

Twin digital cities

la vera 'intelligenza' della città digitale nel XXI secolo

Elisa Pennacchia

CITERA - Centro Interdipartimentale
Territorio Edilizia Restauro Ambiente

Federico Cinquepalmi

ISPRA - Istituto Superiore per la
Protezione e la Ricerca Ambientale

elisa.pennacchia@uniroma1.it
federico.cinquepalmi@miur.it

© 2020 The Author(s)
This article is published
with Creative Commons
license CC BY-SA 4.0
Firenze University Press.
DOI: 10.13128/contest-11601
www.fupress.net/index.php/contesti/

keywords

big data
smart sustainable urbanism
urban digital twin
smart age-friendly city
energy efficiency

Cities are 'living' organisms that born, grow, change rapidly and age (Pagani, Chiesa 2016); they are increasingly complex systems linked to changing demographic, economic and environmental changes. Urban complexity therefore requires planning capable of rapidly providing suitable responses to the constantly evolving human needs. The Big Data revolution offers an active innovative approach to building processes and urban and territorial planners, making them able to face the fluidity of contemporary urban spaces and the urgent challenges related to sustainable development. This

Introduzione

All'alba di quello che è stato definito 'il quarto paradigma della scienza', la società contemporanea sta vivendo una rivoluzione scientifica che è segnata dalla crescente importanza dei *Big data* e dallo sviluppo dell'analitica predittiva, e delle relative tecnologie (Bibri, 2019)¹.

Lo scenario del XXI secolo si contraddistingue infatti sempre più per le interazioni tra il mondo fisico e quello virtuale, grazie alla

progressiva creazione di uno spazio connettivo globale ad elevata intensità di flussi informativi, alle potenzialità dell'*Information Communication Technology* (ICT), così come dell'*Internet of Things* (IoT), dei *Big Data*, della *Virtual e Augmented Reality* e alla diffusione di dispositivi computazionali via via più potenti, le cui elevate capacità elaborative, sia pur prive di discrezionalità, vengono definite, ovvero la cosiddetta *Artificial Intelligence e Machine Learning*, ed i relativi algoritmi predittivi.

essay is part of this debate by offering a survey on how Big Data relate to human activities and the built environment and by producing a qualitative change, supporting on the one hand planning and on the other hand a regenerative impact on the development of urban settlements.

Si tratta di una vera e propria rivoluzione che, dopo quelle legate all'introduzione della spoletta volante nel telaio meccanico, della macchina a vapore, dell'elettricità, dell'elettronica e dell'IT per l'automazione dei processi produttivi, è stata avviata grazie allo sviluppo del digitale e alla *Sharing economy*. Al contempo il nuovo paradigma di sviluppo urbano legato alla sostenibilità rigenerativa richiede un nuovo approccio per una migliore comprensione dei processi che cambiano rapidamente il volto delle città contemporanee, approccio che permetta di individuare e progettare soluzioni più efficienti (Kamrowska-Zaluska, Obracht-Prondzyska, 2018). L'aumento della connettività funzionale e virtuale dello spazio urbano consente di adottare soluzioni *Smart* e innovative al fine di andare verso una maggiore sostenibilità e resilienza delle città. In questo contesto, i *Digital twin models*, grazie all'acquisizione e all'analisi dei *Big data* ottenuti attraverso sensori, GPS, *Social media*, reti intelligenti, dati istituzionali o

registrazioni di clienti e transazioni, offrono un supporto fondamentale per affrontare le sfide complesse che coinvolgono l'ambiente costruito.

Il presente studio si propone di valutare le possibilità offerte da alcuni strumenti basati sull'utilizzo dei *Big Data* a sostegno della progettazione e della pianificazione, nel rispetto dei principi dello sviluppo sostenibile, presentando un esempio progettuale significativo per evidenziare il potenziale supporto ad un approccio rigenerativo.

