Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU
Ministero dell'Università e della Ricerca
Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
ICSC Centro Nazionale di Ricerca in HPC, Big Data and Quantum Computing

REPORT

SOCIETA' DIGITALI

OS
Osservatorio sulle tendenze e le applicazioni del Supercalcolo

Centro Nazionale di Ricerca in HPC, Big Data and Quantum Computing

Osserv-azioni su...

SMART CITY E DIGITAL TWIN

Tendenze e applicazioni del Supercalcolo, Big Data e Quantum Computing

Novembre 2024

Indice

Indice 2

Introduzione 3

Cosa sono le *Smart Cities*? 4

Cos'è un *Digital Twin*? 6

Cos'è un *Urban Digital Twin*? 8

Esempi dal mondo 9

Herrenberg 9

Zurigo 10

A che punto siamo in Italia? 11

Smart city e Digital Twin: quali casi d'uso? 14

Snap4City: una piattaforma di Digital twin per le Smart Cities 15

SaferPlaces: Global Platform AI-based Digital Twin Platform for Flood Risk Intelligence 16

Air Break Index – Che aria tira? 18

VERA: Gemella Digitale dell'Emilia-Romagna per qualità dell'aria, decarbonizzazione, contrasto e mitigazione effetti del cambiamento climatico 19

I gemelli digitali per le smart city nel Centro Nazionale di Ricerca in HPC, Big Data e Quantum Computing 20

Un gemello digitale per la città di Bologna: il progetto CDT 21

Scenari e prospettive future per le smart cities grazie ai gemelli digitali 23

Dalle buone pratiche alla creazione di standard: alcune direzioni possibili di evoluzione 24

Il modello "Amsterdam": digital twin per la pianificazione urbana adattiva e la simulazione di scenari 24

Il modello Boston: digital twin per la gestione proattiva delle infrastrutture 25

Il modello Singapore: digital twin per l'ottimizzazione della mobilità urbana 26

Il modello Tokyo: digital twin per la risposta a emergenze e la gestione dei disastri. 26

Il modello Copenaghen: digital twin per la sostenibilità ambientale 27

Il modello Barcellona: digital twin per il coinvolgimento e la partecipazione dei cittadini 28

Il modello Firenze: digital twin per la valorizzazione culturale e turistica 28

I fattori di rischio per un approccio con digital twin alle smart city 29

Bibliografia 32

Introduzione

Oggi, oltre la metà della popolazione mondiale risiede in aree urbane, un fenomeno che continua a crescere a ritmo sostenuto. Questa rapida urbanizzazione pone sfide complesse per le città, che si trovano a dover affrontare problematiche sempre più pressanti: l'aumento del traffico, l'inquinamento atmosferico, il consumo energetico, la gestione dei rifiuti e la necessità di infrastrutture resilienti per rispondere alle esigenze di una popolazione in continua espansione. Per far fronte a tali sfide, le città stanno integrando sempre più le tecnologie innovative nei loro ecosistemi, dando vita alle cosiddette *Smart City*: ambienti urbani intelligenti, progettati per migliorare la qualità della vita e garantire uno sviluppo sostenibile.

In questo report esploriamo il ruolo delle Smart City e il crescente impiego dei Gemelli Digitali (*Digital Twin*), tecnologie che stanno trasformando il modo in cui le città vengono progettate, gestite e vissute. Il documento si basa su due studi precedentemente realizzati da IFAB per la Regione Emilia-Romagna, i cui risultati e analisi sono citati e approfonditi in questo contesto.

Il report si sviluppa seguendo un percorso chiaro e articolato:

- Introduciamo i concetti di *Smart City*, *Digital Twin* e *Urban Digital Twin*, delineando la loro rilevanza nel panorama urbano attuale.
- Esaminiamo esempi virtuosi di applicazioni innovative all'estero, per offrire uno sguardo globale sulle potenzialità di queste tecnologie.
- Analizziamo il settore in Italia, presentando casi d'uso significativi raccolti durante gli studi precedenti e descrivendo i progetti sviluppati all'interno del Centro Nazionale ICSC.
- Infine, esploriamo i trend di mercato più recenti, evidenziando le opportunità di crescita e gli scenari futuri per le Smart City e i Digital Twin.

Questo report non è solo una panoramica dello stato dell'arte, ma un invito a riflettere sulle potenzialità trasformative delle tecnologie intelligenti e a considerare il futuro delle nostre città in un'ottica sempre più digitale, connessa e sostenibile.



Eleonora Barelli
Eleonora.barelli@ifabfoundation.org



Eleonora Ocello
Eleonora.ocello@ifabfoundation.org



Ethel Gallo
Ethel.gallo@ifabfoundation.org

Cosa sono le *Smart Cities*?

Da anni si parla di Smart City, ovvero "città intelligente", tuttavia il termine è spesso usato in modo inesatto e approssimativo per descrivere l'evoluzione delle aree urbane considerando esclusivamente gli aspetti tecnologici, o con accezione avveniristica e fantascientifica.

In realtà, una Smart City sfruttando il potenziale delle nuove tecnologie **è una "città intelligente" in quanto socialmente inclusiva e a misura d'uomo, che promuove lo sviluppo sostenibile e offre soluzioni innovative relativamente a mobilità, infrastrutture e gestione delle risorse energetiche** (con l'obiettivo di diventare autosufficiente), **migliorando così la qualità della vita dei cittadini**.

La transizione verso le Smart Cities, pertanto, è necessaria per rispondere a problemi contemporanei come la crisi climatica e l'incremento demografico, anche perché le Nazioni Unite prevedono che entro il 2050 il 70% della popolazione mondiale vivrà in centri urbani sempre più ampi e ad altissima densità abitativa.

La Commissione Europea definisce così le Smart City: "Cosa sono le città intelligenti? Una città intelligente è un luogo **in cui le reti e i servizi sono resi più efficienti grazie all'uso di soluzioni digitali a beneficio dei suoi abitanti e delle sue imprese**. Una città intelligente va oltre l'uso delle tecnologie digitali per un migliore utilizzo delle risorse e una riduzione delle emissioni. Significa **reti di trasporto urbano più intelligenti, strutture di approvvigionamento idrico e di smaltimento dei rifiuti migliorate e modi più efficienti di illuminare e riscaldare gli edifici**. Significa anche un'amministrazione cittadina più interattiva e reattiva, spazi pubblici più sicuri e la possibilità di soddisfare le esigenze di una popolazione che invecchia."

Come riportato nel report "Smart Cities: Digital Solution for a more livable future" del McKinsey Global Institute, **le città "smart" utilizzano dati e tecnologie digitali per migliorare la qualità della vita dei propri abitanti**. Dati più completi e in tempo reale offrono agli enti pubblici la possibilità di monitorare gli eventi mentre accadono, comprendere come cambiano i modelli di domanda e rispondere con soluzioni più rapide ed economiche.

In particolare, le tecnologie intelligenti trasformano la natura e l'economia delle infrastrutture urbane. Incoraggiano le persone a utilizzare i mezzi di trasporto pubblico in orari meno affollati, a cambiare percorso, a ridurre il consumo di energia e acqua in determinati momenti della giornata e ad alleviare la pressione sul sistema sanitario attraverso cure preventive fai-da-te. Il risultato non è solo una città più vivibile, ma anche un luogo più produttivo per le imprese.

Le Smart Cities si basano sull'integrazione di tre livelli tecnologici fondamentali, che lavorano in sinergia per migliorare la qualità della vita urbana:

1. **Il primo livello** comprende una rete di dispositivi e sensori intelligenti, come smartphone, sensori ambientali e applicazioni, che raccolgono dati cruciali in tempo reale. Queste informazioni permettono di monitorare e

gestire in modo efficiente aspetti fondamentali della vita cittadina, come il traffico, il risparmio energetico e il consumo idrico.

2. **Il secondo livello** è costituito dagli strumenti che trasformano i dati grezzi in informazioni utili e azionabili, come avvisi, analisi e grafici. Queste applicazioni coprono molteplici ambiti, tra cui mobilità, sicurezza, sanità, energia e molto altro, fornendo soluzioni specifiche per ciascun settore.

3. **Il terzo livello** riguarda l'adozione pubblica. Il successo delle applicazioni dipende dall'ampia diffusione e dal cambiamento di comportamento che riescono a incentivare. Alcune di queste tecnologie mettono i cittadini al centro, offrendo loro informazioni trasparenti per prendere decisioni più consapevoli e migliorare la loro esperienza quotidiana.

L'integrazione completa di queste tecnologie, pilastro delle Città Intelligenti, può migliorare alcuni indicatori chiave della qualità della vita dal 10% al 30%, come illustrato nella Figura 1, contribuendo in modo significativo allo sviluppo sostenibile.

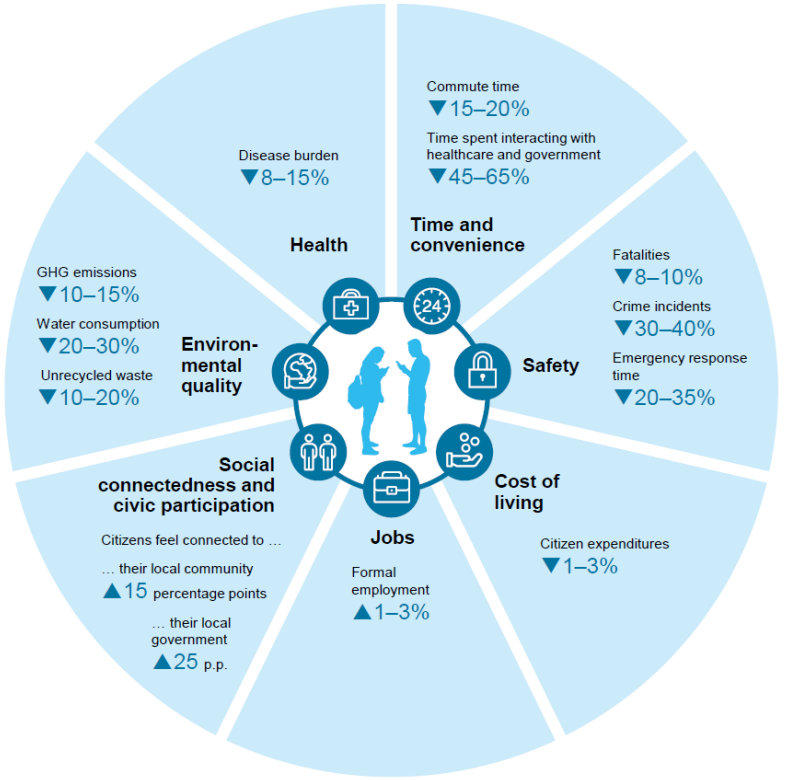


Figura 1. Le applicazioni per le città intelligenti possono migliorare alcuni indicatori chiave della qualità della vita del 10-30%. Credits to McKinsey Global Institute.

