la vita di quartiere e di vicinato. L'espansione a macchia d'olio della città moderna e la connessa polarizzazione dei servizi sono senz'altro l'effetto inarrestabile delle nuove dinamiche di sviluppo collegate al processo di industrializzazione e al relativo boom economico, ma la strutturazione della sua forma è imputabile all'applicazione distorta delle teorizzazioni e dei punti di dottrina del Movimento Moderno (CIAM, 1928-1959; Carta di Atene, 1933). Oggi, nella città contemporanea e post-moderna, è profondamente cambiato il modo di vivere, la maniera di intendere le relazioni sociali e lo stesso uso della struttura urbana di impianto moderno. La metropolizzazione dell'insediamento urbano non è più solo un fenomeno legato alla sua dimensione, ma piuttosto una tendenza inevitabile connessa alla disintegrazione delle dotazioni, alla loro espulsione dalla struttura urbana per essere meglio collegate alle reti della mobilità. Ma più che la città sono cambiati i suoi utenti, non più cittadini ma city user, newcomers, traveller, globetrotter, figure sociali di recente formazione prodotte dal nuovo paradigma funzionale dell'insediamento globalizzato. Negli anni '90, a partire dai temi della cybersicurezza e del potere delle reti informatiche, nasceva un nuovo personaggio: l'hacker. La diffusione delle tecnologie digitali, nel corso del ventunesimo secolo, ha fatto sì che, sia cresciuto a dismisura il numero dei sistemi hackerati. La città, con le sue piazze, e i diversi luoghi di partecipazione, diventa un amplificatore, poichè allo spazio civico, si attribuisce una specifica identità sociale, politica e religiosa (Ratti, 2017). Oggi, le città, sono sempre più pervase da una componente digitale connessa allo spazio fisico. La convergenza di digitale e fisico si presta ad ospitare, ed amplificare, i diversi aspetti duali dell'hacking. Una complessa rete di sistemi trasparenti, un flusso informativo continuo e condiviso, inteso come diritto umano fondamentale quello che il filosofo Henri Lefebvre definì "le droit a la ville", il diritto alla città (Saskia Sassen, 2013). I dati e le piattaforme aperte, che per una città tradizionale e intelligente sono rappresentati dagli spazi accessibili, non sono altro, che la chiave per condividere idee, sapere e best practice con soggetti disponibili a collaborare. Una vita urbana, che si dirige verso una convergenza dello spazio fisico e digitale, dando vita ad una nuova cittadinanza.

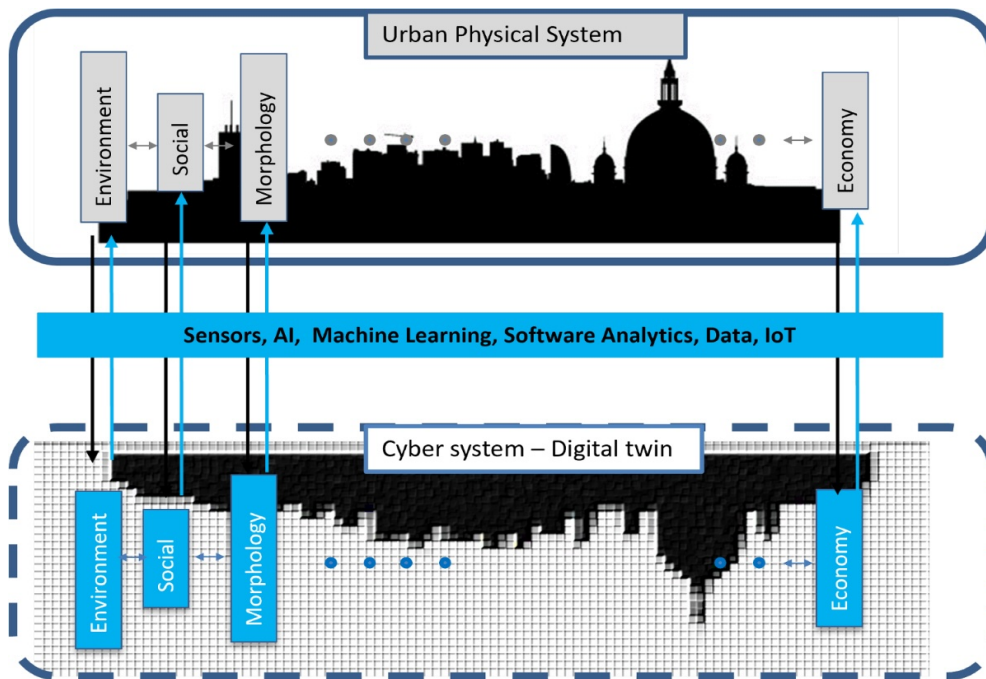


Figura 1 | caso studio: gemello digitale della Città di Matera.
Fonte: Città di Matera



Figura 2 | caso studio: gemello digitale della Città di Zurigo.
3D model with terrain. Fonte: Città di Zurigo

Attribuzioni

La redazione delle parti § 1, 2, 3, 5 è di Autore 1, 2, 3. La redazione delle parti 4, è di Autore 1.