Big Data e Digital twin models

Negli ultimi anni si è assistito ad un drastico aumento della capacità di raccogliere dati da vari sensori, dispositivi cosiddetti intelligenti, dall'*Internet of Things* (IoT) e dalla proliferazione del *Cloud Computing* (Botta et al., 2016), dati che vengono raccolti in formati differenti, da applicazioni che possono essere tra loro indipendenti oppure interconnesse. Per *Big Data* si intendono gli insiemi di dati numerosi e complessi, generati, catturati ed elaborati molto rapidamente, che i tradizionali software applicativi di elaborazione dati non sono in grado di gestire (Babu Sriramoju, 2017). Il termine è stato coniato a metà degli anni '90 dall'informatico statunitense John Mashey, direttore della

Silicon Graphics Inc. (SGI) (Diebold, 2012). La necessità di confrontarsi con i *Big Data*, e la relativa opportunità di usufruirne in maniera efficace è ora un tema chiave per molti settori lavorativi e di ricerca, facendo di tale tema scientifico quello probabilmente più rilevante del nostro tempo.

Nell'ambito delle *Digital city* si fa sempre più strada la raccolta dei *Big Data* per testare e creare sofisticate simulazioni relative tanto ai processi urbani, quanto agli aspetti comportamentali dei cittadini (Dembski et al., 2020). In questo ambito i *Digital twin models* consentono di modellare e riprodurre un oggetto/sistema fisico reale all'interno di un ambito virtuale, dove poter svolgere studi, analisi costi-benefici di soluzioni alternative e simulazioni varie. Le applicazioni sono varie e coinvolgono molti settori a partire da quello aerospaziale², dove un *Twin model* è stato testato per la prima volta, ma anche nel settore industriale e più recentemente in quello edilizio ed urbano. Il termine *Digital Twin* risale ad una presentazione svolta da Grieves³ nel 2003 relativa alla gestione del ciclo di vita del prodotto (*Product Lifecycle Management* - PLM) presso l'Università del Michigan (Farsi et al., 2020), ed il gemello digitale è stato impiegato inizialmente per simulare le prestazioni di un dispositivo o di un'apparecchiatura in ambienti diversi oppure con finalità predittive rispetto a guasti e malfunzionamenti.

Nell'ambito della pianificazione e della gestione urbana i *Big Data* e l'*Urban digital twin* stanno acquisendo sempre più importanza, tenuto conto della crescente complessità gestionale degli agglomerati urbani, nonché degli obiettivi di sviluppo sostenibile (SDGs) adottati dall'Assemblea generale delle Nazioni Unite il 25 settembre 2015 (la cosiddetta Agenda 2030), e dell'attuazione della Nuova Agenda Urbana dell'ONU che spetta a chiunque abbia un ruolo nella *governance* urbana, sia a livello nazionale che locale.

Le città costituiscono infatti a livello globale le fonti principali di inquinanti ambientali (Cinquelpalmi, 2019) ed i luoghi dove fronteggiare la vulnerabilità ai rischi climatici ed ai relativi sconvolgimenti, affrontare le maggiori sfide socio-economiche e della salute delle persone, come ha ben dimostrato la Pandemia causata dal virus COVID-19. Pertanto, esse sono i luoghi più importanti in cui avviare la transizione verso la sostenibilità, collegando l'agenda dello sviluppo sostenibile con quella dell'ICT della ricerca e dello sviluppo digitale pervasivo.

Sarà pertanto fondamentale, usufruendo dei dati raccolti da sorgenti diverse, come ad esempio gli archivi dell'istituto nazionale di statistica, oppure ottenibili in tempo reale grazie alla sensoristica avanzata e ai dispositivi IoT, l'adozione di sistemi integrati ed intelligenti di gestione che permettano agli

