

Trasimeno *Digital Twin*: sfide rappresentative per l'innovazione territoriale

Marco Filippucci
Fabio Bianconi
Simona Ceccaroni
Matilde Cozzali
Michela Meschini
Rebecca Rossi
Laura Suvieri

Abstract

La ricerca illustra lo studio condotto sulle *Smart Cities* e sui territori *smart*, che ha indirizzato il progetto di costruzione del *Digital Twin* dell'area vasta comprendente gli otto comuni del lago Trasimeno, incentrato sull'adozione di tecnologie digitali integrate e metodologie interdisciplinari. La visione strategica proposta e già concretizzata trova il suo fulcro progettuale nella Piattaforma Integrata Territoriale (PITER), un'infrastruttura digitale avanzata che, grazie all'impiego di tecnologie come GIS, BIM e IoT, consente la creazione di gemelli digitali a supporto della pianificazione urbana, del monitoraggio ambientale e della partecipazione attiva della comunità. L'attività di rilevamento territoriale, i cui dati vengono integrati e condivisi in piattaforme interattive, garantisce un'accessibilità all'informazione, finalizzata a sostenere le decisioni amministrative, al coinvolgimento della comunità e alla valorizzazione del patrimonio pubblico. Sono presentati i risultati ottenuti e i processi attivati nell'ambito di un percorso di collaborazione interistituzionale, che ha permesso di definire un modello replicabile per la transizione digitale per il management del territorio *smart*.

Parole chiave

Digital Twin, gestione territoriale, *Smart Cities*, sostenibilità ambientale, innovazione tecnologica.



Vista del *Digital Twin*
dell'Unione dei Comuni
del Trasimeno (portale
WiseTown).

Introduzione

I processi di transizione digitale che hanno portato alla nascita delle *Smart Cities* [Ratti, Mattei 2013] rappresentano una delle principali sfide e opportunità del XXI secolo, in un contesto globale caratterizzato da un aumento esponenziale dell'urbanizzazione [Dembski et al. 2020] e dalla crescente urgenza di affrontare problematiche legate alla sostenibilità ambientale [Bacco et al. 2017], all'efficienza energetica [Giudicianni et al. 2020], alla resilienza urbana [Wang et al. 2023] ma anche ai beni culturali [Riganti 2017; Song, Selim 2022] e alla comunità [Sunstein 2001]. In tale quadro, le *Smart Cities* [Cocchia 2014; Nam, Pardo 2011], sempre più legate ai processi di implementazione dei *Digital Twin* [Preut et al. 2021], emergono come paradigmi di profonda trasformazione delle azioni di governo [Mazzetto 2024; Yaqoob et al. 2023] e pianificazione urbana [Barresi 2023; Ewing et al. 2013; Ghahramani et al. 2020], all'interno di un ecosistema di informazioni che valorizza le grandi potenzialità dell'innovazione tecnologica per rispondere alla sete di informazioni, attraverso processi volti a gestire la complessità [Bianconi et al. 2018]. La connettività [van Dijck 2013] del digitale che trasforma le relazioni tra le 'persone e le cose', tra le 'cose e le cose' e quindi anche tra le 'persone e le persone' [Simmers, Anandarajan 2018], permette di creare e condividere informazioni; tema nevralgico di una rivoluzione che non è però disgiunta dalla centralità delle immagini della nostra società [Pinotti, Somaini 2016]. Emerge così come i processi di transizione digitale sono sempre sostanziati da sfide rappresentative, nella costruzione di modelli, incentrati comunque su forme e disegni, arricchiti di informazioni [Bianconi, Filippucci 2023]. L'*Internet of Things* [Gubbi et al. 2013], *of people* [Berrocal et al. 2015], *of services* [Rajah, Lim 2018; Simmers, Anandarajan 2018], il nuovo valore dei *Big Data* [Duarte, Ratti 2018; Matei, Coccoşatu 2024; Tan et al. 2016] come petrolio della contemporaneità, il supporto fornito anche dall'AI [Iafrate 2018], possono sostanziare la capacità dei Sistemi Informativi Geografici (GIS) di ricavare quella conoscenza che trasforma la realtà, determinando un ecosistema urbano interconnesso e intelligente [Batty 2018]. Si determinano così *Digital Twin*, repliche digitali dinamiche di entità fisiche [Grieves, Vickers 2017], strumenti per il management e la simulazione dell'evoluzione dei possibili scenari. Nell'interoperabilità tra sistemi eterogenei che nasce in questa 'rivoluzione connettiva' [Hameed Ali et al. 2022; Taj, Jhanjhi 2022], si apre la strada a nuove modalità di collaborazione tra istituzioni, cittadini e imprese, in un modello di sviluppo urbano in cui l'intelligenza collettiva si traduce in un beneficio tangibile per la comunità [Nam, Pardo 2011].

Tali processi hanno portato alla nascita in primo luogo di *Smart Cities*, per la sfida alla complessità che è insita nei sistemi urbani, in particolare nei poli insediativi medio grandi, che parte da Singapore [D'Amanzo, Feijoo Rivas 2021], ma si declina anche in contesti di scala inferiore come Bologna [Brunelli et al. 2022]. Esempi come quelli delle città di Helsinki [D'Amanzo, Feijoo Rivas 2021] e Amburgo [Tesse et al. 2021] dimostrano come i *Digital Twin* possano essere impiegati per monitorare la qualità dell'aria, ottimizzare la gestione idrica e migliorare la pianificazione territoriale attraverso simulazioni avanzate. Altri casi, come Zurigo [Schrotter, Hürzeler 2020], si sono distinti per la loro enfasi sul coinvolgimento dei cittadini, promuovendo piattaforme partecipative in cui i dati non sono solo raccolti, ma anche resi accessibili per favorire la trasparenza e l'inclusione [Adreani et al. 2024; Dembski et al. 2020; Mazzetto 2024].

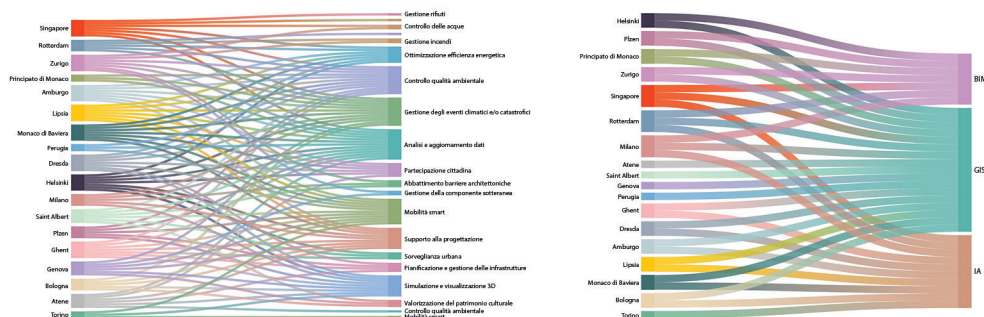
L'analisi svolta ha portato a catalogare diciotto casi studio (fig. 1), selezionati sulla base della reperibilità delle informazioni, dell'accessibilità e della coerenza con i temi del progetto, individuando le tecnologie di IoT, GIS e IA specificatamente messe in campo. I progetti analizzati presentano *focus* eterogenei: dalla mitigazione dei rischi climatici, come controllo di inondazioni e ondate di calore, all'efficientamento infrastrutturale e alla valorizzazione culturale e turistica, oltre a supportare l'efficientismo dei servizi pubblici, dalla gestione del traffico all'ottimizzazione energetica, nell'ottica di uno sviluppo urbano sostenibile e resiliente.

Nonostante il valore dei modelli analizzati, oltre a sfide tecniche e normative legate a gestione dati, sicurezza informatica e privacy [Fuller et al. 2020], emergono criticità che ne limitano efficacia e replicabilità: i *Digital Twin* risultano prevalentemente poco accessibili al pubblico, descritti solo in ambiti scientifici o istituzionali, condizione che inficia così la trasparenza, la

collaboratività e il coinvolgimento attivo delle comunità, evidenziando così una discrasia fra i proclami che hanno chiaramente una valenza politica e la reale trasformazione delle dinamiche territoriali. C'è poi un problema strutturale con la scala territoriale, con i grandi poli urbani che, a ragione delle concentrazioni insediative, sono i luoghi maggiormente interessati a tali processi, mentre la scala vasta territoriale, con incomparabile pressione insediativa e ben minori interessi economici, ma forse maggiori qualità ambientali e paesaggistiche, presenta solo sporadiche attuazioni sperimentali [Argota Sánchez-Vaquero 2024].

Il confronto con il contesto internazionale si pone come fondamento della definizione della strategia proposta per il *Digital Twin* del comprensorio del lago Trasimeno. Rendere il territorio *smart* pone come condizione la digitalizzazione, l'integrazione e la processazione di dati ambientali, demografici, urbanistici e infrastrutturali in un unico modello dinamico. Connettendo le informazioni legate alla sfera fisica del dato territoriale a quelle immateriali numeriche che in modo ampio rappresentano le diverse attività e relazioni, il gemello digitale offre così nuove opportunità per la gestione dei beni pubblici, intesi nella logica dei beni comuni [Dani 2014; Moccia, Sgobbo 2015; Ostrom 2015], sottolineando l'importanza di un

Fig. 1. Grafico alluvionale dei temi e dei sistemi di rappresentazione scelti nei casi studio analizzati (elaborazione grafica degli autori).



approccio integrato che tenga conto delle specificità del territorio [Barresi 2023]. La strategia proposta mira a superare le frammentazioni istituzionali e operative attraverso l'innovazione infrastrutturale digitale. Lo spazio territoriale diventa sia il supporto dell'informazione che la base per la sua organizzazione, offrendo una rappresentazione capace di integrare elementi materiali e immateriali [Parrinello 2024]. Questo approccio consente una visione integrata della complessità del territorio, riducendo le semplificazioni e facilitando la gestione del presente e la pianificazione di scenari realistici. Le infrastrutture digitali costituiscono un'innovazione di prodotto, processo e servizio, migliorando la trascrizione e condivisione delle informazioni, l'efficienza amministrativa e le funzioni dell'ecosistema informativo. Esse affrontano sfide tecniche (climatiche ed energetiche) e culturali (tutela del patrimonio e connessione con la comunità).