Riferimenti bibliografici

- Batty M., (2018). “Digital Twins” Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 45, 817-820.
- Batty, M., Axhausen, K.W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., & Portugali, Y. (2012). Smart cities of the future. The European Physical Journal Special Topics, 214(1), 481-518.
- Belingardi C., Morachimo L., Prisco A., Renzi D., Tonucci F., (2018). Manuale di progettazione partecipata con i bambini e le bambine, Zeroseiup, Bergamo.
- Bibri, S. E. (2020). Artificial intelligence for smart and sustainable cities: Opportunities, challenges, and enabling technologies. Sustainable Cities and Society, 53, 101924.
- Bollier D., (2014). Think like a commoner. A short introduction to the life of the commons. New Society Publishers Gabriola Island.

- Cappuccitti A. (2014). Pianificazione territoriale e urbanistica. In Mattogno C., (a cura) Ventuno parole per l'urbanistica. Aracne, Roma.
- Castelli G., Cesta A., Diez M., Ravazzani P., Rinaldi G., Savazzi S., Spagnuolo M., Strambini L., Tognola G., Campana E., F., (2019). Urban Intelligence: a Modular, Fully Integrated, and Evolving Model for Cities Digital Twinning. 2019 IEEE 16th International Conference on Smart Cities: Improving Quality of Life Using ICT & Iot and AI (HONET – ICT), Charlotte, NC, USA, pp. 033-037, doi: 10.1109/HONET.2019.8907962.
- Chen, J., & Kerschberg, L. (2019). Artificial intelligence and big data analytics in urban planning and design: Trends, challenges, and opportunities. *Journal of Urban Technology*, 26(2), 3-20.
- Cellamare C. (2012). Progettualità dell'agire urbano. Processi e pratiche urbane. Carocci, Roma.
- Decandia L., (2011). L'apprendimento come esperienza estetica. Una comunità di pratiche in azione. Franco Angeli, Milano.
- Dembski F., Wossner U., Letzqus M., Ruddat M., Yamu C., (2020). Urban Digital Twins for Smart Cities and Citizens: the case study of Herrenberg, Germany. Sustainability. <https://doi.org/10.3390/su12062307>.
- Criado P., (2020). Invisibili. Come il nostro mondo ignora le donne in ogni campo. Dati alla mano, Einaudi, Torino.
- Dembski F., Wossner U., Letzqus M., Ruddat M., Yamu C., (2020). Urban Digital Twins for Smart Cities and Citizens: The Case Study of Herrenberg, Germany . Sustainability 2020, 12, 2307.
- Dembski F., Wossner U., Letzqus M., Ruddat M., Yamu C., (2020). Urban Digital Twins for Smart Cities and Citizens: The Case Study of Herrenberg, Germany . Sustainability 2020, 12, 2307.
- Duarte F., De Souza P., (2020). Data Scienze and Cities: a critical approach. Harvard Data Dcience Review.
- Cristaldi e J. Droogleever (a cura di) La città delle donne. Un approccio di genere alla geografia urbana. Bologna.
- Fusco Girard F. (2011). Multidimensional evaluation processes to manage creative, resilient and sustainable city. Aestimum n. 59. <https://doi.org/10.13128/Aestimum-10464>.
- Karimi, A., & Koutsopoulos, H. N. (2018). The impact of autonomous vehicles on urban networks: A review. *Networks and Spatial Economics*, 18(4), 685-712.
- Koo, J., & Lee, S. (2019). Smart city governance and planning with a big data analytics approach. Sustainability, 11(7), 1895.
- Lu, Y., Nakatsu, R., & Cai, Y. (2013). An augmented reality-based collaborative environment for urban design and planning. *Automation in Construction*, 35, 379-390.
- Merriam-Webster Dictionary (2015). [http://www.merriam-Webster.com/s.v. <hacker>](http://www.merriam-Webster.com/s.v.<hacker>).
- Paba G. (2010). Corpi urbani, differenze interazioni, politiche 108. Franco Angeli, Milano.
- Poli D., (2019). Rappresentare mondi di vita. Radici storiche e prospettive per il progetto di territorio. Mimesis, Milano.
- Pereira, R. H., Magalhães, A. C., & Gama, J. (2018). Urban data analytics: Enabling planners to deal with big data. *Computers, Environment and Urban Systems*, 71, 101-111.
- Quercia, D., & Crowcroft, J. (2020). Urban informatics between smart cities and citizen science. *Journal of Urban Technology*, 27(2), 1-9.
- Ratti C., (2017). The City of Tomorrow, Einaudi Editori, Torino.
- Saskia Sassen, intervista di Open Source Urbanism, <<Saskia Sassen>>, OSU//The Interviews, Open Source Urbanism, novembre 2013, ultima consultazione 30 giugno 2015. <https://opensourceurbanism.wordpress.com> Henri Lefebvre, Writings on Cities, trad. Ingl. e cura di Eleonore Kofman e Elizabeth Lebas, Wiley – Blackwell, Oxford 1996, p.158.
- Sassen S, (2012). Cities: A Window into Larger and Smaller Worlds. *European Educational Research Journal*. Volume 11 Issue 1.
- Sanchez de Madariaga I. (2004). Infraestructuras para la vida cotidiana y calidad de vida. *Ciudades: Revisa del Instituto Universitario de Urbanística de la Universidad de Valladolid*, No. 8.
- Tonucci F., (1997). La città dei bambini. Un nuovo modo di pensare la città, Laterza, Roma, Bari.
- Verplanke J., Michael K. McCall, Claudia Uberhuaga, Giacomo Rambaldi & Muki Haklay (2016) A Shared Perspective for PGIS and VGI, *The Cartographic Journal*, 53:4, 308-317, DOI: 10.1080/00087041.2016.1227552.
- Yigitcanlar, T., Kamruzzaman, M., & Buys, L. (2020). Artificial intelligence in urban planning and governance: Conceptual framework and systematic review. *Journal of Artificial Intelligence and Urban Planning*, 4(2), 1-20.