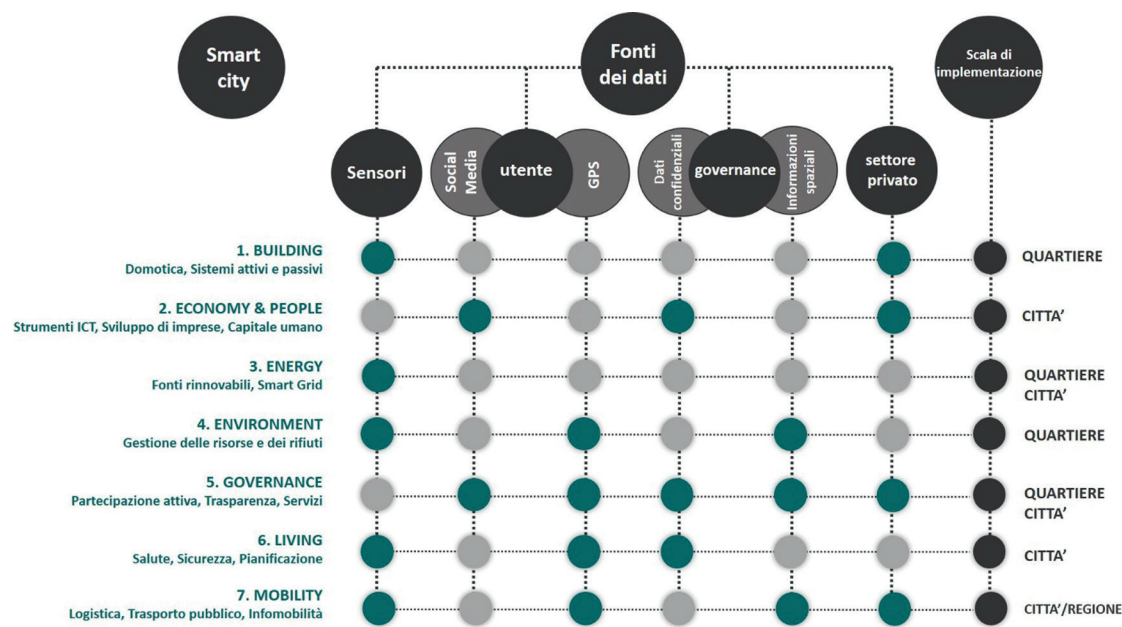
amministratori del territorio di monitorare costantemente l'evoluzione dello stato dei sistemi, e di tutti i sottosistemi relativi. Questo approccio consentirà di apportare delle variazioni sia a breve sia a lungo termine, per rispondere alle esigenze mutevoli degli utenti, pianificando al contempo azioni di riqualificazione e rigenerazione urbana. Dalla progettazione degli attuali edifici intelligenti i possibili miglioramenti consentiti dalle tecnologie di rilevamento anche a scala urbana sono immensi, come ad esempio:

- l'uso più efficiente di risorse quali energia, acqua, materiali, e naturalmente un più efficiente smaltimento dei rifiuti;
- un maggior controllo territoriale e disincentivare atti vandalici e criminali e garantire la sicurezza pubblica;
- la conservazione del paesaggio naturale e l'uso sostenibile del suolo;
- l'efficientamento del sistema dei trasporti pubblici;
- il miglioramento della qualità dei servizi sanitari forniti ai pazienti anche mediante telemedicina;
- l'integrazione di servizi e il miglioramento di quelli esistenti per rispondere alle esigenze delle diverse fasce d'età della popolazione.

Il gemello digitale si aggiornerà costantemente in base al notevole flusso di informazioni raccolto, implementando

continuamente i possibili scenari per fornire un supporto rilevante per le più svariate operazioni, orientate all'automazione e alla gestione *smart* dell'ambiente costruito, anche attraverso l'integrazione di sistemi di Intelligenza Artificiale che possano contribuire all'ottimizzazione funzionale delle attività interconnesse al ciclo di vita degli immobili e delle infrastrutture. L'uso crescente dell'*Internet of Things* (IoT) dovuto alla diminuzione del costo della tecnologia, permette infatti l'implementazione dei futuri *Digital twin* urbani grazie al conseguente aumento della condivisione delle informazioni; il gemello digitale consente un approccio olistico in termini di ottimizzazione trasversale della progettazione, della gestione e del funzionamento delle infrastrutture urbane. La strategia apparentemente più efficace non sarebbe però quella di modellare un singolo gemello digitale per un'intera città, ma piuttosto di creare un'aggregazione e integrazione di *digital twin* specifici per sistemi definiti, come gli edifici intelligenti, le infrastrutture del traffico, le reti energetiche e idriche.

Per realizzare un *Urban digital twin* è fondamentale creare un modello 3D dell'ambiente costruito utilizzando la metodologia *Building Information Model* (BIM) che consente di definire un database strutturato da oggetti parametrici caratterizzati quantitativamente e