Cos'è un *Digital Twin*?

Da uno studio condotto da IFAB Foundation e il Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Bologna, svolto per la Regione Emilia-Romagna, vengono qui riportati degli estratti per definire i concetti di Digital Twin e Urban Digital Twin.

In letteratura esistono diverse definizioni di Digital Twin (DT), talvolta in contrasto tra loro, senza una convenzione generalmente accettata. Ambrosetti, nel 2023, ci dà la seguente:

"Il DT è una soluzione tecnologica che deriva dall'adozione convergente delle tecnologie di Internet of Things, Intelligenza Artificiale, Cloud e Big Data, High Performance Computing e connettività superveloce, in cui i dati scambiati ed elaborati in tempo reale vengono resi fruibili grazie a sistemi di User Experience Design. In questo senso, **il Digital Twin rappresenta una delle espressioni più alte del percorso di trasformazione digitale e, di conseguenza, una leva strategica per la competitività di aziende, ecosistemi e territori.** La caratteristica chiave del Digital Twin è l'interoperabilità tra il modello digitale e quello reale: in realtà ben più che gemelli, oggetti o sistemi fisici modellizzati digitalmente con il Digital Twin diventano un tutt'uno, abbattendo le barriere tra digitale e reale e permettendo all'oggetto digitale di agire e influenzare il mondo reale".

Per dare forma al concetto di DT si prendono in causa i tre elementi fondamentali che lo costituiscono: un sistema fisico, uno digitale e gli strumenti che permettono la sincronizzazione e l'interazione tra di essi. Per interazione intendiamo un flusso di dati (in una direzione e/o nell'altra), ovvero, ciò che è rilevabile attraverso sensori o dispositivi che possono effettuare delle misure integrati nell'oggetto fisico. Utilizzando una distinzione, si giunge ad una definizione di DT, in base a come i due oggetti (fisico e digitale) sono in interazione Figura 2. Pertanto, si dicono:

- ***Digital Model,*** la ricostruzione digitale statica dell'oggetto fisico. Ogni modifica al modello digitale deve essere eseguita manualmente dagli utenti, senza un collegamento automatico con il mondo fisico;
- ***Digital Shadow,*** una riproduzione dinamica che riceve automaticamente i dati dall'oggetto fisico. Questo avviene tramite l'utilizzo di sensori o dispositivi di misurazione nel mondo reale, che inviano automaticamente le informazioni al corrispondente oggetto digitale. Tuttavia, l'oggetto fisico non viene automaticamente influenzato o modificato in base ai dati ricevuti dal Digital Shadow;
- ***Digital Twin,*** un Digital Shadow in cui il flusso dei dati è bidirezionale: non solo riceve i dati dall'oggetto fisico, ma può anche fornire un feedback e influenzare l'oggetto fisico in base alle informazioni elaborate. Spesso, il DT utilizza simulazioni o algoritmi di Intelligenza Artificiale per prevedere o simulare l'evoluzione dell'oggetto fisico e fornire indicazioni utili per il suo miglioramento o la sua gestione.

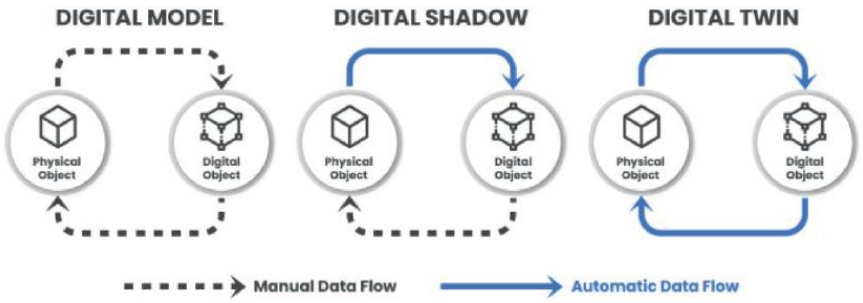


Figura 2. I meccanismi dei tre modelli: Digital Model, Digital Shadow e Digital Twin a confronto. Source: CINECA, 2023.

Cos'è un *Urban Digital Twin*?

Anche sul concetto di Urban Digital Twin si è riscontrata poca chiarezza, specialmente se confrontato con quello di "Local" Digital Twin. In questa sede ci riferiremo a entrambi come sinonimi, la denominazione dei quali è spesso attribuita alla scala dimensionale a cui i DT sono riferiti. Per inquadrare in modo più specifico l'Urban Digital Twin riportiamo la sua definizione fornita dalla Commissione Europea**: I Local (Urban) Digital Twins sono la rappresentazione virtuale delle risorse fisiche, dei processi e dei sistemi di una città, utilizzando dati, analisi dei dati e apprendimento automatico per aiutare i modelli di simulazione che possono essere aggiornati e modificati (in tempo reale) al variare dei loro equivalenti fisici**.

Finora il DT è stato descritto come una soluzione tecnologica in grado di offrire servizi ed efficientamento per gli asset della controparte fisica. **Tra l'infinità dei servizi, miglioramenti e soluzioni che un DT può offrire, spiccano per importanza strategica le politiche di Smart City, invero, ci consentono di integrare le diverse dimensioni e caratteristiche delle città intelligenti in un unico modello**. Questo approccio olistico consente di affrontare in modo più efficace alcune sfide urbane come la mobilità e la qualità dell'aria.



Figura 3. Città Intelligente Integrata realizzata con GenAi. Credits to Osservatorio ICSC

Esempi dal mondo

I gemelli digitali urbani rappresentano strumenti innovativi che combinano dati spaziali, tecnologie digitali e simulazioni avanzate per supportare la pianificazione e la gestione delle città. Diverse città nel mondo hanno sviluppato modelli pionieristici di gemelli digitali, ognuno adattato alle specifiche esigenze locali. Di seguito vengono analizzati alcuni esempi significativi.

Herrenberg

A Herrenberg (Germania**) è stato sviluppato un modello digitale urbano che si avvicina a un vero e proprio DT, costruito con particolare focus sulla riproduzione 3D (BIM) della città per visualizzazione in realtà aumentata, sulla simulazione dell'airflow nell'area urbana e dell'inquinamento, e sui processi di collaborative decision making**.

Il gemello digitale è configurato come segue:

- **Un modello morfologico e 3D della città**, ovvero ambiente circostante, dati geologici e morfologici del territorio, modelli 3D degli edifici. Il modello generale di Herrenberg è un modello ibrido che combina dati 3D di quartieri sempre più dettagliati forniti dall'amministrazione, inclusi progetti architettonici selezionati, arricchiti con degli scanner laser.
- **Un modello di rete stradale** utilizzando la teoria e il metodo della sintassi spaziale, che ha permesso di analizzare i potenziali di movimento per auto e pedoni utilizzando la misura della scelta angolare normalizzata (NACH). NACH si riferisce al movimento che attraversa i percorsi angolari più brevi da tutti i punti a tutti i punti della rete stradale. Questo permette di capire quanto "centrale" è un segmento di strada rispetto a tutti gli altri nel sistema urbano, e di indicare potenzialità di fruizione.
- **Una simulazione di mobilità urbana** realizzata attraverso SUMO, la quale utilizza un modello per il tracciamento dell'auto e il cambio di corsia, continuo nello spazio e discreto nel tempo. I risultati della simulazione vengono visualizzati in 3D come singole auto, camion e autobus, nonché biciclette e pedoni, che si muovono attraverso il modello di città virtuale. Per il gemello digitale urbano è stato sviluppato un nuovo plug-in per simulare e visualizzare in tempo reale i cambiamenti nel modal-split e la quantità di viaggio. Ciò consente di testare e illustrare diversi scenari e visioni riguardanti il traffico e la riduzione dei gas di scarico.
- **Simulazione del flusso del vento**, per la quale sono stati integrati i dati meteorologici e climatici ufficiali. Questa simulazione e combinazione di dati consente agli investigatori di correlare le emissioni al potenziale volume di traffico e alla distribuzione delle emissioni tenendo conto del vento e di fattori come la temperatura e l'umidità.
- **Data flow da una rete di sensori**, ovvero dati empirici e reali su particolato, temperatura e umidità. I sensori sono stati pre-costruiti dal team di ricerca e consegnati a cittadini impegnati come parte di un progetto di "citizen science".
- **Flussi di movimento delle persone**, social data e percezione della città. Al fine di raccogliere questi dati empirici utilizzando informazioni

geografiche volontarie (VGI), è stata sviluppata l'applicazione mobile "Reallabor Tracker". L' applicazione, che si basa su OSM Tracker, ha consentito di tracciare i loro percorsi quotidiani, valutare la qualità della sfera pubblica, registrare le loro attività stazionarie e registrare immagini e campioni sonori e fare commenti sotto forma di note. Inoltre, i partecipanti sono stati in grado di valutare gli spazi pubblici in loco e mediante georeferenziazione, individuare le barriere architettoniche e scattare foto e registrazioni audio del rumore del traffico e di altri suoni. I dati raccolti sono stati resi anonimi.