L'AI nella pianificazione urbanistica. Nuovi processi digitali per la promozione della *publicness*

Ida Zingariello

Università degli Studi di Napoli Federico II
DICEA - Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale
Email: ida.zingariello@unina.it

Romano Fistola

Università degli Studi di Napoli Federico II
DICEA - Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale
Email: fistola@unina.it

Abstract

L'Intelligenza Artificiale (AI) sta affermando, sempre più, le sue potenzialità in termini di strumento strategico all'interno dei processi di pianificazione urbanistica, permettendo analisi avanzate, supporto alle decisioni e ottimizzazione delle fasi attuative. In questo scenario, l'utilizzo dei *Large Language Model* (LLM) rappresenta una competenza emergente per i pianificatori urbani, chiamati a valutarne l'affidabilità e la capacità di contribuire a visioni olistico-sistemiche dei futuri insediamenti antropici. La crescente interazione tra spazio fisico e digitale contribuisce a ridefinire il concetto di *publicness*, estendendolo oltre lo spazio fisico verso un dominio aumentato e codificato, il *Coded Urban Space* (CUS). In questo senso l'AI gioca un ruolo chiave nel determinare una nuova "*publicness* digitale", in quanto modella l'accesso alle informazioni, la trasparenza dei dati e il livello di inclusione o esclusione degli utenti dai servizi digitali. Ne deriva la necessità di interrogarsi sulle condizioni per un'urbanistica assistita dall'AI che coniughi innovazione tecnologica e giustizia sociale, evitando derive di automatizzazione acritica. In questa direzione risulta imprescindibile la definizione di un solido quadro metodologico e l'aggiornamento delle competenze dei pianificatori.

Parole chiave: *Publicness* digitale, *Artificial Intelligence*, Nuova Urbanistica

Introduzione

Considerando gli sviluppi più recenti, si prospetta un futuro in cui ambienti AI integrati potranno svolgere attività specifiche di pianificazione urbanistica in modo sempre più efficace (Fistola & La Rocca, 2024).

Il compito degli studiosi dei fenomeni urbani e territoriali è ora quello di definire quale può essere il supporto ed il ruolo effettivo dei LLM nel processo di governo delle trasformazioni della città e del territorio.