Esempi di fonti di dati utili per ogni settore urbano

Fig. 1 (elaborazione degli autori)

qualitativamente, in cui possono essere inseriti dati inerenti alle prestazioni termo-acustiche dei materiali e alla tecnologia HVAC⁴ e i dati delle reti elettriche, idriche e fognarie possono essere così associati al gemello digitale urbano. L'integrazione del sistema BIM con il *Geographic Information System (GIS)* che fornisce una rappresentazione del contesto territoriale/urbano in cui gli edifici sono inseriti, consente di realizzare un modello informativo digitale anche a scala territoriale. La modellazione della città può essere integrata con dati più dettagliati ottenuti grazie a sistemi laser scanner mobile 3d a terra ed informazioni satellitari come quelle fornite dal sistema europeo Copernicus⁵. Il modello viene arricchito con i dati provenienti da una rete di sensori che rilevano costantemente misure relative ad esempio all'aria, all'acqua, al calore, al traffico ecc., permettendo la creazione di serie storiche

e modelli previsionali con un'elevatissima attendibilità (Fig. 1). I dati provenienti dal GIS e dalla sensoristica permettono di acquisire una maggiore consapevolezza del contesto ambientale e territoriale, che consente una comprensione immediata degli impatti positivi o negativi legati alle scelte progettuali prima della loro realizzazione.

Il caso di studio: il progetto SmartMed

Una proposta di ricerca avanzata in grado di soddisfare tutti gli obiettivi di cui sopra, ma che si concentra sulle questioni energetiche, è il progetto *SmartMed - Mediterranean Flexible Energy Communities - (SM)* che riunisce due *Lighthouse Cities (LHC)*, Roma e Siviglia, insieme a sette *Fellow Cities (FC)* e una grande partnership composta da istituzioni

accademiche e scientifiche di ricerca e tecnologia tra cui il Centro Interdipartimentale Territorio Edilizia Restauro e Ambiente (CITERA) dell'Università Sapienza di Roma. Il progetto mira a contribuire alla transizione energetica attraverso infrastrutture integrate intelligenti mediante la realizzazione di Blocchi Energetici Positivi (*Positive Energy Blocks - PEB*), lavorando in una prospettiva di Distretto Energetico Positivo (*Positive Energy District - PED*), idoneo per le città del Mediterraneo; il Blocco Energetico Positivo, da implementare nei Distretti *Smart* e *Low Energy* di Roma è Pietralata (Fig.2). Il progetto fornirà una 'Piattaforma di Interoperabilità *SmartMed*', la cui progettazione seguirà il concetto di Meccanismi di Interoperabilità Minimale (*Minimal Interoperability Mechanisms - MIM*) dell'*Open and Agile Smart Cities (OASC)*, con un insieme di interfacce semplici per raggiungere una maggiore sinergia. La piattaforma urbana è un 'sistema operativo' dei servizi forniti dalle smart city, fondamentali per coordinare la crescente varietà dei dati attinenti a settori differenti e degli stakeholder. Essa promuove standard aperti, un'interfaccia di programmazione dell'applicazione aperta API (*Application Programming Interface*). Grazie alle Open API e ai componenti dedicati forniti dalla Piattaforma di Interoperabilità *SmartMed* sarà possibile, ad esempio, creare una cabina di controllo per il monitoraggio dell'energia, per l'analisi dei dati aziendali,

per il controllo continuo degli indicatori chiave di prestazione (*Key Performance Indicator - KPI*) o per la visualizzazione di dati basati su mappe per le applicazioni dell'utente finale. Questa attività è strettamente legata ai componenti GIS/BIM per la mappatura energetica del Distretto e dei PEB. Le cabine di controllo saranno progettate per essere facilmente scalabili in diversi campi di applicazione. La piattaforma per la gestione della domanda di energia termica e per la creazione della smart grid termica, precedentemente sviluppata a livello di Blocchi Energetici Positivi per definire in tempo reale i valori di domanda termica e selezionare il funzionamento delle diverse fonti di energia (geotermica, fotovoltaica, chp, accumulo termico), sarà implementata e potenziata al fine di elaborare i dati provenienti dai sensori installati sulla rete termica e di ottimizzare la produzione di energia all'interno del Distretto Energetico Positivo. La piattaforma sarà integrata con uno strumento web GIS per consentire la partecipazione dei cittadini alla pianificazione urbana innovativa. Questo strumento fornirà mappe 2D-3D con funzionalità di geotagging collaborativo per monitorare le prestazioni delle politiche attuali e per supportare il processo decisionale nello sviluppo di interventi, politiche, nuove proposte, eventi, sessioni di co-working e storytelling. I nuovi dispositivi elettronici intelligenti (IED) per il monitoraggio delle principali