Il progetto, dunque, si configura non solo come un intervento tecnologico ma come una strategia complessa e integrata, che riflette un cambio di paradigma nella gestione del territorio, nell'idea che tale infrastruttura, per la sua valenza comunicativa, impatti sulla valorizzazione di quel bene comune che è il paesaggio [Bianconi, Filippucci 2018; Settis, Mengo 2013].

Trasimeno *Digital Twin*: la rappresentazione del dato territoriale

La strategia progettuale proposta parte da una visione unitaria del Trasimeno incentrata sul paesaggio, tema chiave di una collaborazione interistituzionale e comunitaria [Bianconi et al. 2015]. Tale percorso, che si è poi concretizzato negli *Atlanti di paesaggio* [Bianconi et al. 2016a] intesi come strumenti per la pianificazione integrata e partecipata [Bianconi et al. 2016b] e come processo di Co-design territoriale, ha dato origine all'ITI (Investimento Territoriale Integrato) Trasimeno, da intendersi secondo normativa europea come "un nuovo strumento attuativo che consente di riunire le risorse di più assi prioritari di uno o più

programmi operativi per la realizzazione di interventi multi-dimensionali e intersettoriali e si caratterizza per la previsione di un regime di gestione ed attuazione integrato. L'ITI può rappresentare uno strumento ideale per sostenere azioni integrate nelle aree urbane perché permette di coniugare finanziamenti connessi a obiettivi tematici differenti, prevedendo anche la possibilità di combinare fondi di assi prioritari e programmi operativi" (art. 36 del Regolamento UE 1303/2013 recante Disposizioni comuni sui Fondi SIE; *Fact sheet* della Commissione *Sviluppo Urbano sostenibile integrato – Politica di Coesione 2014-2020*). In Umbria l'area identificata per l'implementazione dell'ITI è il bacino del Trasimeno, un'area che ha in comune un paesaggio, segnata da un elemento naturale di articolare pregio ambientale, nella quale ricadono i comuni di Castiglione del Lago, Città della Pieve, Magione, Paciano, Panicale, Passignano sul Trasimeno, Piegara e Tuoro sul Trasimeno, realtà amministrative con oltre 50.000 abitanti che hanno costituito, ai fini e per gli effetti di cui all'art. 32 del Testo Unico sull'ordinamento degli Enti Locali (Decreto Legislativo 18 agosto 2000, n. 267) l'Unione dei Comuni del Trasimeno, che ha nelle sue finalità lo svolgimento di una pluralità di funzioni e servizi dei comuni aderenti.

In tale contesto si inserisce l'accordo di collaborazione interistituzionale tra il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Perugia e l'Unione dei Comuni del Trasimeno (fig. 2), finalizzata alla promozione e allo sviluppo di attività di studio e ricerca nell'ambito dell'attuazione di uno degli assi dell'ITI Trasimeno, il progetto Asse 4 *Tecnologie informazione e comunicazione*. L'obiettivo della strategia redatta, insita all'interno di un programma strategico più ampio, ha lo specifico compito di promuovere una trasformazione digitale e sostenibile del comprensorio del lago Trasimeno, integrando innovazione tecnologica, valorizzazione del patrimonio culturale e naturale, e sviluppo partecipativo delle comunità locali. Tale collaborazione ha sostenuto lo sviluppo di un piano strategico, finanziato con quasi un milione di euro, per la digitalizzazione del territorio, dei processi e dei servizi. Il centro della proposta risiede nella creazione di un sistema integrato che favorisca la convergenza di diverse funzionalità in un'unica piattaforma, concepita per rispondere in maniera coordinata alle esigenze della pianificazione urbana, della gestione ambientale e della partecipazione democratica.

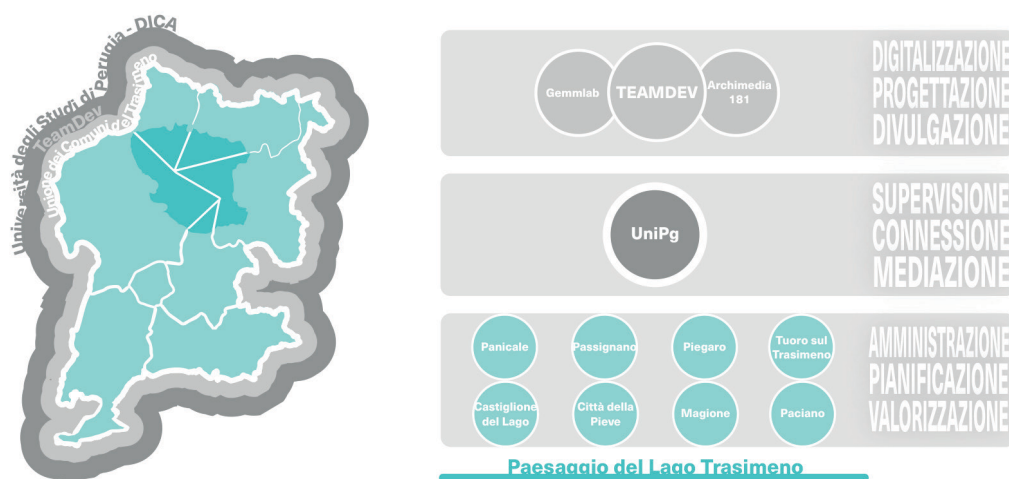


Fig. 2. Struttura organizzativa del Progetto Asse 4 e principali attori coinvolti (elaborazione grafica degli autori).

La proposta è stata strutturata in sei azioni progettuali, che sono la *Piattaforma Integrata Territoriale* (PITER), il *Grand Tour Trasimeno*, il *Catasto Storico Digitale*, la *Telefonia Mobile*, il progetto *Trasimeno 4.0* e il *Monitoraggio Ambientale* (figg. 3, 4).

Per quanto riguarda l'Azione 1, dedicata alla *Piattaforma Integrata Territoriale*, il progetto consiste in un sistema digitale avanzato pensato per integrare e gestire dati geografici, urbanistici, demografici e ambientali, accessibile a pubbliche amministrazioni, cittadini, imprese e professionisti. La piattaforma supporta la pianificazione territoriale, ottimizza i servizi pubblici e



Fig. 3. Obiettivi progettuali dei temi costituenti l'Asse 4 ITI Trasimeno (elaborazione grafica degli autori).

favorisce la trasparenza e la partecipazione. Integra tecnologie come GIS, BIM e sensori IoT, permettendo analisi avanzate, monitoraggi in tempo reale e la creazione di *Digital Twins* per una gestione sostenibile e innovativa del territorio [Hidalgo-Sánchez et al. 2024].

Parallelamente, l'Azione 2, denominata *Grand Tour Trasimeno*, si concentra sulla valorizzazione di 30 siti di interesse attraverso la raccolta, l'elaborazione e la presentazione di informazioni storiche, culturali e geografiche, supportata da tecnologie avanzate quali modelli 3D, realtà aumentata e virtuale [Parrinello, Picchio 2023], al fine di creare un'esperienza coinvolgente per gli utenti. L'iniziativa punta ad un turismo inclusivo e sostenibile, accessibile anche a persone con disabilità, unendo esperienze *on-site* e contenuti digitali; strumenti come fotogrammetria e scansione 3D supportano la conservazione e il restauro, mentre sensori IoT e visori AR ottimizzano flussi, sicurezza e accessibilità, arricchendo l'esperienza culturale [Tao et al. 2022].

La digitalizzazione del *Catasto Storico Digitale*, secondo gli obiettivi dell'Azione 3, preserva documenti storici e ne migliora l'accessibilità, integrandoli in piattaforme GIS per collegare passato e presente del territorio. Processi come georeferenziazione, classificazione e vettorializzazione supportano la pianificazione urbanistica e la ricerca storica. Esempi in Toscana e Marche dimostrano il valore di WebGIS, ma persistono sfide tecniche.



Fig. 4. Modalità attuative delle sei azioni dell'Asse 4 ITI Trasimeno (elaborazione grafica degli autori).

L'approccio favorisce una gestione territoriale inclusiva e valorizza la memoria storica [Grava et al. 2020; Ravaschieri 2011].

La modernizzazione del territorio si realizza anche attraverso il potenziamento delle infrastrutture tecnologiche, come evidenziato dal progetto per l'Azione 4 che riguarda il progetto *Telefonia Mobile*. L'iniziativa punta a ottimizzare la distribuzione delle antenne, assicurando una copertura uniforme e standard di servizio di alta qualità, con particolare attenzione alla tutela del paesaggio.