In questo contesto, è utile riflettere sull'adozione dell'AI nei processi di governo delle trasformazioni riferendola anche alla nuova dimensione digitale della *publicness*. La corretta adozione dell'AI nei processi di pianificazione urbanistica ha potenzialità innovative anche per la promozione di una *governance* in termini di accessibilità, inclusione e processi partecipativi (Lartey & Law, 2025). Inoltre, la crescente ibridazione fra spazio fisico e spazio digitale amplia il significato stesso di *publicness*: gli spazi urbani aumentati da tecnologie di realtà estesa (XR) e gli ambienti governati da algoritmi diventano a loro volta "luoghi pubblici", in cui si esercitano nuove forme di cittadinanza e interazione sociale.

Alla luce del contributo che l'AI può offrire ai processi di governo delle trasformazioni territoriali, si pone con urgenza la questione di come tali tecnologie debbano essere integrate nelle diverse fasi della prassi urbanistica. Senza un'adeguata regolamentazione e un efficace processo di verifica dei suoi esiti, l'AI può comportare rischi significativi; in particolare:

- la possibilità di produrre decisioni arbitrarie o opache, compromettendo la trasparenza amministrativa;
- il pericolo di discriminazioni sistematiche, quali bias nei dati o negli algoritmi che rischiano di rafforzare le disuguaglianze preesistenti anziché ridurle;
- la potenziale deriva verso forme di centralizzazione autoritaria del potere decisionale, ove l'uso di sistemi algoritmici si trasformi in uno strumento di controllo sociale.

In questo senso diventa evidente che la qualità e la neutralità dei dati di addestramento assumono un ruolo determinante. Dati falsi, incompleti o intrinsecamente influenzati da pregiudizi culturali e sociali producono inevitabilmente valutazioni distorte e nuove forme di esclusione (Sanchez et al., 2025).

In assenza di controllo e adeguata regolamentazione, il processo di pianificazione assistito dall'AI rischia di spostarsi verso una dimensione invisibile e opaca, dove le decisioni vengono prese “a monte” da algoritmi difficilmente verificabili. Per evitare che ciò si traduca in nuove forme di tecnocrazia algoritmica, diventa necessario ripensare il ruolo degli esperti, dei cittadini e delle istituzioni all'interno di un ecosistema decisionale sempre più ibrido in cui si intrecciano competenze umane e capacità computazionali.

Dal framework CRAFT al ciclo P³: l'interazione uomo-AI nella pianificazione urbanistica

A partire da queste riflessioni, è possibile immaginare l'adozione dell'AI nei processi di governo delle trasformazioni territoriali a partire dal rapporto fra agente umano e agente digitale teorizzato dal framework CRAFT che definisce, in generale, le diverse azioni e interazioni fra agente umano e ragionatore artificiale (Hassan et al., 2024). L'acronimo indica la fase di *Content*, nella quale si descrive il contest nel quale si va ad operare; la fase di *Role*, nella quale si specifica al ragionatore il ruolo che deve assumere nel fornire le proprie definizioni; la fase di *Action* che struttura la sequenza di lavoro; la fase di *Format* che definisce il formato nel quale le risposte devono essere presentate; la fase di *Target* che indica il destinatario dell'attività svolta.

Relativamente allo specifico campo del governo del territorio è possibile fornire una caratterizzazione sintetica del CRAFT strutturata in un ciclo di lavoro in tre fasi consecutive, identificabile come ciclo “P³”. Le tre P fanno riferimento alle tre attività che connotano la sequenza: *Preparing* (preparazione), *Partnering* (partenariato/co-sviluppo), *Profiling* (profilazione) (Figura 1).