Zurigo

La città di Zurigo, Svizzera, si presenta **come un avanzato esempio di città gemella digitale dedicato alla pianificazione urbana**, inserito all'interno della strategia Smart City ivi adottata. Questa rappresentazione digitale, alcune schermate, è stata creata con lo scopo di assistere il processo decisionale attraverso un'immagine digitale del territorio. **Il modello 3D su cui si basa è composto da tre elementi principali: un modello del terreno, un modello dedicato agli edifici e un modello delle coperture degli stessi edifici**. I dati di questi modelli provengono da diverse fonti, tra cui immagini LiDAR, piani di struttura urbana e fotogrammetria semi-automatica. Il gemello digitale permette una dettagliata visualizzazione di spazi stradali, infrastrutture sotterranee e di selezionati edifici pubblici. La realizzazione di tale modello è stata resa possibile attraverso una normativa che, attraverso il federate learning e una acquisizione diretta, ha definito in dettaglio la tipologia dei dati spaziali e metadati acquisibili, contribuendo alla creazione di un framework di governance. Le informazioni tridimensionali contribuiscono anche all'evoluzione dei processi di rilievo catastale e ingegneristico.

La suddetta normativa, definisce. **La gestione del ciclo di vita del dato, concetto alla base del gemello digitale, applicata ai suddetti dati, consente una pianificazione digitale e un aggiornamento delle diverse componenti (edifici, strade, ecc.) a intervalli temporali definiti**. Nel settore dell'edilizia e dell'immobiliare, i processi di costruzione e manutenzione vengono anche loro mappati digitalmente. In sintesi, l'UDT di Zurigo è lo strumento eletto alla presentazione, discussione e modellazione dello spazio pubblico, fornendo una base per diverse analisi e calcoli, come analisi della visibilità, propagazione del rumore, irraggiamento solare, calcoli dell'ombra, simulazioni di inondazioni e molto altro.

A che punto siamo in Italia?

Con il presupposto che il paradigma Smart City diventa sempre più rilevante per migliorare la qualità della vita e la sostenibilità nelle città, secondo un'indagine del 2022, **in Italia l'attenzione al tema rimane positivamente alta: crescono i progetti e i comuni che hanno sperimentato su tanti ambiti verticali dichiarano di voler continuare a investire nei prossimi anni**, evidentemente alla stregua del beneficio ottenuto. **Anche in ambito accademico assistiamo a un forte incremento di pubblicazioni scientifiche relative a questo ambito. Tuttavia, le iniziative Smart City sono ancora principalmente legate alla realizzazione di singole applicazioni, senza una vera propria visione di insieme**. Al di là di singole best practice di alcune città italiane, manca ancora una spinta diffusa per una piena maturità nell'integrazione tra i vari progetti, per una corretta interoperabilità e valorizzazione dei dati, traguardi raggiungibili con buona probabilità, attraverso una forma di coordinamento superiore. In questo quadro si inserisce il PNRR, i cui effetti potrebbero sbloccare questa situazione. Emerge comunque un altro dilemma: nonostante l'alto potenziale di finanziamento di soluzioni "smart", integrate o integrabili (fino a 17 miliardi di euro sono stati stanziati per rigenerare, digitalizzare e rendere più efficienti ed inclusivi i nostri centri urbani**), i comuni e gli enti pubblici fanno fatica a implementarle, a causa dei numerosi obiettivi da raggiungere e delle scadenze serrate che stanno costringendo a puntare su tante soluzioni quick-win, piuttosto che progetti di ampio respiro, enfatizzando ulteriormente un approccio a silos**. Nonostante i progressi compiuti, per la Smart City è necessario un livello di trasformazione più profondo. Ciò si riflette nelle attuali tendenze nazionali e internazionali, dove città come Barcellona, Londra, Zurigo, Milano, Trento e Firenze stanno utilizzando soluzioni basate sui dati per realizzare una pianificazione e una gestione completamente integrate dei loro ambienti urbani.

Nel 2022 il mercato Smart City in Italia vale 900 milioni di euro. A pesare di più sono applicazioni ormai consolidate, come l'Illuminazione pubblica (24% del totale) e la Smart Mobility (21%). Hanno assunto quest'anno una quota rilevante nel mercato anche le soluzioni di raccolta e distribuzione dell'energia, come Smart Grid e comunità energetiche rinnovabili (CER) (13%), che hanno superato il più maturo ambito dello Smart Metering e Smart Building (12%). Grazie in larga parte a questi primi fondi aggiudicati del PNRR, il mercato in Italia registra un tasso di crescita del +23%, più alto rispetto a quello previsto per l'area europea (+9%) e per gli Stati Uniti (13%) e pari solo a quello del continente asiatico (23%). Il 2022 è stato un anno positivo per lo sviluppo di iniziative SC in Italia: il 21% dei comuni italiani ha dichiarato di aver avviato almeno un progetto negli ultimi 12 mesi, e questa percentuale sale al 39% per i comuni di medie e grandi dimensioni. Anche le tendenze future indicano che il numero di progetti sarà in forte crescita: i Comuni che intendono investire in iniziative Smart City nei prossimi tre anni passano dal 33% del 202122 al 41% del 2022.

Dagli Osservatori Digital Innovation del Politecnico di Milano

Nel report dell'Osservatorio Smart City - Osservatori Digital Innovation del Politecnico di Milano del 2023 "Smart City: il punto di vista dei comuni e dei cittadini italiani nel 2022" viene analizzata la prospettiva dei comuni e dei cittadini italiani sul tema delle Smart City.

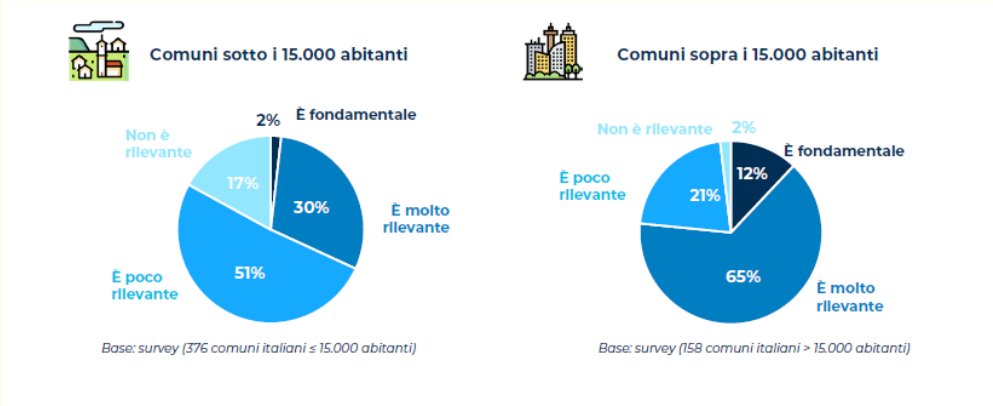


Figura 4. La priorità del tema Smart City per i comuni italiani (credits: Osservatorio Smart City 2023, Politecnico di Milano – www.osservatori.net).

Il tema Smart City assume diversi gradi di importanza a seconda della dimensione del comune: nei centri urbani più piccoli, il 32% considera il tema fondamentale o molto rilevante, mentre questa percentuale sale al 77% nei comuni oltre i 15000 abitanti (si veda la Figura 4).

È evidente che i comuni più piccoli, date le limitate risorse a loro disposizione, concentrano i loro sforzi sulle necessità più urgenti: essi potrebbero non avere ancora sviluppato la consapevolezza necessaria per cogliere i benefici e, dunque, l'importanza dei progetti legati alla Smart City. Sarà fondamentale trovare le corrette modalità per incentivare e coinvolgere anche i centri urbani minori, poiché essi costituiscono il tessuto principale del territorio italiano.

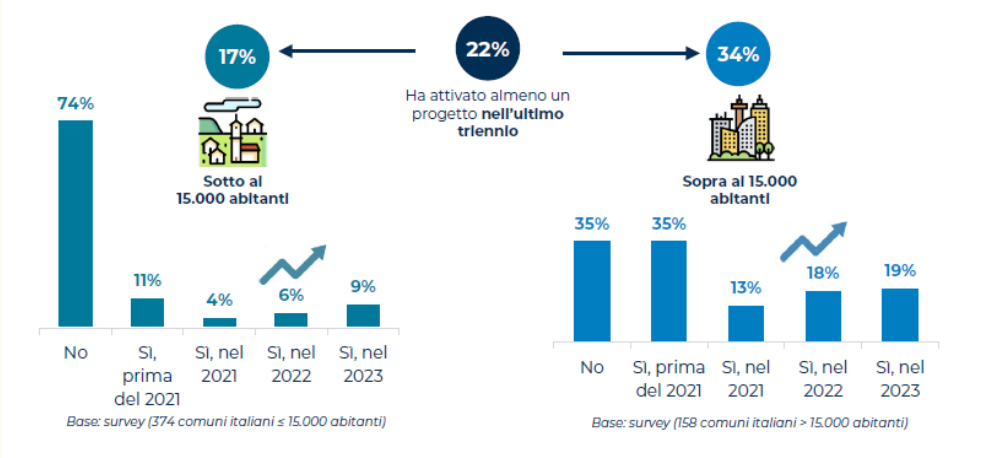


Figura 5. La percentuale di progetti Smart City avviati nel triennio 2021-2023 (credits: Osservatorio Smart City 2023, Politecnico di Milano – www.osservatori.net).

Tra il 2021 e il 2023, guardando la Figura 5, circa un quinto dei comuni d'Italia (22%) ha dato il via a progetti volti a trasfromare le aree urbane in Città Intelligenti. La diffusione di tali iniziative cresce all'aumentare delle dimensioni del centro abitato, (passando dal 17% nei comuni più piccoli al 34% in quelli più grandi), in linea con la rilevanza percepita di queste tematiche.

In generale, si osserva un trend positivo nell'adozione degli interventi Smart anno dopo anno, tendenza condivisa sia da centri urbani di minori dimensioni (dal 4% nel 2021 al 9% nel 2023) che dai comuni di dimensioni maggiori, che registrano un aumento nel numero di iniziative avviare (dal 13% nel 2021 al 19% nel 2023). Questo fenomeno è un segnale incoraggiante per il futuro, poiché evidenzia l'inclinazione dei comuni italiani nell'attuare un numero crescente di interventi.