grandezze elettriche (ad es. energia, potenza, tensione, corrente, ecc.), precedentemente installati nel perimetro del PEB, saranno estesi nella misura del PED, consentendo di aumentare l'osservabilità e l'automazione della rete in bassa e media tensione nell'area oggetto di studio. Saranno implementate nuove funzionalità nel sistema di gestione della rete con l'obiettivo di ridurre la durata e la frequenza delle interruzioni, rilevare eventuali rischi critici e definire le relative misure di mitigazione per garantire la corretta distribuzione delle risorse energetiche nel PED. In questa fase verrà implementato il sistema di comunicazione dell'architettura della piattaforma SmartMED IoT sviluppata sulla base della tecnologia LoRA⁶ (acronimo di Long Range), già sviluppata e testata a livello di PEB, al fine di comunicare e sistematizzare tutte le grandezze elettriche ed ambientali relative ad esempio all'inquinamento atmosferico ed acustico, ai livelli di illuminazione, al flusso del traffico veicolare, ecc.

In particolare, la piattaforma di comunicazione IoT sarà implementata per ricevere e supportare una grande quantità di dati relativi alle misurazioni effettuate nelle aree PED più grandi. In questa fase, infatti, sarà estesa all'area del Distretto la dimostrazione di contatori smart 2G e l'illuminazione con pali intelligenti dotati di sensori per la rilevazione di alcune grandezze ambientali (in particolare NO e NO₂, umidità per il controllo degli impianti di irrigazione, rumore), inizialmente installati a livello di PEB. I dati raccolti e registrati sulla piattaforma IoT saranno analizzati e validati con due obiettivi principali: definire e

aggiornare i KPI e garantire un monitoraggio costante della qualità dell'aria e delle condizioni elettriche nelle aree PED, durante e dopo la fine del progetto; i dati saranno condivisi con tutti gli *stakeholder* sulla base di un approccio orientato alla rete, ampliando la gamma del sistema di controllo intelligente dai PEB al livello PED (Fig. 3).

In quest'area sarà realizzata una pista ciclabile e pedonale intelligente e innovativa con pannelli fotovoltaici policristallini, rivestita da vetro antiscivolo e inserita in una struttura in acciaio ancorata al suolo, con una lunghezza di 1.450 m e una produzione annua di energia fotovoltaica di 400.000/kWh anno. La pista ciclabile e pedonale trasferirà l'energia in modalità SEU (Sistema Efficiente di Utenza) ai consumatori di energia situati nel PEB.

Il progetto pilota utilizzerà la *blockchain* applicata ad un'infrastruttura tecnologica, permettendo di autenticare le transazioni di dati (energetici, economici, informativi, comportamentali, commerciali, etc.) e sarà implementata e strutturata come segue:

- un sistema fotovoltaico connesso alla rete elettrica (PV) che utilizza un simulatore di rete;
- un sistema di accumulo dell'energia;
- una stazione per la ricarica dei veicoli elettrici (e-car);
- un'area dedicata alle auto elettriche;
- dispositivi Internet of Things (IoT) installati presso i punti di tracciamento delle transazioni pianificate;
- App per registrare e monitorare le transazioni dell'infrastruttura-utenti, in modo tale da rendere l'energia prodotta dalle FER rintracciabile e disponibile per l'utente.