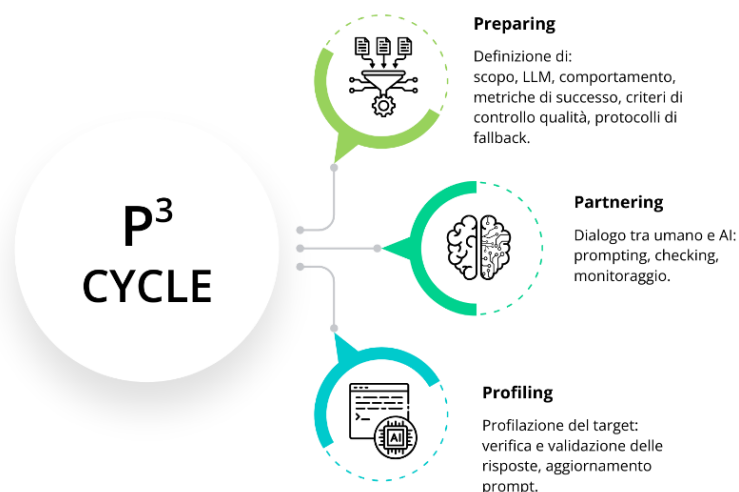


Figura 1 | Schema dell'interazione uomo-AI attraverso il ciclo P³

L'azione di *Preparing* ha come obiettivo identificare lo scopo generale dell'attività, selezionare l'LLM (verticale) più adeguato e definire il dominio di conoscenza e i parametri di comportamento dell'AI. In altre parole le azioni da mettere in essere sono: definizione dello scopo e dei limiti etici; valutazione e selezione dell'LLM in base a conoscenza, competenza, affidabilità e relativi costi; definizione di indicazioni di comportamento e creazione di procedure di intervento umano; messa a punto di metriche di successo, criteri di controllo qualità e protocolli di *fallback*.

Per quanto attiene al *Partnering*, l'obiettivo è strutturare opportunamente il “dialogo” tra umano e AI per generare decisioni e azioni guidate da appropriati prompt. Le attività di questa fase del ciclo sono: progettazione della sequenza di prompt (*prompt chain*) e dei flussi di attenzione tra input, elaborazione e output; allineamento degli obiettivi attraverso l'indirizzamento del LLM verso decisioni utili, etiche e verificabili; implementazione di meccanismi di *feedback* e *checking* umano (revisione, correzione, approvazione); monitoraggio continuo di affidabilità, verifica delle allucinazioni e dei bias, coerenza delle risposte e gestione del rischio (inclusa verifica delle fonti e tracciabilità delle decisioni).

In ultimo la fase di *Profiling* ha come obiettivo profilare il contesto, gli esiti e i destinatari delle decisioni, e validare i risultati ottenuti. In particolare le azioni sono: profilazione del target o del contesto di applicazione (utenti, casi d'uso, contesto operativo); verifica e validazione delle risposte e dei risultati dell'interazione: accuratezza, robustezza, affidabilità, conformità normative; costruzione di metriche post-implementazione, ulteriore analisi di bias e azioni correttive; aggiornamento continuo di modelli, prompt e *policy* sulla base dei *feedback* e delle nuove informazioni.

Il ciclo P³ può essere ulteriormente caratterizzato anche in considerazione dello specifico LLM adottato, ma le attività indicate vanno esperite in maniera complete e sequenziale.

Questa prospettiva rende evidente come l'urbanistica non possa più limitarsi agli strumenti tradizionali, ma debba configurarsi come una "Nuova Urbanistica", capace di integrare l'AI in modo critico e responsabile. Ciò implica lo sviluppo di nuove competenze per i pianificatori, chiamati non solo a governare i processi territoriali, ma anche ad addestrare e indirizzare l'operato degli agenti digitali, garantendo al tempo stesso processi decisionali trasparenti e inclusivi.

Publicness digitale

Con l'integrazione dell'AI nei processi di governo del territorio, l'algoritmo si configura come un nuovo attore urbano, capace di influenzare direttamente le trasformazioni territoriali al pari degli altri soggetti coinvolti e con il quale diventa imprescindibile confrontarsi. Da qui l'esigenza di elaborare una nuova concezione di *publicness* che non si limiti allo spazio fisico, ma che includa anche i processi computazionali alla base delle trasformazioni urbane.

In un contesto urbano sempre più ibrido (Fistola & Zingariello, 2022), il concetto stesso di *publicness* si ridefinisce in termini di *publicness* digitale, relativa agli ambienti aumentati dalle tecnologie di digitalizzazione della città e agli algoritmi deputati al loro governo.

Non è più sufficiente considerare la sola dimensione fisica dello spazio pubblico, quanto piuttosto riconoscere un nuovo spazio a due dimensioni: una digitale, operativa, dove l'AI elabora dati e prende decisioni, e una fisica, orientata e trasformata da queste stesse logiche computazionali. È da tale duplicità che prende forma il concetto di *Coded Urban Space* (CUS), uno spazio pubblico la cui definizione non dipende più soltanto da attori fisici (decisori, pianificatori e cittadini), ma anche da codici, algoritmi e sistemi computazionali che ne regolano l'uso, la gestione e la percezione. Il CUS si configura come una nuova categoria interpretativa dello spazio urbano, nella quale le logiche computazionali assumono un ruolo centrale nella definizione, gestione e percezione dello spazio pubblico regolato tanto dalle interazioni sociali quanto dai processi computazionali. La sua accessibilità e inclusività dipendono non solo dalla configurazione fisica dei luoghi, ma anche dalla trasparenza, dall'apertura e dalla comprensibilità degli algoritmi che ne governano il funzionamento.