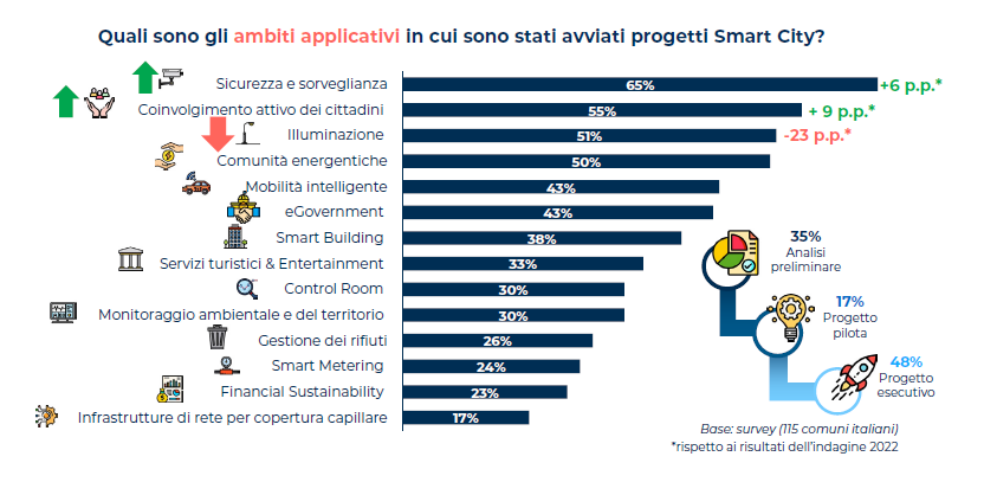


Figura 6. Gli ambiti applicativi dei progetti Smart city 2021-2023 (credits: Osservatorio Smart City 2023, Politecnico di Milano – www.osservatori.net).

L'ambito applicativo che ha registrato maggior interesse è quello della sicurezza (65%), come mostrato in Figura 6, con una diffusa adozione di telecamere per la videosorveglianza; sono, invece, ancora poche le implementazioni più avanzate, quali il video anaytics e la digitalizzazione delle soste.

Le progettualità che prevedono il coinvolgimento dei cittadini (55%) (ad esempio, tramite piattaforme di comunicazione) sono in aumento rispetto alla rilevazione effettuata nel 2022 (per il triennio 2020-2022), seguite da quelle avviate nel campo dell'illuminazione (51%), le quali, contrariamente, hanno registrato una diminuzione in termini di progetti avviati.

Le Comunità Energetiche Rinnovabili (CER) hanno guadagnato l'attenzione dei comuni, con circa il 50% di essi che ha avviato analisi preliminari e progetti pilota in questo settore in risposta al cambiamento climatico. Le CER assumono un ruolo importante specialmente nei piccoli comuni, dove salgono sul podio delle aree di intervento più adottate; nei centri urbani maggiori, suscitano altrettanto interesse, seppur in cima alla classifica si posizionino altri ambiti applicativi.

Smart city e Digital Twin: quali casi d'uso?

I più visionari intravedono città autonome e intelligenti, ecosistemi dinamici che sembrano invertire la prospettiva della Tokyo ritratta in Perfect Days di Wim Wenders. Al centro di questa evoluzione si trovano i Gemelli Digitali Urbani, tecnologie che promettono di rivoluzionare la pianificazione e la gestione del territorio, trasformando enormi quantità di dati in strumenti decisionali avanzati. Tuttavia, questa rivoluzione si accompagna a sfide significative: le amministrazioni denunciano una carenza di competenze in grado di gestire non solo l'enorme flusso di dati, ma anche di immaginare un nuovo modello di sviluppo urbano integrato e sostenibile.

Per esplorare il potenziale di queste tecnologie e le pratiche già esistenti, in collaborazione con la Regione Emilia-Romagna, abbiamo ideato e diffuso una survey innovativa, progettata per raccogliere esperienze, soluzioni e casi d'uso di rilievo. Il nostro obiettivo era non solo mappare le iniziative nel territorio regionale, ma anche identificare pratiche replicabili a livello nazionale e creare una base di conoscenza condivisa.

Nei paragrafi seguenti, presentiamo alcuni casi d'uso, evidenziando:

- abstract del progetto;
- benefici attesi e/o obiettivi del progetto;
- tecnologia, se presente, utilizzata nel progetto.

Per condividere nuovi casi d'uso, si può compilare il form al seguente link: https://forms.office.com/e/6ZNCp04rUW .

Snap4City: una piattaforma di Digital twin per le Smart Cities

Il progetto Snap4City è una piattaforma di Digital Twin per le Smart Cities, attualmente in produzione dal 2019, sviluppata dal DISIT lab dell'Università di Firenze. La piattaforma si presenta come una soluzione globale, adattabile a ogni area geografica e scalabile per diversi tipi di entità urbane, e rappresenta uno dei pochissimi esempi di Gemello Digitale a tutto tondo presenti in Italia.

Snap4City può essere utilizzata per sviluppare Living Lab e soluzioni per smart city. La piattaforma soddisfa un'ampia gamma di esigenze, da quelle dei funzionari delle città, dei cittadini e dei turisti, fino agli sviluppatori, alle aziende e ai ricercatori.

L'obiettivo principale di Snap4City è fornire un framework che integri contemporaneamente Digital Twins locali e globali per una gestione più efficiente delle risorse urbane e per facilitare i policy makers a prendere decisioni più informate riguardo al traffico, la qualità dell'aria, i servizi pubblici e molto altro.

La piattaforma Snap4City permette contemporaneamente di monitorare i flussi di traffico in tempo reale, la qualità dell'aria, l'utilizzo di energia nelle infrastrutture urbane. Inoltre, Snap4City valuta l'efficienza dei trasporti misurando i ritardi e calcolando i percorsi degli autobus. Per servizi come il parcheggio, monitora il numero di posti disponibili e le tendenze tipiche durante la giornata. L'impatto di questa piattaforma è enorme, potrebbe supportare comuni, cittadini e aziende nella gestione delle risorse, nel ridurre l'inquinamento e nel migliorare la qualità di vita su larga scala.

L'infrastruttura di Snap4City prevede la possibilità di archiviare automaticamente i dati nel sistema di archiviazione OpenSearch, oppure di inviarli direttamente a interfacce utente o ai moduli di analisi dati per l'elaborazione. Inoltre, Snap4City utilizza linguaggi di programmazione come Python, RStudio e framework per processi distribuiti. L'infrastruttura offre flessibilità nel collocare i processi computazionali sul cloud, sui dispositivi edge o su server locali, migliorando l'efficienza del sistema. In termini di sicurezza, Snap4City adotta misure avanzate, come la crittografia end-to-end e l'autenticazione reciproca per garantire la protezione dei dati.

SNAP4CITY

https://www.snap4city.org/

SaferPlaces: Global Platform AI-based Digital Twin Platform for Flood Risk Intelligence

SaferPlaces è una piattaforma Digital Twin SaaS di Flood Risk Intelligence, che fornisce informazioni cruciali sul rischio di allagamento in breve tempo, a basso costo, fornendo risultati ad alta risoluzione e con copertura globale. Si tratta di una tecnologia innovativa che combina la creazione di un Gemello Digitale dell'ambiente urbano tramite dati geospaziali e satellitari, con algoritmi di Intelligenza Artificiale, il tutto integrato in una piattaforma che sfrutta la potenza di calcolo del Cloud Computing. La piattaforma è operativa dal 2018 e il progetto è ancora in corso.

SaferPlaces si rivolge a chi è interessato a proteggere le aree urbane dagli allagamenti, a chi si occupa di progettare misure di mitigazione e adattamento, ma anche al settore assicurativo-finanziario, alle Protezioni Civili e ai multiutilities. SaferPlaces offre preziose informazioni sui rischi ai quali sono esposti i beni e le persone.

SaferPlaces è già stata utilizzata dalla Protezione Civile dell'Emilia-Romagna durante l'emergenza che ha colpito la regione nel maggio 2023, generando impatto positivo. Infatti, SaferPlaces è stata attivata sull'intero territorio regionale per aiutare a simulare le rotture arginali dovute alle piogge intense che hanno caratterizzato le prime settimane di maggio. Sfruttando i risultati ottenuti in tempo quasi reale (pochi minuti) dalla piattaforma, la Protezione Civile ha potuto organizzare le operazioni di allerta precoce e evacuazione della popolazione. Dopo l'emergenza, SP è stata integrata con dati satellitari e rilevamenti in sito, al fine di poter restituire nel più breve tempo possibile una mappatura delle aree alluvionate.



Figura 7. Rappresentazione schematizzata del funzionamento di SaferPlaces

SaferPlaces combina software proprietari e open source (come OpenLayers, Cesium, e GDAL) all'interno di una piattaforma di Digital Twin. Il sistema consiste in una dashboard interattiva e una control room che supportano sia funzionalità in tempo reale che analisi retroattive. Raccoglie e processa dati provenienti da fonti aperte, proprietarie e da terze parti. L'intelligenza artificiale che alimenta la piattaforma sfrutta algoritmi avanzati di Machine Learning, tra i quali metodi di apprendimento supervisionato, non supervisionato e per rinforzo. Tra le tecniche utilizzate ci sono Reti Neurali Ricorrenti, Long Short-Term Memory e modelli di classificazione binaria per condurre analisi predittive**.**l'autenticazione reciproca per garantire la protezione dei dati.

SaferPlaces
https://saferplaces.co/

Air Break Index – Che aria tira?

Il progetto AirBreak è una piattaforma costantemente aggiornata che attraverso un indice appositamente calcolato, monitora ora per ora la qualità dell'aria di Ferrara. Il progetto è stato co-finanziato dal programma europeo UIA ed è stato sviluppato dal Comune di Ferrara e Deda Next srl utilizzando i dati provenienti da 14 diverse centraline del Comune. Con questo progetto, è stato possibile rispondere alla petizione civica presentata nel 2020 da migliaia di cittadini che chiedevano un modo semplice per conoscere la qualità dell'aria, ora per ora.