Area del Blocco Energetico Positivo di Pietralata, Roma

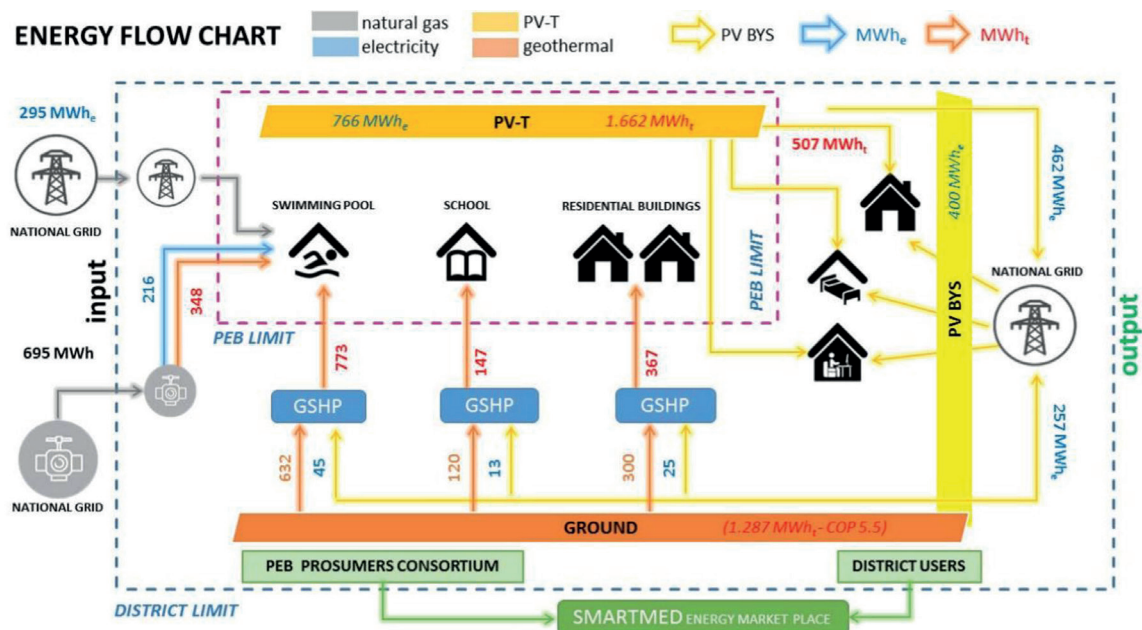
Fig. 2 (elaborazione degli autori)

Conclusioni

La diffusione della pandemia COVID 19 nel novembre 2019, tuttora in fase di espansione globale all'atto della pubblicazione del presente testo, pone all'attenzione la necessità di un nuovo approccio gestionale ai sistemi urbani sempre più sovrappopolati. Non è un caso che proprio nell'ambito di città affollate, dove la contiguità tra la specie umana e le specie animali serbatoi di virus è continua, si verificano spesso quei salti di specie che generano pandemie come quella attuale, mettendo in crisi il modello stesso della città come luogo di sicurezza per i

cittadini. L'idea di proporre il modello digitale della città gemella, come strumento integrato per una progettualità e una governance più aderenti alla domanda sociale e ai requisiti dello sviluppo sostenibile, e alla risposta agli eventi estremi, sembra la strada più promettente da seguire per affrontare le complesse sfide urbane e demografiche del XXI secolo.

Tuttavia, per sua natura di modello, il gemello digitale urbano non include tutte le informazioni dal mondo fisico e dalla vita reale. L'obiettivo è raggiungere somiglianze con il mondo reale a un livello di dettaglio sufficientemente accurato per affrontare problemi complessi. La ricerca futura dovrà avere come approccio iniziale l'idea che la vita in una città sia il risultato di



Flusso di energia nel Distretto che contiene il PEB, che può alimentare l'area circostante con il suo surplus di energia termica ed elettrica

Fig. 3

Fonte: Horizon 2020 Call: H2020-LC-SC3-2018-2019-2020 (BUILDING A LOW-CARBON, CLIMATE RESILIENT FUTURE: SECURE, CLEAN AND EFFICIENT ENERGY)

complesse interazioni tra molti fattori. Con la disponibilità di nuovi sensori e di ulteriori strumenti digitali per la produzione di dati di elevata qualità, la ricerca potrà essere integrata con aggiuntivi grandi set di dati che rappresentano ad esempio il flusso del traffico stradale e pedonale, la qualità dell'aria ed ulteriori aspetti di interesse specifico quali quelli sociali e di carattere sanitario. Unendo questi grandi set di dati, utilizzando computer con elevatissime prestazioni e visualizzandoli nella realtà virtuale, diventerà inoltre più facile comprendere le loro complesse

interazioni, ad esempio vedere come un nuovo edificio o un cambiamento nei modelli di traffico potrebbe influenzare la qualità ambientale del contesto urbano, per offrire un prezioso supporto al processo decisionale della governance.

Il contributo offerto dalla tecnologia per la pianificazione urbana e territoriale, che solo apparentemente può sembrare disumanizzante, è frutto di quel talento tutto umano che si rispecchia negli algoritmi che supporteranno le scelte che, per quanto automatizzate, saranno sempre frutto dell'intelligenza dell'uomo. Gli strumenti digitali per la gestione dei sistemi complessi sono a qualunque livello una grande conquista del XXI secolo, fermo restando che lo strumento più efficace dietro ad ogni *Digital device*, deve rimanere la capacità umana di discernimento.