Contestualmente, l'Azione 5 *Trasimeno 4.0* si configura come uno strumento per migliorare i rapporti tra cittadini e pubblica amministrazione grazie all'uso di tecnologie digitali che semplificano l'accesso ai servizi e promuovono una governance partecipativa. La trasformazione digitale delle pubbliche amministrazioni ha introdotto nuovi paradigmi di partecipazione civica e gestione territoriale, sfruttando le tecnologie per incrementare trasparenza, efficienza e inclusività [De Filippi et al. 2017; Giacomini 2019].

Infine, l'Azione 6 prevede una rete di monitoraggio che, attraverso tecnologie avanzate, permette di rilevare e analizzare in tempo reale parametri critici come la qualità dell'aria e dell'acqua. Questo sistema, realizzato in collaborazione con ARPA Umbria, si inserisce in una visione più ampia di sostenibilità, sensibilizzando la comunità sull'importanza della tutela ambientale e migliorando le politiche di pianificazione territoriale.

Fra le diverse attività, si può segnalare in particolare, per l'interesse rappresentativo, lo sviluppo del sistema per gestire le informazioni territoriali, determinato dalla suite *WiseTown* (fig. 5) basata sul sistema ArcGIS, dove è stato possibile integrare dati territoriali georeferenziati e open data, offrendo strumenti analitici avanzati. Le attività di rilievo territoriale hanno anche coinvolto l'acquisizione di nuvole di punti, immagini panoramiche ad alta risoluzione e dati GNSS accuratamente post-processati, assicurando una precisione media di pochi centimetri. Dati elaborati e resi fruibili tramite la piattaforma *Geolander.it* (fig. 6), realizzata per offrire un accesso anche intuitivo alle informazioni territoriali e strumenti di analisi avanzata. La piattaforma, organizzata in moduli specifici, consente la navigazione di immagini panoramiche e nuvole di punti, la gestione dei dati geografici e la visualizzazione interattiva delle aree d'interesse, rendendola un supporto fondamentale per la pianificazione urbanistica, la gestione ambientale e la manutenzione infrastrutturale. Contestualmente, oltre alla digitalizzazione del catasto storico, si può evidenziare come per il *Grand Tour Trasimeno* (fig. 7) sono stati realizzati modelli 3D navigabili tramite visori VR e panorami 360° per trenta attrattori

culturali e turistici, selezionati tra i beni più significativi del territorio. Questi prodotti sono stati integrati in una mappa interattiva disponibile sulla piattaforma *Esri* e su un sito web dedicato, dotato di un *layout* grafico responsivo, schede dettagliate per ciascun attrattore e strumenti per la navigazione immersiva.

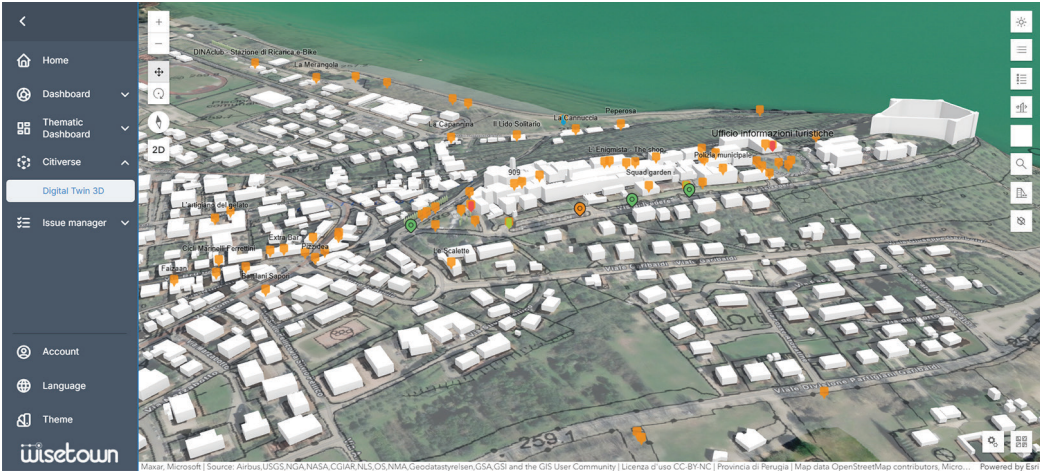


Fig. 5. Interfaccia del portale *WiseTown*.



Fig. 6. Interfaccia del portale *Geolander*.

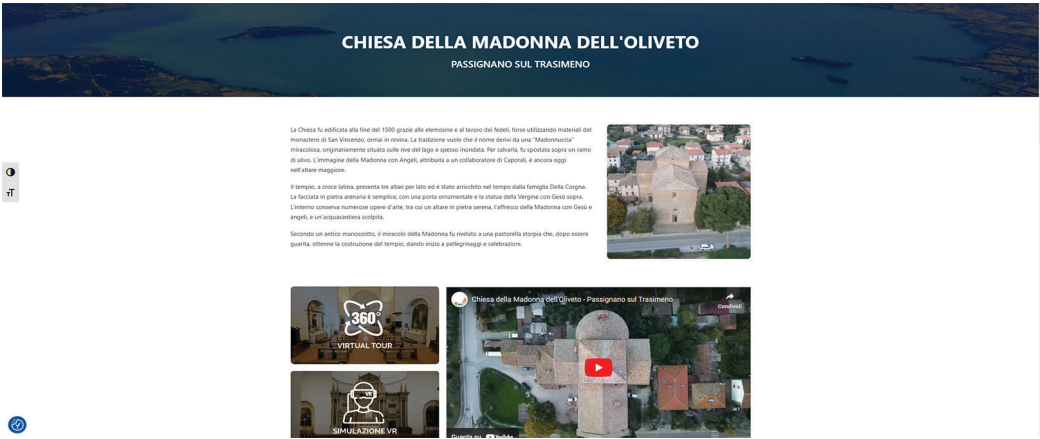


Fig. 7. Interfaccia del sito web dedicato a *Grand Tour Trasimeno*.

Conclusioni

La realizzazione del percorso attuato per rendere *smart* il Trasimeno attraverso i processi di transizione digitale insiti nell'ecosistema attuato si presenta come uno dei primi casi studio, a livello nazionale, di implementazione delle informazioni, dei processi e dei servizi per la gestione e la pianificazione integrata di un territorio di ampia scala quale il bacino lacustre. Tale approccio introduce un nuovo paradigma di gestione dei dati, modellato sulle esigenze specifiche delle piccole e anche fragili amministrazioni locali che, riunite insieme, si propongono così di sostenere processi e servizi innovativi. L'infrastrutturizzazione digitale rappresenta però solo il primo passo verso un processo di innovazione territoriale, che ha bisogno di mettere in funzione e rendere operativi i sistemi creati, sia per ciò che riguarda gli uffici comunali che sono coinvolti nei processi di alfabetizzazione digitale dei nuovi strumenti realizzati, sia per ciò che interessa la comunità, alla quale si rivolgono una serie di prodotti, processi e servizi.

Si è innescato così un processo di rivoluzione connettiva delle relazioni, un primo passo che si proietta alla valorizzazione dell'ambiente, del territorio, del paesaggio, quindi che è pensato ponendo al centro la persona.

Crediti/Ringraziamenti

Il lavoro è stato sviluppato secondo l'accordo di collaborazione interistituzionale (ex art. 15 L. 241/1990) tra il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Perugia e l'Unione dei Comuni del Trasimeno nell'ambito dell'attività di ricerca e attuazione dell'Asse 4 *ITI Trasimeno*. Lo sviluppo del progetto è stato coordinato e realizzato da TeamDev S.r.l., capofila del gruppo vincitore dell'Appalto Specifico SDAPA ICT n. 4591467 *Strumenti e servizi tecnologici per l'Asse 4 ITI Trasimeno* (PSR FEASR Regione Umbria 2014-2022, Intervento 7.3.2), e impresa esecutrice del progetto, supportata da Gemmlab S.r.l. e Archimedia181 S.r.l., che hanno contribuito con professionalità allo sviluppo delle Azioni previste. Il supporto fornito da Giulio Cherubini, Silvio Cipriani, Andrea Cruciani e Luciano Concezzi è stato determinante per le attività di supervisione e intermediazione condotte dall'Università.