Il progetto è rivolto a tutta la Cittadinanza e alla Pubblica Amministrazione. Tutti gli utenti possono interagire con la dashboard e monitorare la qualità dell'aria. Lungo due nuovi percorsi ciclabili della città, sono stati installati dei totem appositi per informare i cittadini sulla qualità dell'aria. In aggiunta, i dati utilizzati per calcolare l'indice della qualità sono open e messi a disposizione per essere utilizzati da chiunque interessato.

Con il progetto AirBreak si vuole ridurre del 25% in 3 anni l'inquinamento atmosferico nelle aree del territorio particolarmente sofferenti dal punto di vista ambientale. Su Ferrara sono state installate 14 nuove centraline per monitorare la qualità dell'aria. Vengono costantemente organizzate attività di co-creazione per sensibilizzare al tema e ridurre l'impatto del cambiamento climatico.

AirBreak utilizza dati provenienti dal server geografico del portale open del Comune di Ferrara. Sono stati utilizzati diversi software per lo sviluppo (FRONT, Geoserver, Apache NiFi, PostgreSQL, PostGis).

La raccolta dei requisiti e la progettazione è avvenuta grazie al coinvolgimento di circa 20 volontari provenienti da gruppi di interessi diversi (tecnici e operatori di Comune e ARPAE, docenti e studenti di istituti superiori ferraresi, ricercatori Università di Ferrara, referenti di associazioni ambientaliste) che hanno guidato e validato lo sviluppo di ideazione, prototipizzazione e test finale.

Air-Break
Co-producing healthy clean commuting air spots in town

https://airbreakferrara.net/

VERA: Gemella Digitale dell'Emilia-Romagna per qualità dell'aria, decarbonizzazione, contrasto e mitigazione effetti del cambiamento climatico

VERA (Virtualizing Emilia Romagna Air Quality) è uno strumento di simulazione e previsione delle risposte del sistema territoriale e ambientale alle politiche regionali, per supportare i processi decisionali per il miglioramento della qualità dell'aria, la decarbonizzazione, il contrasto e la mitigazione dei cambiamenti climatici.

A tal fine si prevede di integrare tra loro i diversi modelli meteorologici, climatici, di qualità dell'aria, della mobilità, dati territoriali, ecc., già disponibili ampliando il sistema con i dati forniti dai sistemi di osservazione della terra dal cielo e dallo spazio, dalla piattaforma big data regionale e da altre basi dati nella disponibilità presente o futura della Regione. Il progetto viene formulato in coerenza con i piani di miglioramento della qualità dell'aria e con le azioni strategiche definite nel Patto per il Lavoro e Clima, con l'Agenda 2030 della Regione Emilia-Romagna. L'intervento trova coerenza e si adegua alle direttive Europee in materia di dati e si sviluppa nel solco delle strategie europee e nazionali per l'intelligenza artificiale.

Il progetto avrà impatto sulle politiche regionali in termini di supporto alle decisioni su scenari programmatici e di cambiamento climatico a supporto della pianificazione per il miglioramento della qualità dell'aria ed il contrasto e l'adattamento ai cambiamenti climatici.

VERA
LA GEMELLA DIGITALE
DELL'EMILIA ROMAGNA

https://digitale.regione.emilia-romagna.it/gemella-digitale

I gemelli digitali per le smart city nel Centro Nazionale di Ricerca in HPC, Big Data e Quantum Computing

Numerosi progetti del Centro Nazionale di Ricerca in HPC, Big Data e Quantum Computing sviluppano, in diversi modi, Gemelli Digitali di sistemi fisici.

Il gruppo di lavoro di riferimento per lo sviluppo dei gemelli digitali in ambito urbano afferisce allo Spoke 9 di ICSC – Digital Society and Smart Cities. Questo spoke si occupa di modellizzare e prevedere fenomeni sociali (anche grazie allo sviluppo di approcci basati su IA tramite visione artificiale, riconoscimento vocale, elaborazione del linguaggio naturale, impiego di agenti conversazionali), di sviluppare architetture e tecnologie abilitanti per sistemi di rilevamento IoT distribuiti e per l'integrazione con sistemi cloud ed edge, nonché di progettare piattaforme software per tali sistemi.

SPOKE 9
Digital Society & Smart Cities

Figura 8. Logo dello Spoke ICSC capofila dei progetti di Smart Mobility.

In questo report presentiamo un progetto, finanziati da ICSC, che sta venendo realizzato in partnership tra le aziende, le università e gli istituti di ricerca afferenti al Centro Nazionale. Ne riassumiamo gli obiettivi e il concept alla base, dando anche una vista su come la piattaforma abilitante del Centro Nazionale sia un punto di partenza per progetti così diversi ma accomunati dalla necessità di individuare solide fonti di dati, forme di raccolta e analisi di dati, di costruire modelli basati su questi dati (ed è qui che entra in gioco il digital twin) e dall'effettuare analisi che ne valorizzino la quantità e varietà.

Un gemello digitale per la città di Bologna: il progetto CDT

Costruire copie virtuali di sistemi complessi come le città è un sogno che da decenni affascina scrittori, pensatori e scienziati di ogni parte del mondo. Poter prevedere gli ingorghi, fornire suggerimenti in tempo reale per evitare il traffico, personalizzare l'esperienza di mobilità urbana a seconda delle preferenze dei cittadini sono elementi a cui le città europee aspirano sempre più per incrementare la propria attrattività e il benessere delle persone che ci vivono. Il supercalcolo, che abilita lo sviluppo di gemelli digitali, permette di far divenire questo sogno collettivo realtà!

Nel Centro Nazionale ICSC, questo tema è svolto entro il progetto Civic Digital Twin (CDT), coordinato da Fondazione Innovazione Urbana in partnership con Cineca, Fondazione Bruno Kessler, l'Alma Mater Studiorum – Università di Bologna e l'Università degli Studi di Napoli "Federico II".

In particolare, il progetto prende a modello la città di Bologna e propone di crearne un gemello digitale focalizzato sulla mobilità urbana. Per farlo, il progetto si basa sulle tecnologie più avanzate per l'analisi di sistemi urbani e, dunque, sfrutta piattaforme informatiche di supercalcolo, ad alte prestazioni e scalabili. Per via della complessità del progetto CDT, oltre allo Spoke 9 è coinvolto anche lo Spoke 0 di ICSC che si occupa di definire tecnicamente l'infrastruttura cloud di Supercalcolo di ICSC, trasversalmente ai diversi domini applicativi.

Tuttavia, l'approccio di fondo non è soltanto orientato alla tecnologia. Il progetto si definisce dotato di "civic orientation", ovvero incorpora metodologie attente ai cittadini e ai loro bisogni, nonché al loro modo di vivere la città. Affrontando dunque le sfide socio-tecniche e promuovendo una transizione urbana resiliente e inclusiva, il progetto mira a creare un prototipo replicabile, segnando uno spostamento trasformativo nello sviluppo urbano europeo.

Questo prototipo, il cui flusso informativo è mostrato in Figura 10, non solo consentirà una migliore comprensione e gestione della mobilità urbana per la città di Bologna, sulla quale è costruito, ma servirà anche da modello per altre città europee che desiderano intraprendere simili trasformazioni. Perciò, la sua implementazione non migliorerà soltanto la qualità della vita dei cittadini bolognesi, ma potrebbe anche offrire soluzioni innovative e sostenibili per le sfide urbane che affrontano le comunità di tutta Europa.

fondazione innovazione urbana
CINECA
FONDAZIONE BRUNO KESSLER
ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

Figura 9. Partenariato del progetto CDT.

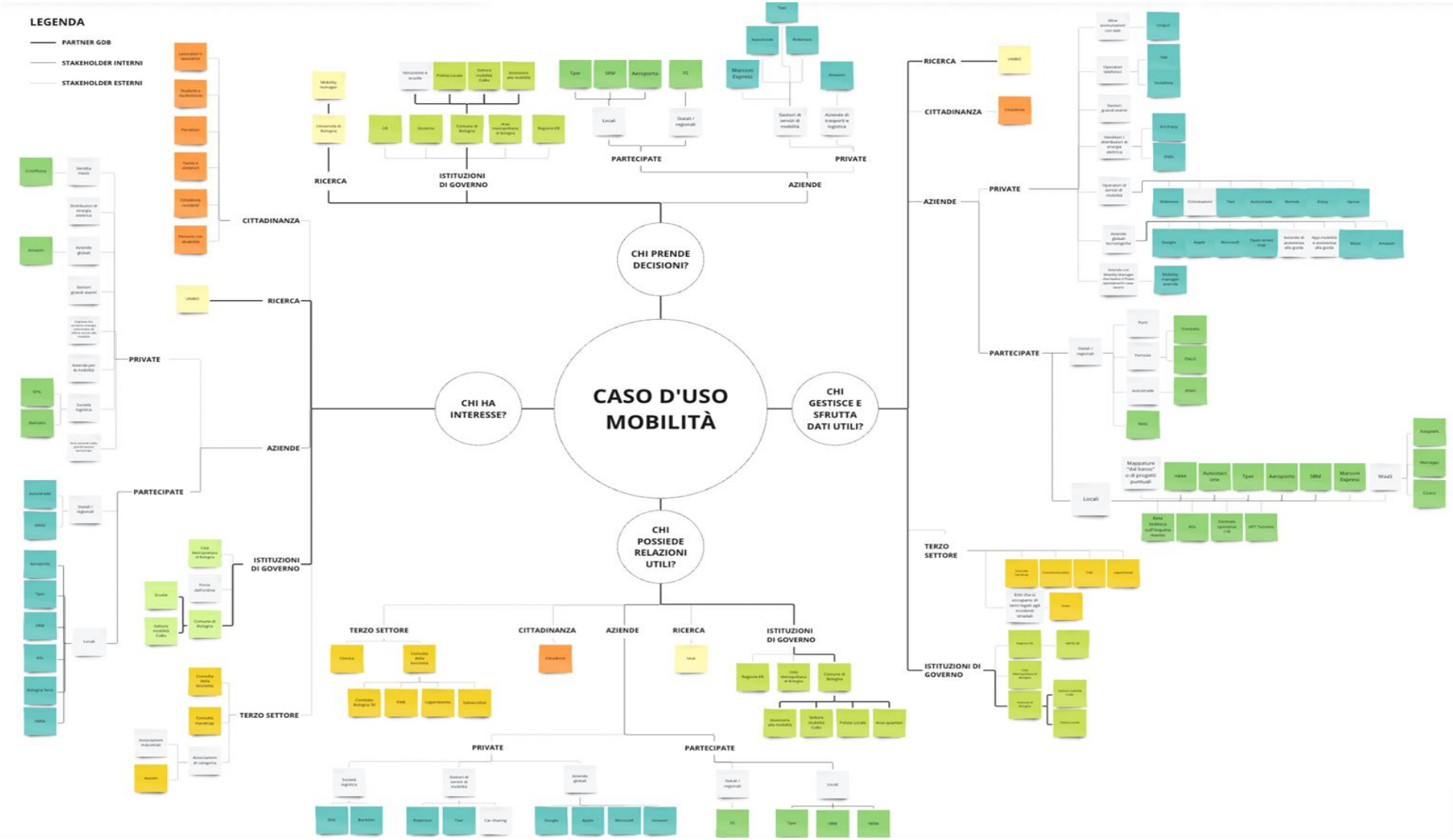


Figura 10. Modello di stakeholder per il progetto CDT.