In tale prospettiva, la *publicness* digitale, si configura come un indicatore dell'accessibilità al CUS, esprimendo il grado di inclusività, trasparenza e apertura degli ambienti urbani governati da logiche algoritmiche.

Senza pretesa di esaustività, è possibile considerare alcune applicazioni dell'AI volte a favorire e promuovere la dimensione digitale della *publicness* quali:

- raccolta del sentiment collettivo attraverso chatbot che coordinano forum online specifici per comprendere le opinioni dei cittadini consentendo ai decisori politici e ai pianificatori di avere una visione chiara e strutturata del sentiment collettivo;
- utilizzo di modelli per formalizzare lo stato emotivo della popolazione rispetto a diverse proposte di trasformazione urbana con l'obiettivo di trasformare le percezioni e i sentimenti della cittadinanza in dati strutturati per orientare le decisioni urbanistiche;
- rafforzamento della *governance* partecipativa tramite strumenti avanzati di monitoraggio delle politiche pubbliche e sistemi automatizzati per la raccolta e l'elaborazione dei *feedback* dei cittadini sulle decisioni amministrative.

In questo quadro, il rischio di una possibile opacità algoritmica introduce una nuova dimensione nel rapporto tra amministrazioni e amministrati, configurandosi come una sfida cruciale per la trasparenza e la fiducia nei processi decisionali e aprendo, al contempo, un ulteriore ambito di *governance* legato alla gestione degli algoritmi.

In questa direzione, la *governance* pubblica degli algoritmi richiede strumenti specifici, primo fra tutti l'impiego di tecniche e approcci capaci di rendere trasparenti, interpretabili e comprensibili i processi decisionali dei sistemi di AI, assicurando la tracciabilità delle decisioni automatiche. È questa la logica alla base dell'*Explainable AI* (XAI) che, a differenza dei modelli di tipo *black box*, che producono risultati senza fornire spiegazioni sulle logiche sottostanti, si propone di chiarire come e perché un algoritmo giunga a una determinata decisione o previsione (Javed et al., 2023).

L'attuazione effettiva di una *governance* algoritmica passa attraverso una regolamentazione della XAI e richiede tre condizioni fondamentali: la creazione di organismi di controllo con competenze multidisciplinari e orientati alla costruzione di un'AI affidabile; l'alfabetizzazione algoritmica dei cittadini, volta ad accrescere la loro capacità critica nei confronti dei processi automatizzati; l'adozione sistematica dell'AI nei processi di pianificazione.

In questo senso, l'accesso al CUS risulta indissociabile dall'adozione di pratiche di XAI, presupposto imprescindibile per l'instaurazione di una *governance* algoritmica trasparente e responsabile e per il consolidamento di una nuova *publicness* digitale (Figura 2).

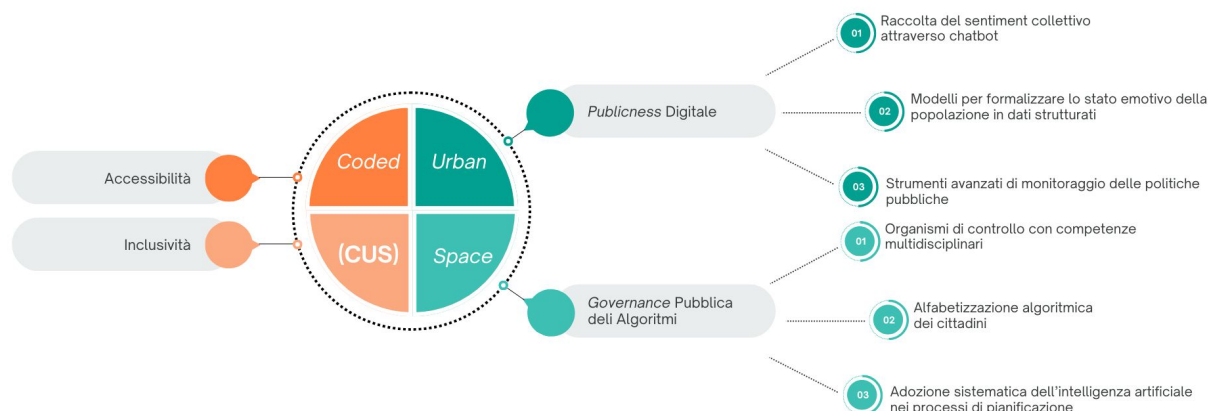


Figura 2 | Schema attuativo del *Coded Urban Space* (CUS)

Due dimensioni della *publicness* digitale: la creazione di arene digitali e di agenti AI

Sul piano operativo e comunicativo, l'attuazione di una *publicness* digitale passa, come detto, dall'adozione sistematica dell'AI. In tal senso, questa nuova dimensione di partecipazione mediata dall'AI può tradursi anche nell'impiego strutturato di arene digitali e agenti virtuali.