Note

¹ È il cosiddetto paradigma "open", definito dall'informatico Jim Gray durante un discorso tenuto al Computer Science and Telecommunications Board, l'11 gennaio 2007. Si tratta della possibilità di navigare tra una mole di dati raccolti, di usarli e di dividerli per generare nuova conoscenza. Questa rivoluzione nel modo di fare scienza è definita "quarto paradigma" perché succede al primo paradigma riguardante la descrizione dei fenomeni naturali, al secondo relativo alla scoperta delle "leggi della natura" e al terzo basato sulla simulazione (Aliprandi, 2017)

² Il concetto di 'twin' è stato infatti elaborato dal programma Apollo della NASA per il quale sono

stati costruiti due veicoli spaziali identici; uno è stato inviato nello spazio e l'altro è stato lasciato sulla terra per permettere agli ingegneri di replicare le condizioni di quello lanciato (Tao et al., 2019, p. 5).

³ Micheal Grieves autore di Product Lifecycle Management: Driving the Next Generation of Lean Thinking e di Virtually Perfect: Driving Innovation and Lean through Product Lifecycle Management (in pubblicazione). È un esperto riconosciuto a livello mondiale nel PLM e nei sistemi informativi e tiene conferenze in tutto il mondo sul Product Lifecycle Management.

⁴ HVAC è l'acronimo inglese che sta per Heating (riscaldamento), Ventilation (Ventilazione) e Air

Conditioning (Aria condizionata).

⁵ Copernicus è il programma di osservazione della Terra dell'Unione Europea coordinato dalla Commissione Europea e dagli Stati Membri in collaborazione con diverse agenzie multilaterali, comunitarie e nazionali. Fornisce informazioni accurate, tempestive e facilmente accessibili per migliorare, tra l'altro, la gestione dell'ambiente, comprendere e mitigare gli effetti del cambiamento climatico e garantire la sicurezza civile.

⁶ È una tecnologia wireless sviluppata per realizzare una rete a bassa potenza e ampio raggio fondamentale per l'applicazione dell'Internet of Things (IoT).

Bibliografia

- Aliprandi S. (a cura di) 2017, *Fare open access. La libera diffusione del sapere scientifico nell'era digitale*, Ledizioni, Milano.
- Bibri S. E. 2019, *Big Data Science and Analytics for Smart Sustainable Urbanism. Unprecedented Paradigmatic Shifts and Practical Advancements*, Springer, Cham, Svizzera.
- Botta A., de Donato W., Persico V., Pescapé A. 2016, *Integration of cloud computing and internet of things: a survey*, «Future Generation Computer Systems», vol. 56, pp. 684-700.
- Cinquepalmi F. 2019, *La città fragile: dalla smart alla (r)evolving city*, Didapress Università degli studi di Firenze, Firenze.
- Dembski F., Wössner U., Letzgu M., Ruddat M., Yamu C. 2020, *Urban Digital Twins for Smart Cities and Citizens: The Case Study of Herrenberg, Germany*, «Sustainability», vol. 12, pp 1-17.
- Diebold F. X. 2012, *On the Origin(s) and Development of the Term "Big Data"*, Pier working paper archive 12-037, Penn Institute for Economic Research Department of Economics University of Pennsylvania.
- Farsi M., Daneshkhan A., Hosseini - Far A., Jahankhani H. 2020, *Digital Twins Technologies and Smart Cities*, Springer, Cham, Svizzera.
- Kamrowska-Zaluska D., Obracht-Prondzynska H. 2018, *The Use of Big Data in Regenerative Planning*, «Sustainability», vol. 10, pp. 1-20.
- Klimczuk A. 2017, *Economic Foundations for Creative Ageing Policy. Putting Theory into Practice*, Palgrave Macmillan, New York, USA.
- Pagani R., Chiesa G. (a cura di) 2016, *Urban Data. Tecnologie e metodi per la città algoritmica*, FrancoAngeli, Milano.
- Sriramoju S. B. 2017, *Introduction of Big Data: infrastructure and networking consideration*, Horizon Book, Gurugram, Haryana, India.
- Tao F., Zhang M., Nee A.Y.C. 2019, *Digital Twin Driven Smart Manufacturing*, Academic Press of Elsevier, London.
- United Nations 2019, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, *World Population Prospects 2019, Highlights*. <https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf> (7/20)