Scenari e prospettive future per le smart cities grazie ai gemelli digitali

I digital twin urbani stanno emergendo come strumenti fondamentali nella pianificazione e gestione delle città moderne. Questi modelli virtuali consentono di simulare e analizzare vari aspetti dell'ambiente urbano, migliorando l'efficienza e la sostenibilità delle infrastrutture.

Di seguito riportiamo alcuni trend di mercato rilevanti in questo settore:



Crescita del mercato dei digital twin

Il mercato globale dei digital twin è in rapida espansione. Secondo uno studio di Straits Research, il valore del mercato era di 9,7 miliardi di dollari nel 2022 e si prevede che raggiungerà 185,78 miliardi di dollari entro il 2031, con un tasso di crescita annuale composto (CAGR) del 38,8% nel periodo 2023–2031 (Licata, 2023).



Aumento di adozione nelle smart city

Le città intelligenti stanno integrando i digital twin per migliorare la pianificazione urbana, la gestione del traffico e la sostenibilità ambientale. Questi strumenti permettono di creare repliche virtuali delle città, facilitando la simulazione di scenari e l'ottimizzazione delle risorse.



Integrazione dei digital twin con l'Intelligenza Artificiale e l'Internet of Things

L'integrazione dei digital twin con tecnologie come l'IA e l'IoT consente un monitoraggio in tempo reale e analisi predittive più accurate. Questo approccio migliora la gestione delle infrastrutture urbane e la risposta a eventi imprevisti.



Applicazioni nella pianificazione urbana e nella sostenibilità

I digital twin sono utilizzati per simulare l'impatto di nuove infrastrutture, ottimizzare l'uso dell'energia e migliorare la resilienza urbana. Ad esempio, possono aiutare a prevedere gli effetti di eventi climatici estremi e a pianificare interventi per mitigarne l'impatto.



Necessità di nuove competenze professionali

L'implementazione dei digital twin richiede professionisti specializzati, come modellatori digitali, esperti di intelligenza artificiale e data scientist. Queste figure sono sempre più richieste nel mercato del lavoro per supportare lo sviluppo e la gestione delle città intelligenti.

Dalle buone pratiche alla creazione di standard: alcune direzioni possibili di evoluzione

I digital twin in ambito urbano possono essere progettati e utilizzati con diversi obiettivi e focalizzazioni. I progetti pilota, attuati da diverse città a livello internazionale, ci mostrano già oggi alcuni di questi approcci all'utilizzo dei gemelli digitali per le smart city. È possibile che queste buone pratiche diventino in futuro gli standard per la simulazione delle città intelligenti in tutto il mondo?

In questo paragrafo mostriamo sette tipologie diverse di gemelli digitali, con le loro caratteristiche principali.

Il modello "Amsterdam": digital twin per la pianificazione urbana adattiva e la simulazione di scenari

I digital twin vengono utilizzati per simulare scenari complessi e supportare la pianificazione di infrastrutture e politiche pubbliche.

Amsterdam, ad esempio, utilizza un digital twin che simula vari scenari urbani per pianificare infrastrutture e politiche pubbliche, tra cui il miglioramento delle piste ciclabili e la riduzione delle emissioni. Gli scenari simulati includono la riduzione delle emissioni di anidride carbonica e l'incremento dell'utilizzo delle biciclette, consentendo di ottimizzare il design prima della costruzione.

Per poter simulare l'impatto delle politiche municipali, degli investimenti in infrastrutture e di altri interventi nell'ambito della strategia urbanistica di Amsterdam, è essenziale comprendere il comportamento di scelta dei viaggiatori rispetto alle modalità esistenti (trasporto pubblico, automobile, bicicletta) e analizzare l'adozione di nuove modalità e concetti (come la mobilità condivisa, la micromobilità e il MaaS - Mobility as a Service). I modelli di scelta discreta (Discrete Choice Models, DCM) utilizzati per prevedere il comportamento di scelta si basano su funzioni di utilità che descrivono i costi generalizzati per diverse opzioni.

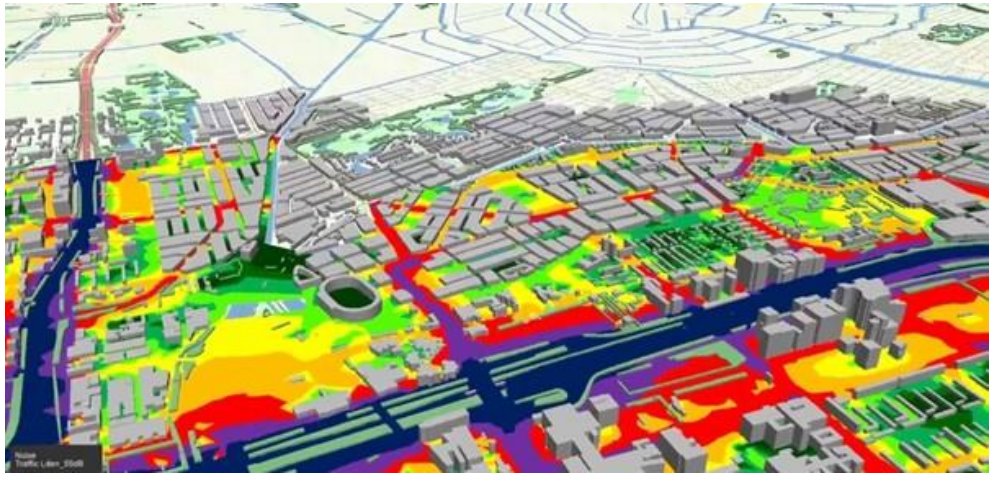


Figura 11. Rappresentazione 3D del rumore da traffico stradale nel digital twin di Amsterdam.

La ricerca si concentra, tra le altre cose, su: le funzioni di utilità delle nuove forme di mobilità (ad esempio, la mobilità condivisa) e della mobilità attiva, l'utilità del non viaggiare (lavorare da casa) e la possibilità di includere aspetti diversi dal tempo, costo e comfort - come l'affidabilità o lo status sociale associato a una modalità di trasporto. Infine, si sta studiando l'influenza di altre forme di

pagamento (ad esempio, pagamenti diretti rispetto agli abbonamenti) sul prezzo percepito dagli utenti.

Il modello Boston: digital twin per la gestione proattiva delle infrastrutture

I digital twin possono aiutare nel monitoraggio in tempo reale delle infrastrutture cittadine, identificando anomalie e prevenendo problemi.

Boston, ad esempio, già utilizza i digital twin per il monitoraggio delle infrastrutture ed ha in programma di ampliare il sistema per includere edifici pubblici, ponti e linee di metropolitana, usando dati in tempo reale per pianificare la manutenzione preventiva ed evitare costosi interventi reattivi.

In particolare, Boston ha un progetto di digital twin urbano che fa uso specifico di dati GIS (Geographic Information System), ossia informazioni che rappresentano elementi del mondo reale attraverso una componente geografica. In altre parole, sono dati associati a coordinate spaziali (latitudine e longitudine) che permettono di localizzare e rappresentare oggetti, fenomeni o caratteristiche sulla superficie terrestre. Negli ultimi anni, si è investito fortemente per migliorare le capacità che trasformano un GIS nella tecnologia ideale per riunire insiemi di dati federati dietro dashboard, StoryMaps e mappe 2D, 3D e 4D, facilitando la comunicazione, l'osservazione e l'analisi di sistemi complessi, come intere città. Una delle forze del GIS è che, più dati vengono aggiunti, maggiori sono i benefici che il sistema può offrire.

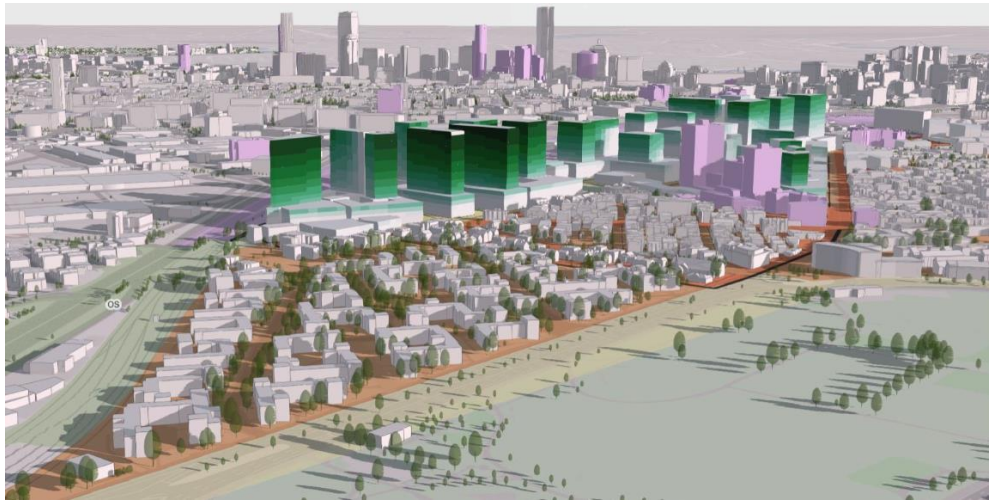


Figura 12. Analisi di visibilità urbana nel digital twin di Boston utilizzando dati GIS.