L'idea di arene digitali è quella di creare spazi di partecipazione on line che trascendono le fasi episodiche di consultazione pubblica, offrendo un dialogo continuo tra cittadini, tecnici e decisori. Un'arena digitale potrebbe essere accessibile da dispositivi mobili e fissi, con interfacce multilingua e strumenti di accessibilità pensati per persone con diverse abilità. La figura di un facilitatore AI diventa centrale: un agente capace di riassumere discussioni, generare domande chiave e costruire scenari di impatto a partire dalle proposte della collettività, ma con una chiara separazione tra sintesi AI e moderazione umana. L'AI non sostituisce la responsabilità politica né la verifica delle fonti, ma aiuta a mettere a fuoco problemi, interessi e conseguenze, creando un terreno comune su cui i consiglieri possono prendere decisioni più informate e trasparenti.

In questo senso, rischi comuni da monitorare includono l'*overload* informativo, dove una partecipazione molto ampia rischia di generare una massa di input non filtrata che può risultare difficile da gestire. Per mitigare questo rischio, si può costruire una gerarchia di contenuti; sintesi rapide per i visitatori casuali, approfondimenti per chi vuole esaminare i dettagli tecnici, e *repository* consultabile di tutte le proposte e delle discussioni.

Un secondo rischio è riconducibile al *digital divide*. Se l'interfaccia digitale privilegia chi ha accesso a determinate tecnologie, bisogna accompagnare la partecipazione con strumenti *offline*, incontri pubblici accessibili e programmi di alfabetizzazione digitale.

Il secondo filone riguarda la creazione di agenti AI dedicati alla comunicazione del piano urbanistico e al supporto pratico delle pratiche amministrative, come la descrizione delle destinazioni d'uso, l'accesso agli elaborati, e l'assistenza per certificati di destinazione urbanistica, richiesta di permesso di costruire o SCIA. In questa prospettiva, l'AI agisce come guida informativa e strumento operativo, ma sempre distinguendo nettamente tra funzione informativa e funzione decisionale o di firma, che restano prerogativa degli attori competenti.

In questa prospettiva, i principali vantaggi sono due. Da una parte, la chiarezza normativa e l'accessibilità: spiegare termini tecnici, fornire riferimenti normativi e presentare esempi concreti di come una destinazione d'uso si traduce nel contesto di una specifica area urbanistica. Dall'altra parte, la riduzione del carico procedurale per i cittadini, con un assistente che orienta nella documentazione, verifica le domande e ne monitora lo stato.

Allo stesso tempo, occorre gestire attentamente l'accuratezza legale: l'AI non sostituisce l'interpretazione professionale né la consulenza giuridica; fornisce invece indicazioni affidabili e rimandi alle fonti ufficiali, mantenendo sempre la possibilità di verifica e correzione da parte di esperti abilitati (Floridi, 2022).

Conclusioni

Per una coerente adozione dell'AI nei processi di pianificazione urbanistica, le sfide da affrontare sono molteplici. Tra i principali rischi vi sono i pregiudizi urbani derivanti dall'esclusione o dalla discriminazione algoritmica di specifiche aree o fasce di popolazione; i sistemi di sorveglianza pervasivi che minacciano privacy e libertà individuale; l'automazione delle decisioni pianificatorie senza adeguate verifiche.

Mantenere il controllo pubblico sui dati urbani, impedendo che la gestione degli stessi sia esclusivamente nelle mani di aziende private e garantire trasparenza negli algoritmi di *governance* urbana, affinché le decisioni automatizzate siano verificabili e soggette a controllo democratico, rappresentano dei presupposti imprescindibili anche a garanzia di una *publicness* digitale equa e inclusiva.

Vanno poi considerate le dimensioni entropiche che l'AI attiva, che possono identificarsi in via endogena ed esogena. La prima è riconducibile alle "allucinazioni" che le risposte del ragionatore artificiale implicano; la seconda è quella riconducibile al consumo energetico che lo sviluppo degli LLM implica.