Riferimenti bibliografici

- Adreani, L., Bellini, P., Fanfani, M., Nesi, P., Pantaleo, G. (2024). *Smart City Digital Twin Framework for Real-Time Multi-Data Integration and Wide Public Distribution*. IEEE Access, 12, pp. 76277-76303. [10.1109/ACCESS.2024.3406795](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3406795).
- Argota Sánchez-Vaquerizo, J. (2024). Urban Digital Twins and metaverses towards city multiplicities: uniting or dividing urban experiences? In *Ethics and Information Technology*, 27(4). <https://doi.org/10.1007/s10676-024-09812-3>.
- Bacco, M., Delmastro, F., Ferro, E., Gotta, A. (2017). Environmental Monitoring for Smart Cities. In *IEEE Sensors Journal*, 17(23), pp. 7767-7774. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2017.2722819>.
- Barresi, A. (2023). Urban Digital Twin and urban planning for sustainable cities. In *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*, pp. 78-83. <https://doi.org/10.36253/techne-13568>.
- Batty, M. (2018). *Inventing Future Cities*. Cambridge: The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/11923.001.0001>.
- Berrocal, J., Miranda, J., Garcia-Alonso, J., Mikkonen, T., Makitalo, N., Murillo, J. M., Canal, C. (2015). From the Internet of Things to the Internet of People. *IEEE Internet Computing*, 19(2), pp. 40-47. <https://doi.org/10.1109/mic.2015.24>.
- Bianconi, F., Ciarapica, A., Filippucci, M. (2016a). Paesaggio, territorio, conoscenza. Dall'Atlante degli Obiettivi della Regione Umbria ai Contratti di Paesaggio del Lago Trasimeno. In *Sustainable Development, Human Health and Environmental Protection*. Atti della XIX Conferenza Nazionale SIU, vol. I..
- Bianconi, F., Ciarapica, A., Filippucci, M. (2016b). Strategie per un Governo Partecipato del Territorio. Progetti integrati d'area, Atlante degli Obiettivi e contratti di Paesaggio della Regione Umbria. *Cambiamenti. Responsabilità e Strumenti per l'urbanistica Al Servizio Del Paese*, Atti della XIX Conferenza Nazionale SIU, pp. 1567-1575.
- Bianconi, F., Filippucci, M. (2018). Il disegno del prossimo paesaggio. In F. Bianconi, M. Filippucci (Eds.). *Il prossimo paesaggio. Realtà, rappresentazione, progetto*. Roma: Gangemi.
- Bianconi, F., Filippucci, M. (2023). *La rivoluzione BIM per la pubblica amministrazione. Sperimentazioni nel territorio di Città di Castello*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli Editore.
- Bianconi, F., Filippucci, M., Andreani, S. (2015). Smart cities e contratti di paesaggio: l'intelligenza del territorio oltre i sistemi urbani. In *Istituzioni del Federalismo*, 1, pp. 895-926.
- Bianconi, F., Filippucci, M., Seccaroni, M. (2018). *Representing Complexity*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli.
- Brunelli, M., Ditta, C. C., Postorino, M. N. (2022). A framework to develop urban aerial networks by using a digital twin approach. In *Drones*, 6(12), 387. <https://doi.org/10.3390/drones6120387>.
- Cocchia, A. (2014). Smart and Digital City: A Systematic Literature Review. In R. P. Dameri, C. Rosenthal-Sabroux (Eds.). *Smart City*, pp. 13-43. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-06160-3_2.

D'Amanzo, C., Feijoo Rivas, S. C. (2021). *Urban digital twin come strumento a supporto delle prassi di pianificazione a scala urbana per il cambiamento climatico. Analisi di cinque casi studio in ambito internazionale= Urban digital twin as a tool to support urban-scale planning practices for climate change. Analysis of five international cases.* Tesi di laurea in Architettura Costruzione Città, relatore G. Callegari, correlatore G. Ricciardi. Politecnico di Torino.

Dani, A. (2014). Il concetto giuridico di beni comuni tra passato e presente. In *Historia et ius rivista di storia giuridica dell'età medievale e moderna*, n. 6 paper 7.

De Filippi, F., Coscia, C., Cocina, G. G. (2017). Piattaforme collaborative per progetti di innovazione sociale. Il caso Miramap a Torino. In *TECHNE: Journal of Technology for Architecture & Environment*, 14, pp. 218-225.

Dembksi, F., Wossner, U., Letzgus, M., Ruddat, M., Yamu, C. (2020). Urban Digital Twins for Smart Cities and Citizens: The Case Study of Herrenberg, Germany. In *Sustainability*, 12(6). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su12062307>.

Duarte, F., Ratti, C. (2018). What Big Data Tell Us About Trees and the Sky in the Cities. In K. Ycke, C. Gengnagel, O. Baverel, J. Burry, C. Mueller, M. M. Nguyen, P. Rahm, M. R. Thomsen (Eds.). *Humanizing Digital Reality*, pp. 59-62. Singapore: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-6611-5_6.

Ewing, R., Clemente, O., Neckerman, K. M., Purciel-Hill, M., Quinn, J. W., Rundle, A. (2013). Measuring Urban Design. In *Measuring Urban Design*, Washington D.C.: Island Press. <https://doi.org/10.5822/978-1-61091-209-9>.

Fuller, A., Fan, Z., Day, C., Barlow, C. (2020). Digital Twin: Enabling Technologies, Challenges and Open Research. In *IEEE Access*, 8, 108952-108971. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2998358>.

Ghahramani, M., Zhou, M., Wang, G. (2020). Urban sensing based on mobile phone data: Approaches, applications, and challenges. In *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 7(3), pp. 627-637. <https://doi.org/10.1109/JAS.2020.1003120>.

Giacomini, G. (2019). La piattaforma Open municipio alla prova dei fatti. L'e-government a Udine fra partecipazione auspicata e partecipazione effettiva. In *Quaderni Di Sociologia*, 80, pp. 113-142.

Giudicianni, C., Herrera, M., Nardo, A. di, Adeyeye, K., Ramos, H. M. (2020). Overview of Energy Management and Leakage Control Systems for Smart Water Grids and Digital Water. In *Modelling*, 1(2), pp. 134-155. <https://doi.org/10.3390/modelling1020009>.

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

Grieves, M., Vickers, J. (2017). Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. In *Transdisciplinary perspectives on complex systems*, pp. 85-113. Springer. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4.

Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. In *Future Generation Computer Systems*, 29(7), pp. 1645-1660. <https://doi.org/10.1016/J.FUTURE.2013.01.010>.

Hameed Ali, S., Ayad, H., Taher Al Rubaie, M. (2022). Fifth Industrial Revolution: (New Perspectives). In *International Journal of Business*, 3(3), pp. 196-212. <https://doi.org/10.47747/ijbme.v3i3.694>.

Hidalgo-Sánchez, F. M., Merino-del-Río, R., Mascort-Albea, E. J., Ruiz-Moreno, I., Linares-Gómez DelPulgar, M., Tejedor-Cabrera, A. (2024). Digital reactivation of territories through geospatial cultural itineraries: the VIDA-HTL web application. In *Heritage Science*, 12(1), pp. 1-27. <https://doi.org/10.1186/s40494-024-01173-w>.

Iafrate, F. (2018). *Artificial intelligence and big data: the birth of a new intelligence*. London: John Wiley & Sons.

Matei, A., Cocosatu, M. (2024). Artificial Internet of Things, Sensor-Based Digital Twin Urban Computing Vision Algorithms, and Blockchain Cloud Networks in Sustainable Smart City Administration. In *Sustainability*, 16(16). <https://doi.org/10.3390/su16166749>.

Mazzetto, S. (2024). A Review of Urban Digital Twins Integration, Challenges, and Future Directions in Smart City Development. In *Sustainability*, 16(19). <https://doi.org/10.3390/su16198337>.

Moccia, F. D., Sgobbo, A. (2015). *I beni comuni oltre i luoghi comuni*. Torino: IBL Libri.

Nam, T., Pardo, T. (2011). Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. In *ACM International Conference Proceeding Series*, pp. 282-291. <https://doi.org/10.1145/2037556.2037602>.

Ostrom, E. (2015). *Governing the commons : the evolution of institutions for collective action*. Cambridge University Press.

Parrinello, S. (2024). La permanenza del segno in un linguaggio senza contorni e in continua evoluzione. In *Tribelon*, 1, pp. 4-7. <https://doi.org/https://doi.org/10.36253/tribelon-2849>.

Pinotti, A., Somaini, A. (2016). *Cultura visuale immagini, sguardi, media, dispositivi*. Torino: Einaudi.

Parrinello, S., Picchio, F. (2023). Digital Strategies to Enhance Cultural Heritage Routes: From Integrated Survey to Digital Twins of Different European Architectural Scenarios. In *Drones*, 7(9). <https://doi.org/10.3390/drones7090576>.

Preut, A., Kopka, J. P., Clausen, U. (2021). Digital twins for the circular economy. In *Sustainability*, 13(18). <https://doi.org/10.3390/su131810467>.

Rajah, R., Lim, V. K. G. (2018). Cyberloafing in the realm of IoT: Examining individual neutralization and organizational citizenship behavior. In *The Internet of People, Things and Services: Workplace Transformations*, pp. 67-88. <https://doi.org/10.4324/9781315182407>.

Ratti, C., Mattei, M. G. (2013). *Smart city, smart citizen*. Milano: EGEA.