I dati GIS alimentano anche molte simulazioni delle dinamiche e dei comportamenti del mondo reale. Per analisi semplici, come l'indagine sull'impatto delle ombre di una struttura pianificata, il GIS 3D offre esperienze dinamiche e di facile utilizzo tramite un browser web. Per simulazioni complesse, flussi di lavoro avanzati di geoprocessing possono essere utilizzati per simulare cambiamenti in grandi reti di servizi pubblici e visualizzare tali cambiamenti in un dashboard intuitivo. Laddove ArcGIS non arriva, le soluzioni dei partner possono simulare il flusso d'aria in un importante centro urbano o i blackout energetici in una grande rete di servizi.

Il modello Singapore: digital twin per l'ottimizzazione della mobilità urbana

I digital twin hanno la potenzialità di integrare dati sul traffico, i trasporti pubblici e i percorsi pedonali per ottimizzare la mobilità urbana.

Virtual Singapore, il gemello digitale della città di Singapore, fornisce una piattaforma per simulare e ottimizzare i sistemi di trasporto. Ciò include l'analisi del flusso di traffico, il test di diverse strategie di trasporto pubblico e l'identificazione di potenziali punti di congestione. Comprendendo come i cambiamenti nelle infrastrutture di trasporto influiscono sulla città, le autorità possono prendere decisioni basate sui dati per migliorare la mobilità e ridurre la congestione.

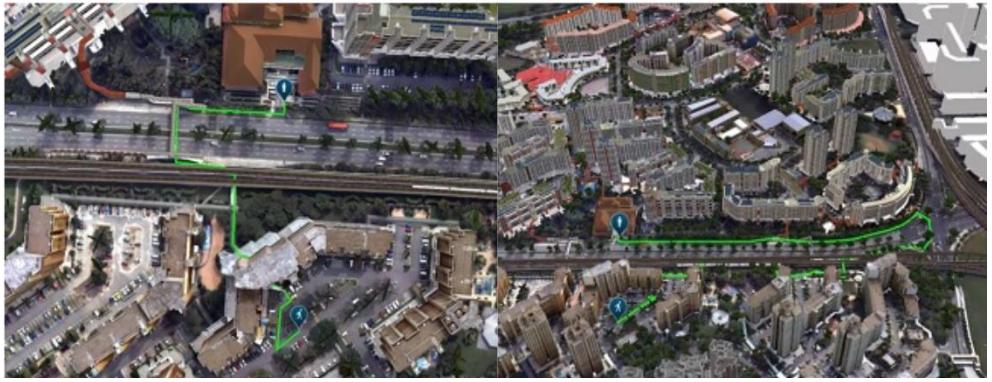


Figura 13. Suggerimento di percorsi accessibili nel digital twin della città di Singapore.

Le applicazioni in termini di mobilità non riguardano solo i decisori pubblici: Virtual Singapore include attributi del terreno, come corpi idrici, vegetazione e infrastrutture di trasporto. Questo è diverso dalle convenzionali mappe 2D, che non sono in grado di mostrare elementi come il terreno, i bordi stradali, le scale o l'inclinazione di un pendio. Essendo una rappresentazione accurata del paesaggio fisico, Virtual Singapore può essere utilizzato per identificare e mostrare percorsi privi di barriere per disabili e anziani. Questi possono facilmente trovare il percorso più accessibile e conveniente, e persino percorsi coperti, per raggiungere la fermata dell'autobus o la stazione MRT. Il pubblico può anche utilizzare Virtual Singapore per visualizzare i collegamenti tra i parchi e pianificare i propri percorsi ciclabili.

Il modello Tokyo: digital twin per la risposta a emergenze e la gestione dei disastri.

I digital twin possono fornire supporto nella gestione di emergenze come alluvioni, terremoti o incendi.

Tokyo sta implementando avanzate tecnologie di digital twin per migliorare la gestione e la risposta ai terremoti. Questi gemelli digitali sono modelli virtuali tridimensionali della città che integrano dati in tempo reale, consentendo simulazioni dettagliate di eventi sismici e l'analisi delle loro potenziali conseguenze.

Un esempio significativo è il progetto del Tokyo Metropolitan Government (TMG), che ha sviluppato un digital twin per monitorare e gestire le infrastrutture urbane. Questo sistema permette di simulare l'impatto di terremoti su edifici, strade e

altre strutture critiche, facilitando la pianificazione di interventi preventivi e l'ottimizzazione delle risposte in caso di emergenza.



Figura 14. Simulazione di un disastro nel digital twin della città di Tokyo.

Inoltre, il TMG ha avviato l'iniziativa "Street Digital Twins", mirata a creare una replica virtuale dinamica delle strade di Tokyo. Questo progetto include dati sul traffico pedonale e veicolare, informazioni sui negozi, condizioni meteorologiche e altro ancora. L'obiettivo è utilizzare questi gemelli digitali per simulare scenari sismici e migliorare la resilienza urbana.

Il modello Copenaghen: digital twin per la sostenibilità ambientale

I digital twin possono aiutare le città a monitorare e ottimizzare l'uso delle risorse, ridurre le emissioni e migliorare la qualità della vita.

A Copenaghen, il digital twin viene impiegato per monitorare l'utilizzo dell'energia in tempo reale, consentendo di identificare inefficienze e ottimizzare il consumo energetico, un elemento chiave per il raggiungimento dell'obiettivo di neutralità carbonica entro il 2025. Inoltre, viene utilizzato per gestire i rifiuti, integrando dati sulla loro produzione e raccolta per ottimizzare i percorsi e promuovere il riciclo, riducendo così l'impatto ambientale.

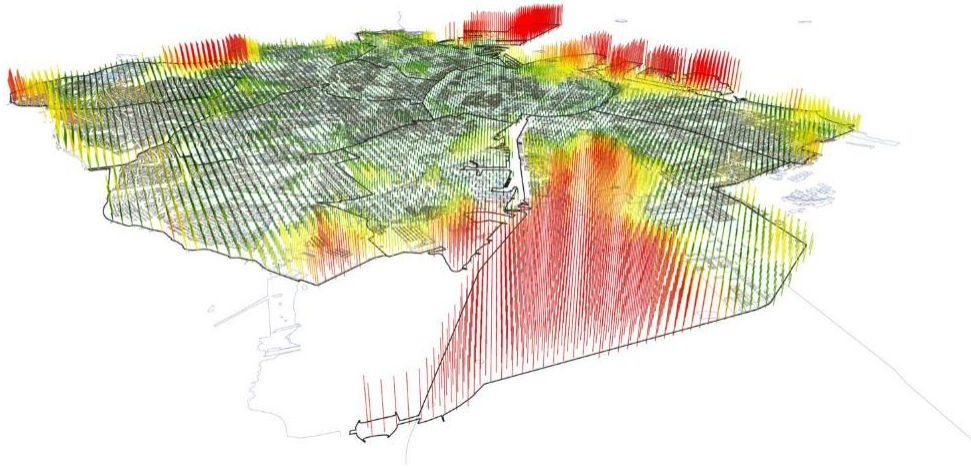


Figura 15. Analisi di sostenibilità sul digital twin di Copenaghen.

La pianificazione urbana e la mobilità sostenibile beneficiano notevolmente del digital twin, che consente di simulare e valutare l'impatto di nuove infrastrutture, come piste ciclabili o linee di trasporto pubblico. Questo strumento supporta una mobilità più efficiente e contribuisce alla riduzione delle emissioni. Inoltre, il digital twin è impiegato per aumentare la resilienza della città ai cambiamenti climatici, permettendo di simulare scenari legati a eventi climatici estremi e

pianificare misure preventive per mitigare gli effetti di inondazioni o ondate di calore.

L'implementazione del digital twin a Copenaghen dimostra come le tecnologie digitali possano essere integrate nella gestione urbana per promuovere la sostenibilità, migliorando al contempo la qualità della vita dei cittadini.

Il modello Barcellona: digital twin per il coinvolgimento e la partecipazione dei cittadini

I digital twin hanno la potenzialità di diventare piattaforme interattive per coinvolgere i cittadini nelle decisioni urbane.

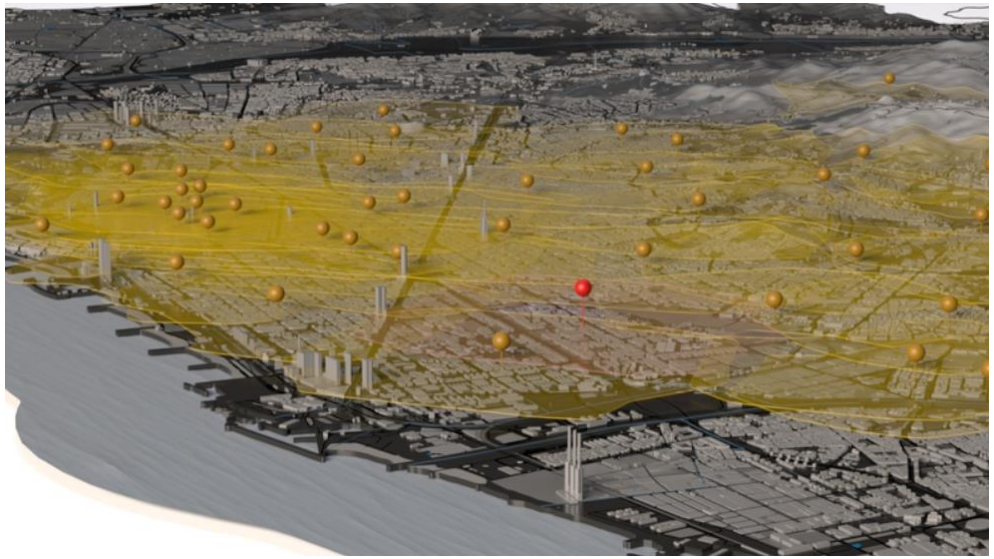


Figura 16. Test del modello di città-15-minuti nel digital twin di Barcellona.