In questo contesto diventa centrale l'ibridazione tra automazione e supervisione umana. L'AI può svolgere compiti ripetitivi, di controllo della completezza, di sintesi e di guida, mentre agli operatori spetta l'interpretazione, la gestione delle eccezioni e le decisioni finali. L'AI assume così il ruolo di facilitatore di processo, senza sostituire la competenza professionale; la responsabilità legale e l'autorità decisionale restano saldamente in capo a pianificatori e decisori politici.

In questo senso, l'adozione sistemica di strumenti basati sull'AI nei processi pianificatori richiederà un quadro normativo capace di definirne limiti e responsabilità, tracciando al contempo i contorni di una "Nuova Urbanistica" e delle nuove competenze necessarie ai pianificatori.

Riferimenti bibliografici

- Fistola R., La Rocca R.A. (2024), "From smart city to artificial intelligence city. Envisaging the future of urban planning", in *TeMA - Journal of Land Use, Mobility and Environment*, no. 18, vol. 3, pp. 411-422.
- Fistola R., Zingariello I. (2022), "Dalla percezione all'enazione urbana: gli spazi ibridi digitali", in Zoppi C., Muso F. (a cura di), *Conoscenza materiale e immateriale e gestione delle informazioni*, vol. 02, Planum Publisher e Società Italiana degli Urbanisti, ISBN 978-88-99237-44-8.
- Floridi L. (2022), *Etica dell'intelligenza artificiale: Sviluppi, opportunità, sfide*, Raffaello Cortina Editore, Milano.
- Hassan M.S., Abdelfattah F., Al Halbusi H., Jassem S., Mohammed [iniziale mancante], Mohd Ismail M., Washahi M. (2024), *Can generative AI craft variable questions? A mixed-method study on AI's capability to adopt, adapt, and create new scales (Version 1)*, Research Square, 7 febbraio.
- Javed A.R., Ahmed W., Pandya S., Maddikunta P.K.R., Alazab M., Gadekallu T.R. (2023), "A Survey of Explainable Artificial Intelligence for Smart Cities", in *Electronics*, vol. 12, 1020.
- Lartey D., Law K.M.Y. (2025), "Artificial intelligence adoption in urban planning governance: A systematic review of advancements in decision-making, and policy making", in *Landscape and Urban Planning*, vol. 258, 105337.
- Sanchez T.W., Brenman M., Ye X. (2025), "The Ethical Concerns of Artificial Intelligence in Urban Planning", in *Journal of the American Planning Association*, vol. 91, no. 2, pp. 294-307, aprile.

1. *Publicness* come partecipazione, cittadinanza attiva e forme di mobilitazione dal basso

A CURA DI MICHELE ZAZZI E CAROLINA PACCHI

2. *Publicness* nei progetti e nelle politiche della casa e dei servizi

A CURA DI MASSIMO BRICOCOLI E LAURA SAIJA

3. *Publicness* come fruibilità di spazi pubblici e servizi della vita collettiva

A CURA DI ANTONELLA BRUZZESE E ELENA MARCHIGIANI

4. *Publicness* come accessibilità e diritto alla mobilità nella città e nei territori

A CURA DI MAURIZIO TIRA E PAOLA PUCCI

5. *Publicness* come inclusione di popolazioni multilocali, temporanee e fragili

A CURA DI CARLA TEDESCO E PAOLA SAVOLDI

6. *Publicness* come gestione dei rischi e cura di ambiente e territorio

A CURA DI ADRIANA GALDERISI E SCIRA MENONI

7. *Publicness* come progetto e valorizzazione del paesaggio e delle risorse naturali

A CURA DI ELENA DORATO E ANDREA ARCIDIACONO

8. Regole, norme e progetti per costruire la *publicness*

A CURA DI GIUSEPPE DE LUCA E BERTRANDO BONFANTINI

9. *Publicness* e forme contrattuali nei rapporti fra pubblico e privato

A CURA DI GRAZIA BRUNETTA E LUCA GAETA

10. La *publicness* nelle strategie e nei progetti di rigenerazione urbana

A CURA DI ENRICO FORMATO E ALESSANDRO COPPOLA

11. Nuove tecnologie, pratiche digitali, intelligenza artificiale e *publicness*

A CURA DI ROMANO FISTOLA E EUGENIO MORELLO

Planum Publisher e Società Italiana degli Urbanisti
ISBN 978-88-99237-94-3
Volume pubblicato digitalmente nel mese di giugno 2026
Pubblicazione disponibile su www.planum.net |
Planum Publisher | Roma-Milano