- Ravaschieri, E. (2011). Trattamento digitale di mappe del Catasto Gregoriano (alta valle del Chienti)/Digitisation of Catasto Gregoriano maps (high Valley of Chienti). In *Il Capitale Culturale. Studies on the Value of Cultural Heritage*, 2, pp. 327-340.
- Riganti, P. (2017). Smart cities and heritage conservation: Developing a smartheritage agenda for sustainable inclusive communities. In *Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research* 11(3), pp. 16-27. <http://dx.doi.org/10.26687/archnet-ijar.v11i3.1398>.
- Schrotter, G., Hürzeler, C. (2020). The Digital Twin of the City of Zurich for Urban Planning. In *PFG - Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science* (88), pp. 99-112. <https://doi.org/10.1007/s41064-020-00092-2>.
- Settis, S., Mengo, D. (2013). *Il paesaggio come bene comune*. Napoli: La Scuola di Pitagora.
- Simmers, C.A., Anandarajan, M. (2018). *The Internet of People, Things and Services: Workplace Transformations*. London: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315182407>.
- Song, H., Selim, G. (2022). Smart Heritage for Urban Sustainability: A Review of Current Definitions and Future Developments. In *Journal of Contemporary Urban Affairs*, 6(2), pp. 175-192. <https://doi.org/10.25034/ijcua.2022.v6n2-5>.
- Sunstein, C. R. (2001). *Republic.com*. Princeton: Princeton University Press.
- Taj, I., Jhanjhi, N. Z. (2022). Towards Industrial Revolution 5.0 and Explainable Artificial Intelligence: Challenges and Opportunities. In *International Journal of Computing and Digital Systems*, 12(1), pp. 285-310. <https://doi.org/10.12785/ijcds/120124>.
- Tan, W., Fan, Y., Ghoneim, A., Hossain, M. A., Dustdar, S. (2016). From the Service-Oriented Architecture to the Web API Economy. In *IEEE Internet Computing*, 20(4), pp. 64-68. <https://doi.org/10.1109/MIC.2016.74>.
- Tao, Y., Wang, Y., Wang, X., Tian, G., Zhang, S. (2022). Measuring the Correlation between Human Activity Density and Streetscape Perceptions: An Analysis Based on Baidu Street View Images in Zhengzhou, China. In *Land*, 11(3), <https://doi.org/10.3390/land11030400>.
- Tesse, J., Baldauf, U., Schirmer, I., Drews, P., Saxe, S. (2021). Extending Internet of Things Enterprise Architectures by Digital Twins Exemplified in the Context of the Hamburg Port Authority. In *AMCIS 2021 Proceedings*. 3. https://aisel.aisnet.org/amcis2021/enterprise_systems/enterprise_systems/3.
- van Dijck, J. (2013). *The culture of connectivity: a critical history of social media*. Oxford: Oxford University Press.
- Wang, H., Chen, X., Jia, F., Xiaojuan, C. (2023). Digital Twin-Supported Smart City: Status, Challenges and Future Research Directions. In *Expert Systems with Applications*, 217, 119531. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.119531>.
- Yaqoob, I., Salah, K., Khan, L. U., Jayaraman, R., Al-Fuqaha, A., Omar, M. (2023). Digital Twins for Smart Cities: Benefits, Enabling Technologies, Applications, and Challenges. In *2023 IEEE Future Networks World Forum (FNWF)*, Baltimore, MD, USA, 2023, pp. 1-6. [10.1109/FNWF58287.2023.10520349](https://doi.org/10.1109/FNWF58287.2023.10520349).

Autori

Marco Filippucci, Università degli Studi di Perugia, marco.filippucci@unipg.it
 Fabio Bianconi, Università degli Studi di Perugia, fabio.bianconi@unipg.it
 Simona Ceccaroni, Università degli Studi di Perugia, simona.ceccaroni@dottorandi.unipg.it
 Matilde Cozzali, Università degli Studi di Perugia, matilde.cozzali@collaboratori.unipg.it
 Michela Meschini, Università degli Studi di Perugia, michela.meschini@unipg.it
 Rebecca Rossi, Università degli Studi di Perugia, rebecca.rossi@collaboratori.unipg.it
 Laura Suvieri, Università degli Studi di Catania, laura.suvieri@phd.unict.it

Per citare questo capitolo: Marco Filippucci, Fabio Bianconi, Simona Ceccaroni, Matilde Cozzali, Michela Meschini, Rebecca Rossi, Laura Suvieri (2025). Trasimeno Digital Twin: sfide rappresentative per l'innovazione territoriale. In L. Carlevaris et al. (a cura di). *èkphrasis. Descrizioni nello spazio della rappresentazione/èkphrasis. Descriptions in the space of representation*. Atti del 46° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione. Milano: FrancoAngeli, pp. 2745-2764. DOI: 10.3280/oa-1430-c898.

Trasimeno Digital Twin: Representative Challenges for Territorial Innovation

Marco Filippucci
Fabio Bianconi
Simona Ceccaroni
Matilde Cozzali
Michela Meschini
Rebecca Rossi
Laura Suvieri

Abstract

The research illustrates the study conducted on *Smart Cities and Smart Territories*, which has oriented the construction of the Digital Twin related to the vast area covering the eight municipalities of Lake Trasimeno, based on the adoption of integrated digital technologies and interdisciplinary methodologies. The proposed and already materialized strategic vision finds its design fulcrum in the Integrated Territorial Platform (PITER), an advanced digital infrastructure that, through the adoption of technologies such as GIS, BIM and IoT, enables the creation of digital twins to support urban planning, environmental monitoring and active community participation. The territorial surveying activity, whose data are integrated and shared in interactive platforms, provides accessibility to information, aimed at supporting administrative decisions, community involvement and enhancement of public assets. The results obtained and the processes activated are presented, as part of an inter-institutional collaboration process, which has enabled the definition of a replicable model for digital transition for smart territory management.

Keywords

Digital Twin, land management, Smart Cities, environmental sustainability, technological innovation.



View of the Digital
Twin of the Trasimeno
Union of Municipalities
(WiseTown portal).

Introduction

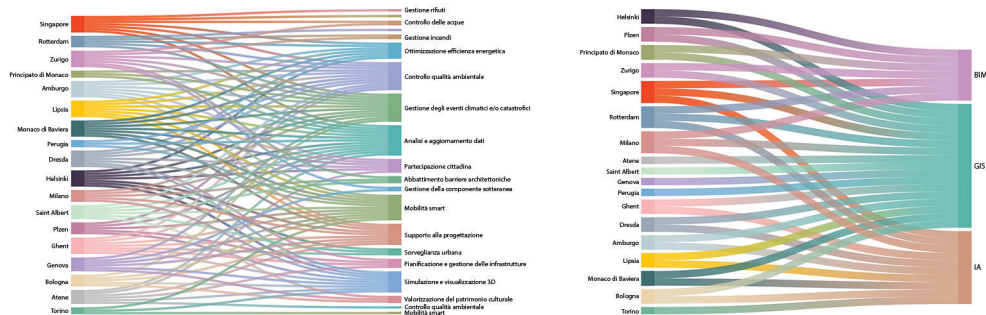
The digital transition processes that have led to the emergence of Smart Cities [Ratti, Mattei 2013] represent one of the major challenges and opportunities of the 21st century in a global context characterized by an exponential increase of urbanization [Dembski *et al.* 2020] and the growing urgency to address issues related to environmental sustainability [Bacco *et al.* 2017], energy efficiency [Giudicianni *et al.* 2020], urban resilience [Wang *et al.* 2023] as well as cultural heritage [Riganti 2017; Song, Selim 2022] and community [Sunstein 2001]. In this framework, Smart Cities [Cocchia 2014; Nam, Pardo 2011], increasingly linked to Digital Twin implementation processes [Preut *et al.* 2021], emerge as paradigms of fundamental transformation of government actions [Mazzetto 2024; Yaqoob *et al.* 2023] and urban planning [Barresi 2023; Ewing *et al.* 2013; Ghahramani *et al.* 2020], within an information ecosystem that harnesses the wide potential of technological innovation as a way of responding to the thirst for information, through processes aimed at managing complexity [Bianconi *et al.* 2018]. The connectivity [van Dijck 2013] of the digital environment, which transforms the relationships between 'people and things', between 'things and things', and thus also between 'people and people' [Simmers, Anandarajan 2018], allows for the creation and sharing of information; a neuralgic theme of a revolution that is not, however, disjointed from the centrality of images in our society [Pinotti, Somaini 2016]. It thus emerges how processes of digital transition are always substantiated by representational challenges, in the construction of models, centered anyhow on forms and designs, enriched with information [Bianconi, Filippucci 2023]. The Internet of Things [Gubbi *et al.* 2013], of people [Berrocal *et al.* 2015], of services [Rajah, Lim 2018; Simmers, Anandarajan 2018], the new value of Big Data [Duarte, Ratti 2018; Matei, Coccoşatu 2024; Tan *et al.* 2016] as the oil of contemporaneity, the support also provided by AI [Iafrate 2018], can substantiate the ability of (GIS) Geographic Information Systems to extract the knowledge that transforms reality, determining an interconnected and intelligent urban ecosystem [Batty 2018]. Digital Twins, dynamic digital replicas of physical entities [Grieves, Vickers 2017], tools for managing and simulating the evolution of possible scenarios, are thus determined. In the interoperability between heterogeneous systems arising in this 'connective revolution' [Hameed Ali *et al.* 2022; Tajj, Jhanjhi 2022], new ways of collaboration between institutions, citizens, and businesses are initiated, in a model of urban development in which collective intelligence translates into tangible community benefit [Nam, Pardo 2011].

Such processes have led to the emergence of Smart Cities in the first place, because of the challenge to complexity that is embedded in urban systems, notably in medium-to-large settlement clusters, which starts in Singapore [D'Amanzo, Feijoo Rivas 2021], but is also reflected in lower-scale contexts such as Bologna [Brunelli *et al.* 2022]. Examples including those from the cities of Helsinki [D'Amanzo, Feijoo Rivas 2021] and Hamburg [Tesse *et al.* 2021] demonstrate how Digital Twins can be used to monitor air quality, optimize water management, and improve spatial planning through advanced simulations. Other cases, such as Zurich [Schrotter, Hürzeler 2020], have stood out for their emphasis on citizen engagement, promoting participatory platforms where data are not only collected but also made accessible to foster transparency and inclusion [Adreani *et al.* 2024; Dembski *et al.* 2020; Mazzetto 2024].