Ad esempio, Barcellona sta sviluppando un suo gemello digitale in cui, a fianco al processo di modallizzazione, si sta curando anche l'interazione tra modello e i cittadini. Il Consiglio comunale di Barcellona e il Barcelona Supercomputing Center - Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS) hanno presentato mercoledì i primi risultati di una collaborazione realizzata nell'ambito di un programma di gemelli digitali per le città. Si tratta di una piattaforma web per l'analisi dell'accessibilità delle strutture pubbliche che consente di valutare se Barcellona rispetta la fornitura di servizi o strutture del cosiddetto modello di città da 15 minuti.

Nello specifico, il lavoro sullo sviluppo di un gemello digitale per la pianificazione urbana svolto in questa prima fase ha permesso di riprodurre la città di prossimità in un modello digitale. Ciò ha permesso di vedere, ad esempio, la copertura entro 10 minuti a piedi delle fermate della metropolitana, prima e dopo l'apertura delle future linee L8 e L9; la rete di biblioteche prima e dopo la costruzione dell'ultima, la Biblioteca Gabriel García Márquez a Sant Martí de Provençals, i punti di ricarica elettrica, le stazioni Bicing, le strutture sanitarie e la distribuzione degli spazi verdi in città.

Il modello Firenze: digital twin per la valorizzazione culturale e turistica

I digital twin possono venire utilizzati per valorizzare il patrimonio culturale e migliorare l'esperienza turistica.

Firenze sta sperimentando un digital twin per mappare i flussi turistici nel centro storico, migliorando la gestione dei visitatori nei siti culturali e proteggendo i monumenti. Nel corso degli ultimi anni sono stati utilizzati anche droni per rilievi su zone specifiche, nuvole di punti (LIDAR), sia da droni, da voli aerei, da rilievi terrestri con automezzi e a piedi, immagini satellitari e altro per avere a disposizione sia prodotti finiti che dati grezzi da analizzare anche utilizzando il Machine Learning per ottenere una mappatura di oggetti del territorio. Tali risultati permettono non solo di avere nuove banche dati di oggetti, ma anche di riscontrare la correttezza e completezza di banche dati di oggetti esistenti.



Figura 17. Manutenzione della Basilica di Piazza SS. Annunziata attraverso il digital twin.

I fattori di rischio per un approccio con digital twin alle smart city

Lo sviluppo e l'adozione dei digital twin in ambito urbano potrebbero essere ostacolati da una serie di driver e sfide, sia di natura tecnologica che economico-sociale.

Costi elevati di implementazione

Lo sviluppo di un digital twin richiede investimenti significativi in hardware, software, infrastrutture e risorse umane qualificate. Per molte città, soprattutto quelle con budget limitati, i costi iniziali rappresentano una barriera significativa.

Scenario possibile nel caso di prevalenza di questo driver: Questo potrebbe limitare la diffusione dei digital twin a città grandi o economicamente avanzate, creando un divario tecnologico con le città più piccole o in via di sviluppo.

Difficoltà nell'integrazione dei dati

I digital twin si basano su dati provenienti da molteplici fonti (sensori IoT, GIS, database esistenti). Integrare e armonizzare questi dati è complesso, soprattutto quando la qualità e il formato variano o quando i dati sono frammentati tra diversi stakeholder.

Scenario possibile nel caso di prevalenza di questo driver: La mancata integrazione dei dati può limitare l'efficacia del digital twin, rallentandone lo sviluppo e l'applicazione pratica.



Preoccupazioni per la privacy e la sicurezza

I digital twin raccolgono e utilizzano grandi quantità di dati, alcuni dei quali sensibili o personali (ad esempio, dati sul traffico, abitudini di consumo o movimenti della popolazione). Questo solleva dubbi su come questi dati vengano protetti e utilizzati.

Scenario possibile nel caso di prevalenza di questo driver: La paura di violazioni della privacy o attacchi informatici potrebbe generare opposizione pubblica e rallentare l'adozione dei digital twin.



Resistenza al cambiamento

L'adozione di tecnologie avanzate come i digital twin richiede un cambiamento culturale e organizzativo all'interno dei governi cittadini, che spesso si trovano a operare con sistemi tradizionali o burocratici.

Scenario possibile nel caso di prevalenza di questo driver: La lentezza nel modificare processi consolidati o la mancanza di volontà politica possono ostacolare la transizione verso tecnologie più avanzate.



Mancanza di competenze specializzate

Lo sviluppo e la gestione di digital twin richiedono competenze avanzate in analisi dei dati, modellazione 3D, intelligenza artificiale e gestione dei sistemi GIS. Tuttavia, molte amministrazioni locali non dispongono di personale con tali competenze.

Scenario possibile nel caso di prevalenza di questo driver: Questo gap nelle competenze può ritardare l'implementazione o portare a implementazioni subottimali.



Complessità normativa e governance

La regolamentazione sui dati, l'accesso alle informazioni e la gestione delle infrastrutture tecnologiche varia da paese a paese e, spesso, da città a città. Nello specifico, in Unione Europea, il quadro normativo per le applicazioni riguardanti l'Intelligenza Artificiale è ulteriormente in evoluzione per via del regolamento europeo (AI Act).

Scenario possibile nel caso di prevalenza di questo driver: La mancanza di una normativa chiara o uniforme può rallentare i progetti di digital twin e aumentare i costi legali e amministrativi.



Obsolescenza tecnologica

Le tecnologie alla base dei digital twin (come sensori IoT, piattaforme GIS e modelli di simulazione) stanno evolvendo rapidamente. Questo crea il rischio che i sistemi implementati diventino obsoleti in pochi anni.

Scenario possibile nel caso di prevalenza di questo driver: I decisori potrebbero essere riluttanti a investire in una tecnologia percepita come non sufficientemente stabile o longeva.



Sostenibilità ambientale del digitale

Sebbene i digital twin siano progettati per migliorare la sostenibilità urbana, i loro sistemi richiedono grandi quantità di energia per funzionare, soprattutto per elaborare e archiviare e processare in tempo reale enormi volumi di dati.

Scenario possibile nel caso di prevalenza di questo driver: Le preoccupazioni sull'impatto ambientale dei data center e delle infrastrutture necessarie potrebbero generare critiche e rallentarne l'adozione.



Scarso coinvolgimento dei cittadini

Se i digital twin non vengono comunicati come strumenti che migliorano la qualità della vita o se i cittadini non vedono benefici diretti, potrebbero mancare il sostegno e l'approvazione pubblica.

Scenario possibile nel caso di prevalenza di questo driver: Questo potrebbe ostacolare l'implementazione, soprattutto nei contesti dove la partecipazione pubblica è fondamentale per il successo dei progetti.

Bibliografia

Ambrosetti, Atos. Digital Twins for the Twin Transitions: Costruire Gemelli Digitali della Realtà per una Società più Competitiva, EfficiEnte ed Inclusiva. 2023. https://www.ambrosetti.eu/news/digital-twins-for-the-twin-transition-una-tecnologia-per-la-transizione-digitale-e-sostenibile

European Commission. (2021, October 21). *Local Digital Twins: Forging the Cities of Tomorrow*. Retrieved from https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/local-digital-twins-forging-cities-tomorrow

European Commission. *Smart cities*. November 19, 2024, from https://commission.europa.eu/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/city-initiatives/smart-cities_en

Licata, P. (2023). "Digital Twin, mercato in crescita del 39%. Gli use case al top". https://www.corrierecomunicazioni.it/digital-economy/digital-twin-mercato-in-crescita-del-39-gli-use-case-al-top/

McKinsey Global Institute. (2018). *Smart cities: Digital solutions for a more livable future*. Retrieved from https://www.mckinsey.com/mgi

Peruzzi, O. e Dalla, F. (2023). Digital Twins e Smart Cities: sfide e opportunità per la mobilità, qualità dell'aria e riduzione delle emissioni. International Foundation Big Data and Artificial Intelligence for Human Development (IFAB) e Università di Bologna, 2023.

Regione Emilia-Romagna, International Foundation Big Data and Artificial Intelligence for Human Development (IFAB). *Esplorazione dei gemelli digitali: indagine sui casi d'uso in Emilia-Romagna*. Settembre 2024. https://www.ifabfoundation.org/it/2024/09/30/gemelli-digitali-in-emilia-romagna-scarica-il-report-sui-casi-duso/

iFAB
INTERNATIONAL FOUNDATION
BIG DATA AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE
FOR HUMAN DEVELOPMENT

bi-rex
Big Data Innovation & Research Excellence

POLITECNICO
MILANO 1863
SCHOOL OF MANAGEMENT

osservatori.net
digital innovation

FONDAZIONE
BRUNO KESSLER

Fondazione IU
Rusconi Ghigi

VERA
LA GEMELLA DIGITALE
DELL'EMILIA ROMAGNA

Air-Break
Co-producing healthy clean
commuting air spots in town

SNAP4CITY

SaferPlaces

Per citare il report

Osservatorio sulle tendenze e le applicazioni del Supercalcolo (2024). "Osservazioni su... SMART CITY E DIGITAL TWIN. Tendenze e applicazioni del Supercalcolo, Big Data e Quantum Computing". www.osservatorio.supercomputing-icsc.it

L'Osservatorio sulle tendenze e le applicazioni del Supercalcolo è un progetto del Centro Nazionale di Ricerca in High-Performance Computing, Big Data e Quantum Computing.

Realizzato e gestito da IFAB (International Foundation Big Data and Artificial Intelligence for Human Development), l'Osservatorio ha un focus privilegiato sulle PMI, sulle Pubbliche Amministrazioni e sulle Comunità.

L'attività dell'Osservatorio consiste nel mappare le più avanzate innovazioni tecnologiche, elaborare scenari futuri per lo sviluppo degli ecosistemi della ricerca e dell'innovazione e creare occasioni di incontro per i membri di questi ecosistemi.

Leggi questo e altri report su
www.osservatorio.supercomputing-icsc.it/report/