The analysis conducted has led to the cataloguing of eighteen case studies (fig. 1), selected on the basis of information retrieval, accessibility, and consistency within the project themes, identifying the IoT, GIS, and AI technologies specifically deployed. The projects analyzed show heterogeneous focuses: from climate risk mitigation, such as flood and heat wave control, to infrastructural efficiency and cultural and tourism enhancement, as well as supporting the efficiency of public services, from traffic management to energy optimization, with a view to sustainable and resilient urban development. Notwithstanding the value of the models analyzed, in addition to technical and regulatory challenges related to data management, cybersecurity, and privacy [Fuller *et al.* 2020], critical issues emerge limiting their effectiveness and replicability: the Digital Twins are predominantly poorly accessible to the public, described solely in scientific or institutional settings, a condition that thus undermines

transparency, collaborativeness, and active community involvement, highlighting a mismatch between statements that clearly have political significance and the real transformation of territorial dynamics. Then there is a structural problem with the territorial scale, with the large urban poles that, due to settlement concentrations, are the places most affected by these processes, while the vast territorial scale, with incomparable settlement pressure and far less economic interests, but perhaps greater environmental and landscape qualities, presents only sporadic experimental implementations [Argota Sánchez-Vaquerizo 2024]. The comparison with the international context stands as the foundation of the definition of the proposed strategy for the Digital Twin of the Lake Trasimeno area. Making the territory smart poses as a condition the digitization, integration and processing of environmental, demographic, urban and infrastructural data in a single dynamic model. By connecting the information related to the physical sphere of spatial data to the intangible numeric information that broadly represents different activities and relationships, the digital twin thus offers new opportunities for the management of public assets, understood in the logic of common goods [Dani 2014; Moccia, Sgobbo 2015; Ostrom 2015], emphasizing the

Fig. 1. Flood graph of the themes and representation systems chosen in the case studies analyzed (authors' graphic elaboration).



importance of an integrated approach that takes into account the specificities of the territory [Barresi 2023]. The proposed strategy aims to overcome institutional and operational fragmentation through digital infrastructural innovation. Spatial space becomes both the support for information and the basis for its organization, offering a representation capable of integrating tangible and intangible elements [Parrinello 2024]. This approach enables an integrated view of the complexity of the territory, reducing simplifications and facilitating the management of the present and the planning of realistic scenarios. Digital infrastructures constitute product, process and service innovation, improving information transcription and sharing, administrative efficiency and information ecosystem functions. They address technical (climate and energy) and cultural (heritage protection and community connection) challenges.

The project, therefore, is structured not only as a technological intervention but also as a complex and integrated strategy, reflecting a paradigm shift in land management, in the idea that such infrastructure, due to its communicative value, impacts the enhancement of the common good that is the landscape [Bianconi, Filippucci 2018; Settis, Mengo 2013].

Trasimeno Digital Twin: the representation of territorial data

The proposed planning strategy starts from a unitary vision of Trasimeno centered on landscape, a key theme of inter-institutional and community collaboration [Bianconi et al. 2015]. This path, which then took shape in the *Landscape Atlases* [Bianconi et al. 2016a] intended as tools for integrated and participatory planning [Bianconi et al. 2016b] and as a process of territorial Codesign, gave rise to the Trasimeno ITI (Integrated Territorial Investment), to be understood according to European regulations as “a new implementation tool that allows to bring together the resources of several priority axes of one or more operational

programs for the realization of multi-dimensional and intersectoral interventions and is characterized by the provision of an integrated management and implementation regime. The ITI can be an ideal tool to support integrated actions in urban areas because it allows for the combination of funding related to different thematic goals, including the possibility of combining funds from priority axes and operational programs" (art. 36 of Regulation (EU) 1303/2013 laying down Common Provisions on the SIE Funds; Commission Fact sheet *Integrated Sustainable Urban Development - Cohesion Policy 2014-2020*). In Umbria, the area identified for the implementation of the ITI is the Trasimeno basin, an area that has in common a landscape, marked by a natural element of articular environmental value, in which fall the municipalities of Castiglione del Lago, Città della Pieve, Magione, Paciano, Panicale, Passignano sul Trasimeno, Piegara and Tuoro sul Trasimeno, administrative realities with more than 50.000 inhabitants that have established, for the purposes and effects referred to in article 32 of the Consolidated Text on the ordering of Local Authorities (Legislative Decree August 18, 2000, No. 267) the Union of Municipalities of Trasimeno, which has in its purposes the performance of a plurality of functions and services of the member municipalities. This is the context of the inter-institutional collaboration agreement between the Department of Civil and Environmental Engineering of the University of Perugia and the Union of Trasimeno Municipalities (fig. 2), aimed at the promotion and development of study and research activities as part of the implementation of one of the axes of the Trasimeno ITI, the planning Axis 4 *Information and Communication Technologies*. The objective of the drafted strategy, inherent within a broader strategic program, has the specific task of promoting a digital and sustainable transformation of the Lake Trasimeno area, integrating technological innovation, enhancement of cultural and natural heritage, and participatory development of local communities. This collaboration has supported the development of a strategic plan, funded with nearly one million euros, for the digitization of the territory, of processes and services. The core of the proposal lies in the creation of an integrated system that fosters the convergence of different functionalities in a single platform, designed to respond in a coordinated way to the needs of urban planning, environmental management and democratic participation.

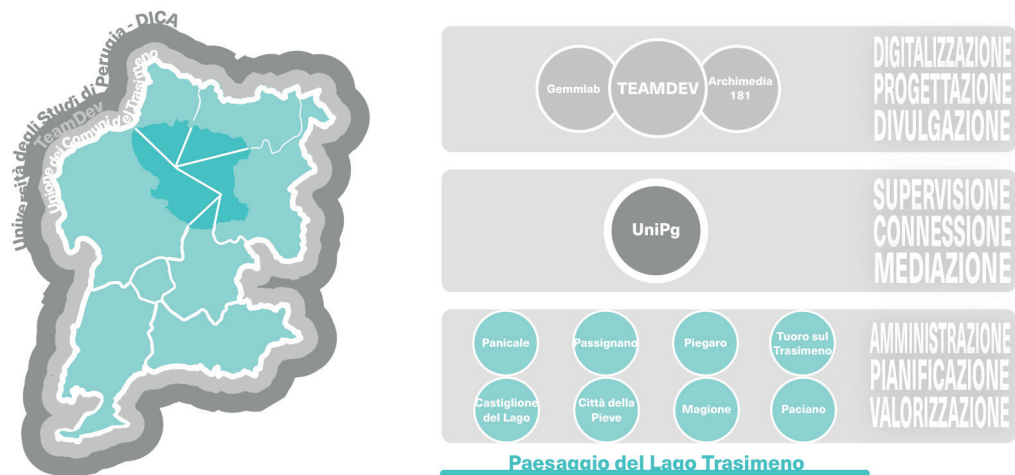


Fig. 2. Organizational structure of the planning Axis 4 and main actors involved (authors' graphic elaboration).

The proposal has been structured into six project actions, which consist of the *Integrated Territorial Platform* (PITER), the *Trasimeno Grand Tour*, the *Historic Digital Cadastre*, *Mobile Telephony*, the *Trasimeno 4.0 project*, and *Environmental Monitoring* (figs. 3, 4).

As for *Action 1*, focusing on the *Integrated Territorial Platform*, the project consists of an advanced digital system designed to integrate and manage geographic, urban planning, demographic and environmental data, accessible to public administrations, citizens, businesses and professionals. The platform supports spatial planning, optimizes public services, and promotes



Fig. 3. Design objectives of the themes constituting Axis 4 ITI Trasimeno (authors' graphic elaboration).

transparency and participation. It integrates technologies such as GIS, BIM and IoT sensors, enabling advanced analysis, real-time monitoring and the creation of Digital Twins for sustainable and innovative land management [Hidalgo-Sánchez *et al.* 2024].

In parallel, *Action 2*, called *Grand Tour Trasimeno*, focuses on the enhancement of 30 sites of interest through the collection, processing and presentation of historical, cultural and geographical information, supported by advanced technologies such as 3D models, augmented and virtual reality [Parrinello, Picchio 2023], in order to create an immersive experience for users. The initiative aims at inclusive and sustainable tourism, equally accessible to people with disabilities, combining on-site experiences and digital content; tools such as photogrammetry and 3D scanning support preservation and restoration, while IoT sensors and AR viewers optimize flow, safety, and accessibility, enriching the cultural experience [Tao *et al.* 2022]. Digitization of the *Historic Digital Cadastre*, according to the goals of *Action 3*, preserves historical documents and improves their accessibility by integrating them into GIS platforms to link the territory's past and present. Processes such as georeferencing, classification, and vectorization support urban planning and historical research. Examples in Tuscany and Marche demonstrate the value of WebGIS, but technical challenges persist. The approach promotes inclusive spatial management and enhances historical memory [Grava *et al.* 2020; Ravaschieri 2011].



Fig. 4. Implementation modalities of the six actions of Axis 4 III Trasimeno (authors' graphic elaboration).

The modernization of the territory is also achieved through the enhancement of technological infrastructure, as evidenced by the project for *Action 4*, which concerns the *Mobile Telephony* project. The initiative aims to optimize the distribution of antennas, ensuring uniform coverage and high-quality service standards, with special attention to landscape protection. Contextually, *Action 5 Trasimeno 4.0* takes the form of a tool to improve relations between citizens and public administration through the use of digital technologies that simplify access to services and promote participatory governance. The digital transformation of public administrations has introduced new paradigms of civic participation and territorial management, leveraging technologies to increase transparency, efficiency, and inclusiveness [De Filippi et al. 2017; Giacomini 2019]. Lastly, *Action 6* provides a monitoring network that, through advanced technologies, allows for real-time detection and analysis of critical parameters such as air and water quality. This system, implemented in collaboration with ARPA Umbria, is part of a broader vision of sustainability, raising community awareness of the importance of environmental protection and improving land-use planning policies. Among the various activities, the development of the system to manage spatial information, driven by the *WiseTown* suite (fig. 5) based on the ArcGIS system, where it has been possible to integrate georeferenced and open data spatial data, offering advanced analytical tools, can be particularly noted for its representative interest. The spatial survey activities also involved the acquisition of point clouds, high-resolution panoramic images and accurately post-processed GNSS data, ensuring an average accuracy of a few centimeters. Data processed and made usable through the *Geolander.it* platform (fig. 6), built to offer even intuitive access to spatial information and advanced analysis tools. The platform, organized into specific modules, allows navigation of panoramic images and point clouds, geographic data management and interactive visualization of areas of interest, making it a key support for urban planning, environmental management and infrastructure maintenance. Contextually, in addition to the digitization of the historical cadastre, it can be highlighted how for the *Trasimeno Grand Tour* (fig. 7) 3D models navigable through VR viewers and 360° panoramas were created for thirty cultural and tourist attractions, selected from the most significant assets in the area. These products were integrated into an interactive map available on the *Esri* platform and on a dedicated website, equipped with a responsive graphic layout, detailed fact sheets for each attractor, and tools for immersive navigation.

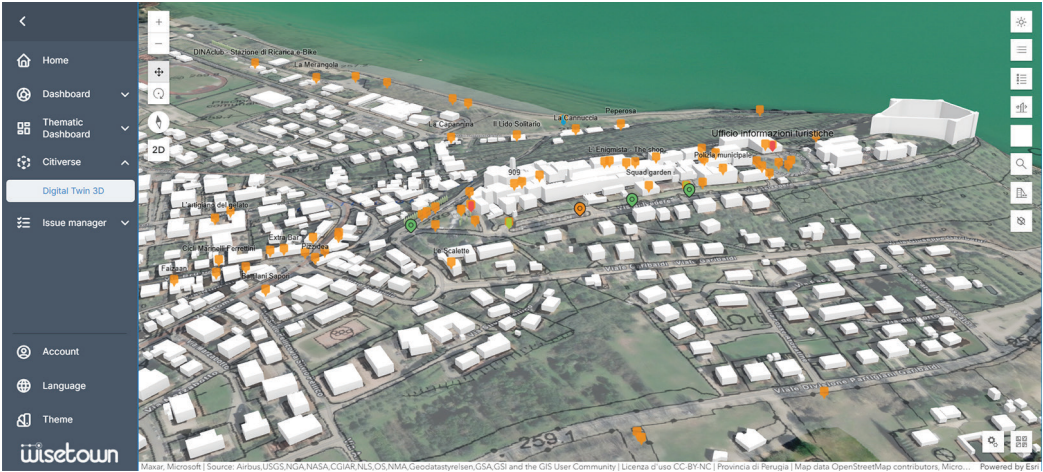


Fig. 5. WiseTown portal interface.



Fig. 6. Geolander portal interface.



Fig. 7. Interface of the website dedicated to Grand Tour Trasimeno.

Conclusions

The implementation of the path implemented to make Trasimeno smart through the digital transition processes inherent in the ecosystem implemented is presented as one of the first case studies, at the national level, of the implementation of information, processes and services for the integrated management and planning of a large-scale territory such as the lake basin. This approach introduces a new paradigm of data management, tailored to the specific needs of small and even fragile local governments, which, brought together, thus aim to support innovative processes and services.

Digital infrastructurization, however, represents only the first step toward a process of territorial innovation, which needs to get the systems developed up and running, both in terms of what concerns the municipal offices that are involved in the processes of digital literacy of the new tools created, and in terms of what concerns the community, to which a series of products, processes and services are addressed.

Thus, a process of connective revolution of relationships has been triggered, a first step that is projected to the enhancement of the environment, the territory, the landscape, hence which is designed by placing the person at the center.

Credits/Acknowledgements

The work was developed according to the inter-institutional collaboration agreement (ex art. 15 L. 241/1990) between the Department of Civil and Environmental Engineering of the University of Perugia and the Unione dei Comuni del Trasimeno as part of the research and implementation activities of Axis 4 ITI Trasimeno. The development of the project was coordinated and implemented by TeamDev S.r.l., leader of the winning group of the SDAPA ICT Specific Contract No. 4591467 "Technological tools and services for the Trasimeno ITI Axis 4" (PSR FEASR Umbria Region 2014-2022, Intervention 7.3.2), and executing company of the project, supported by Gemmlab S.r.l. and Archimedia I81 S.r.l., which have contributed professionally to the development of the planned Actions. The support provided by Giulio Cherubini, Silvio Cipriani, Andrea Cruciani and Luciano Concezzi was decisive for the supervision and intermediation activities conducted by the University.

Reference List

- Adreani, L., Bellini, P., Fanfani, M., Nesi, P., Pantaleo, G. (2024). *Smart City Digital Twin Framework for Real-Time Multi-Data Integration and Wide Public Distribution*. IEEE Access, 12, pp. 76277-76303. [10.1109/ACCESS.2024.3406795](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3406795).
- Argota Sánchez-Vaquerizo, J. (2024). Urban Digital Twins and metaverses towards city multiplicities: uniting or dividing urban experiences? In *Ethics and Information Technology*, 27(4). <https://doi.org/10.1007/s10676-024-09812-3>.
- Bacco, M., Delmastro, F., Ferro, E., Gotta, A. (2017). Environmental Monitoring for Smart Cities. In *IEEE Sensors Journal*, 17(23), pp. 7767-7774. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2017.2722819>.
- Barresi, A. (2023). Urban Digital Twin and urban planning for sustainable cities. In *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*, pp. 78-83. <https://doi.org/10.36253/techne-13568>.
- Batty, M. (2018). *Inventing Future Cities*. Cambridge: The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/11923.001.0001>.
- Berrocal, J., Miranda, J., Garcia-Alonso, J., Mikkonen, T., Makitalo, N., Murillo, J. M., Canal, C. (2015). From the Internet of Things to the Internet of People. *IEEE Internet Computing*, 19(2), pp. 40-47. <https://doi.org/10.1109/mic.2015.24>.
- Bianconi, F., Ciarapica, A., Filippucci, M. (2016a). Paesaggio, territorio, conoscenza. Dall'Atlante degli Obiettivi della Regione Umbria ai Contratti di Paesaggio del Lago Trasimeno. In *Sustainable Development, Human Health and Environmental Protection*. Atti della XIX Conferenza Nazionale SIU, vol. 1..
- Bianconi, F., Ciarapica, A., Filippucci, M. (2016b). Strategie per un Governo Partecipato del Territorio. Progetti integrati d'area, Atlante degli Obiettivi e contratti di Paesaggio della Regione Umbria. *Cambiamenti. Responsabilità e Strumenti per l'urbanistica Al Servizio Del Paese*, Atti della XIX Conferenza Nazionale SIU, pp. pp. 1567-1575.
- Bianconi, F., Filippucci, M. (2018). Il disegno del prossimo paesaggio. In F. Bianconi, M. Filippucci (Eds.). *Il prossimo paesaggio. Realtà, rappresentazione, progetto*. Roma: Gangemi.
- Bianconi, F., Filippucci, M. (2023). *La rivoluzione BIM per la pubblica amministrazione. Sperimentazioni nel territorio di Città di Castello*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli Editore.
- Bianconi, F., Filippucci, M., Andreani, S. (2015). Smart cities e contratti di paesaggio: l'intelligenza del territorio oltre i sistemi urbani. In *Istituzioni del Federalismo*, 1, pp. 895-926.
- Bianconi, F., Filippucci, M., Seccaroni, M. (2018). *Representing Complexity*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli.
- Brunelli, M., Ditta, C. C., Postorino, M. N. (2022). A framework to develop urban aerial networks by using a digital twin approach. In *Drones*, 6(12), 387. <https://doi.org/10.3390/drones6120387>.
- Cocchia, A. (2014). Smart and Digital City: A Systematic Literature Review. In R. P. Dameri, C. Rosenthal-Sabroux (Eds.). *Smart City*, pp. 13-43. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-06160-3_2.

D'Amanzo, C., Feijoo Rivas, S. C. (2021). *Urban digital twin come strumento a supporto delle prassi di pianificazione a scala urbana per il cambiamento climatico. Analisi di cinque casi studio in ambito internazionale*= *Urban digital twin as a tool to support urban-scale planning practices for climate change. Analysis of five international cases*. Tesi di laurea in Architettura Costruzione Città, relatore G. Callegari, correlatore G. Ricciardi. Politecnico di Torino.

Dani, A. (2014). Il concetto giuridico di beni comuni tra passato e presente. In *Historia et ius rivista di storia giuridica dell'età medievale e moderna*, n. 6 paper 7.

De Filippi, F., Coscia, C., Cocina, G. G. (2017). Piattaforme collaborative per progetti di innovazione sociale. Il caso Miramap a Torino. In *TECHNE: Journal of Technology for Architecture & Environment*, 14, pp. 218-225.

Dembski, F., Wossner, U., Letzgus, M., Ruddat, M., Yamu, C. (2020). Urban Digital Twins for Smart Cities and Citizens: The Case Study of Herrenberg, Germany. In *Sustainability*, 12(6). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su12062307>.

Duarte, F., Ratti, C. (2018). What Big Data Tell Us About Trees and the Sky in the Cities. In K. Ycke, C. Gengnagel, O. Baverel, J. Burry, C. Mueller, M. M. Nguyen, P. Rahm, M. R. Thomsen (Eds.). *Humanizing Digital Reality*, pp. 59-62. Singapore: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-6611-5_6.

Ewing, R., Clemente, O., Neckerman, K. M., Purciel-Hill, M., Quinn, J. W., Rundle, A. (2013). Measuring Urban Design. In *Measuring Urban Design*, Washington D.C.: Island Press. <https://doi.org/10.5822/978-1-61091-209-9>.

Fuller, A., Fan, Z., Day, C., Barlow, C. (2020). Digital Twin: Enabling Technologies, Challenges and Open Research. In *IEEE Access*, 8, 108952-108971. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2998358>.

Ghahramani, M., Zhou, M., Wang, G. (2020). Urban sensing based on mobile phone data: Approaches, applications, and challenges. In *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 7(3), pp. 627-637. <https://doi.org/10.1109/JAS.2020.1003120>.

Giacomini, G. (2019). La piattaforma Open municipio alla prova dei fatti. L'e-government a Udine fra partecipazione auspicata e partecipazione effettiva. In *Quaderni Di Sociologia*, 80, pp. 113-142.

Giudicianni, C., Herrera, M., Nardo, A. di, Adeyeye, K., Ramos, H. M. (2020). Overview of Energy Management and Leakage Control Systems for Smart Water Grids and Digital Water. In *Modelling*, 1(2), pp. 134-155. <https://doi.org/10.3390/modelling1020009>.

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

Grieves, M., Vickers, J. (2017). Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. In *Transdisciplinary perspectives on complex systems*, pp. 85-113. Springer. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4.

Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. In *Future Generation Computer Systems*, 29(7), pp. 1645-1660. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>.

Hameed Ali, S., Ayad, H., Taher Al Rubaie, M. (2022). Fifth Industrial Revolution: (New Perspectives). In *International Journal of Business*, 3(3), pp. 196-212. <https://doi.org/10.47747/ijbme.v3i3.694>.

Hidalgo-Sánchez, F. M., Merino-del-Río, R., Mascort-Albea, E. J., Ruiz-Moreno, I., Linares-Gómez DelPulgar, M., Tejedor-Cabrera, A. (2024). Digital reactivation of territories through geospatial cultural itineraries: the VIDA-HTL web application. In *Heritage Science*, 12(1), pp. 1-27. <https://doi.org/10.1186/s40494-024-01173-w>.

Iafrate, F. (2018). *Artificial intelligence and big data: the birth of a new intelligence*. London: John Wiley & Sons.

Matei, A., Cicoșatu, M. (2024). Artificial Internet of Things, Sensor-Based Digital Twin Urban Computing Vision Algorithms, and Blockchain Cloud Networks in Sustainable Smart City Administration. In *Sustainability*, 16(16). <https://doi.org/10.3390/su16166749>.

Mazzetto, S. (2024). A Review of Urban Digital Twins Integration, Challenges, and Future Directions in Smart City Development. In *Sustainability*, 16(19). <https://doi.org/10.3390/su16198337>.

Moccia, F. D., Sgobbo, A. (2015). *I beni comuni oltre i luoghi comuni*. Torino: IBL Libri.

Nam, T., Pardo, T. (2011). Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. In *ACM International Conference Proceeding Series*, pp. 282-291. <https://doi.org/10.1145/2037556.2037602>.

Ostrom, E. (2015). *Governing the commons : the evolution of institutions for collective action*. Cambridge University Press.

Parrinello, S. (2024). La permanenza del segno in un linguaggio senza contorni e in continua evoluzione. In *Tribelon*, 1, pp. 4-7. <https://doi.org/https://doi.org/10.36253/tribelon-2849>.

Pinotti, A., Somaini, A. (2016). *Cultura visuale immagini, sguardi, media, dispositivi*. Torino: Einaudi.

Parrinello, S., Picchio, F. (2023). Digital Strategies to Enhance Cultural Heritage Routes: From Integrated Survey to Digital Twins of Different European Architectural Scenarios. In *Drones*, 7(9). <https://doi.org/10.3390/drones7090576>.

Preut, A., Kopka, J. P., Clausen, U. (2021). Digital twins for the circular economy. In *Sustainability*, 13(18). <https://doi.org/10.3390/su131810467>.

Rajah, R., Lim, V. K. G. (2018). Cyberloafing in the realm of IoT: Examining individual neutralization and organizational citizenship behavior. In *The Internet of People, Things and Services: Workplace Transformations*, pp. 67-88. <https://doi.org/10.4324/9781315182407>.

- Ratti, C., Mattei, M. G. (2013). *Smart city, smart citizen*. Milano: EGEA.
- Ravaschieri, E. (2011). Trattamento digitale di mappe del Catasto Gregoriano (alta valle del Chienti)/Digitisation of Catasto Gregoriano maps (high Valley of Chienti). In *Il Capitale Culturale. Studies on the Value of Cultural Heritage*, 2, pp. 327-340.
- Riganti, P. (2017). Smart cities and heritage conservation: Developing a smartheritage agenda for sustainable inclusive communities. In *Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research* 11(3), pp. 16-27. <http://dx.doi.org/10.26687/archnet-ijar.v11i3.1398>.
- Schrotter, G., Hürzeler, C. (2020). The Digital Twin of the City of Zurich for Urban Planning. In *PFG - Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science* (88), pp. 99-112. <https://doi.org/10.1007/s41064-020-00092-2>.
- Settis, S., Mengo, D. (2013). *Il paesaggio come bene comune*. Napoli: La Scuola di Pitagora.
- Simmers, C. A., Anandarajan, M. (2018). *The Internet of People, Things and Services: Workplace Transformations*. London: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315182407>.
- Song, H., Selim, G. (2022). Smart Heritage for Urban Sustainability: A Review of Current Definitions and Future Developments. In *Journal of Contemporary Urban Affairs*, 6(2), pp. 175-192. <https://doi.org/10.25034/ijcua.2022.v6n2-5>.
- Sunstein, C. R. (2001). *Republic.com*. Princeton: Princeton University Press.
- Taj, I., Jhanjhi, N. Z. (2022). Towards Industrial Revolution 5.0 and Explainable Artificial Intelligence: Challenges and Opportunities. In *International Journal of Computing and Digital Systems*, 12(1), pp. 285-310. <https://doi.org/10.12785/ijcds/120124>.
- Tan, W., Fan, Y., Ghoneim, A., Hossain, M. A., Dustdar, S. (2016). From the Service-Oriented Architecture to the Web API Economy. In *IEEE Internet Computing*, 20(4), pp. 64-68. <https://doi.org/10.1109/MIC.2016.74>.
- Tao, Y., Wang, Y., Wang, X., Tian, G., Zhang, S. (2022). Measuring the Correlation between Human Activity Density and Streetscape Perceptions: An Analysis Based on Baidu Street View Images in Zhengzhou, China. In *Land*, 11(3), <https://doi.org/10.3390/land11030400>.
- Tesse, J., Baldauf, U., Schirmer, I., Drews, P., Saxe, S. (2021). Extending Internet of Things Enterprise Architectures by Digital Twins Exemplified in the Context of the Hamburg Port Authority. In *AMCIS 2021 Proceedings*, 3. https://aisel.aisnet.org/amcis2021/enterprise_systems/enterprise_systems/3.
- van Dijck, J. (2013). *The culture of connectivity: a critical history of social media*. Oxford: Oxford University Press.
- Wang, H., Chen, X., Jia, F., Xiaojuan, C. (2023). Digital Twin-Supported Smart City: Status, Challenges and Future Research Directions. In *Expert Systems with Applications*, 217, 119531. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.119531>.
- Yaqoob, I., Salah, K., Khan, L. U., Jayaraman, R., Al-Fuqaha, A., Omar, M. (2023). Digital Twins for Smart Cities: Benefits, Enabling Technologies, Applications, and Challenges. In *2023 IEEE Future Networks World Forum (FNWF)*, Baltimore, MD, USA, 2023, pp. 1-6. [10.1109/FNWF58287.2023.10520349](https://doi.org/10.1109/FNWF58287.2023.10520349).

Authors

Marco Filippucci, Università degli Studi di Perugia, marco.filippucci@unipg.it
 Fabio Bianconi, Università degli Studi di Perugia, fabio.bianconi@unipg.it
 Simona Ceccaroni, Università degli Studi di Perugia, simona.ceccaroni@dottorandi.unipg.it
 Matilde Cozzali, Università degli Studi di Perugia, matilde.cozzali@collaboratori.unipg.it
 Michela Meschini, Università degli Studi di Perugia, michela.meschini@unipg.it
 Rebecca Rossi, Università degli Studi di Perugia, rebecca.rossi@collaboratori.unipg.it
 Laura Suvieri, Università degli Studi di Catania, laura.suvieri@phd.unict.it

To cite this chapter: Marco Filippucci, Fabio Bianconi, Simona Ceccaroni, Matilde Cozzali, Michela Meschini, Rebecca Rossi, Laura Suvieri (2025). Trasimeno Digital Twin: Representative Challenges for Territorial Innovation. In L. Carlevaris et al. (Eds.), *èkphrasis. Descrizioni nello spazio della rappresentazione/èkphrasis. Descriptions in the space of representation*. Proceedings of the 46th International Conference of Representation Disciplines Teachers. Milano: FrancoAngeli, pp. 2745-2764. DOI: 10.3280/oa-1430-c898.