Conferenza DSU - Area Tematica 4 “Il futuro del pianeta”

Tecnologie digitali al servizio della sostenibilità ambientale e sociale: soluzioni innovative e prospettive applicative nel contesto delle città portuali

Anna Novaresio

CNR-IRCRES

Monica Cariola

CNR-IRCRES

Introduzione

La pervasiva diffusione delle nuove tecnologie digitali, quali robot semiautonomi e l’intelligenza artificiale, solleva sfide complesse nella loro gestione e applicazione, ma al contempo genera opportunità e risorse innovative, spesso impreviste, in grado di orientare e rafforzare lo sviluppo socioeconomico in direzione di un futuro più sostenibile in direzione della cosiddetta “**twin transition**”. Il tema della “**green intelligence”**, infatti, ovvero l’impiego dell’intelligenza artificiale per progettare e potenziare le tecnologie sostenibili, sta diventando sempre più centrale nel dibattito globale sulla sostenibilità, con numerose iniziative (“AI for Earth” di Microsoft) e studi (Biggi et al., 2025) che indagano il potenziale di soluzioni digitali evolute per la trasformazione ‘green’ dei sistemi economico-produttivi e delle comunità che vi partecipano, soprattutto nell’ambito delle “**Smart cities”** (Tripathi et al, 2022; Yigitcanlar, Mehmood & Corchado, 2021). I porti, quindi, quali nodi strategici dei flussi economici e logistici delle aree costiere che hanno un elevato impatto ambientale sull’hinterland cittadino in termini di inquinamento acustico, atmosferico e marino, rappresentano un contesto prioritario per la sperimentazione e l’implementazione delle tecnologie digitali di ultima generazione in ottica non solo di efficientamento delle attività portuali, ma anche di un **miglioramento della relazione città-porto e della sua governance ambientale**. Se, infatti, i porti hanno incominciato a dotarsi di tecnologie intelligenti e pratiche manageriali innovative fin dagli ultimi decenni del secolo scorso, la letteratura più recente evidenzia come il concetto di “**porti intelligenti**” stia evolvendo in direzione di comunità che adottano tecnologie sempre più avanzate per migliorare non solo le prestazioni tecnico-economiche dei suoi attori, ma anche la sua relazione con la città ospitante in tutte le dimensioni della sua sostenibilità (Belmoukari et al., 2023; Ettore et al, 2023; Novaresio & Cariola, 2024). In quest’ottica il “porto intelligente” può trasformarsi non solo in un motore di sviluppo socialmente accettabile, ma anche in uno strumento per promuovere il benessere diffuso delle comunità locali grazie ad un interscambio continuo e bidirezionale di stimoli tra porto stesso e città.

Domande di ricerca/stimolo

In questa prospettiva si colloca il Progetto 8 dello Spoke 4 del programma **PNRR RAISE – "Robotics and AI for Socio-economic Empowerment"**, finalizzato allo sviluppo e alla sperimentazione di tecnologie digitali a supporto della sostenibilità portuale nel contesto ligure. L'iniziativa ha inteso promuovere l'adozione e la diffusione di soluzioni innovative volte a generare benefici tangibili per le comunità marittimo-portuali locali, favorendo al contempo la transizione verso modelli di gestione più sostenibili e digitalmente integrati.

Il presente studio si propone di analizzare un insieme di tecnologie particolarmente promettenti sviluppate nell'ambito del progetto, con l'obiettivo di identificarne le principali criticità, le opportunità di miglioramento e le prospettive di supporto istituzionale necessarie in un'ottica di potenziale estensione e trasferibilità oltre i confini progettuali e regionali.

Nello specifico, le **domande di ricerca/stimolo** che ci si pone sono le seguenti:

- Qual è il contributo di queste tecnologie alla **sostenibilità marittimo-portuale** da un punto di vista tripartito, ossia economico, sociale ed ambientale?
- Quali sono le criticità e opportunità che emergono per l'implementazione integrata di tali tecnologie nei sistemi di **governance ambientale** locale e quali sono le più promettenti per la trasformazione del porto nel driver di una "**smart city" ecologica** che integri l'innovazione con il benessere delle comunità di riferimento?
- Quale tipo di **supporto istituzionale** necessitano queste tecnologie nella prospettiva di un loro pieno dispiego a livello locale e della diffusione oltre i confini regionali?

Approccio proposto

Lo studio si articola in tre fasi tra loro connesse e consequenziali:

1) Un'**analisi delle caratteristiche e delle potenzialità tecnologiche**, finalizzata a mettere in evidenza gli impatti delle innovazioni sulla sostenibilità sociale ed ambientale del contesto urbano-portuale;
2) Un'**analisi SWOT**, volta a individuare le principali criticità e opportunità connesse all'impiego delle tecnologie, nella prospettiva della loro integrazione nei sistemi locali di governance ambientale portuale e in coerenza con gli obiettivi di sviluppo di una smart city a vocazione green;
3) Un'**analisi di policy tecnologico-ambientale**, finalizzata a delineare gli interventi istituzionali più efficaci e prioritari da adottare per promuovere la diffusione e il consolidamento delle tecnologie, sia all'interno sia all'esterno dei confini locali.

Discussione e Conclusioni

I risultati dell'analisi tecnologica evidenziano come le tecnologie digitali sviluppate nell'ambito del progetto 8 dello Spoke 4 di RAISE presentino un elevato livello di maturità tecnologica (TRL) e possano contribuire in modo distintivo alla sostenibilità delle città-porto. Le soluzioni per il monitoraggio della megafauna e delle macro-incrostazioni vegetative

(“fouling”) si distinguono per il potenziale **miglioramento della qualità ambientale e della sicurezza operativa**, nonché per la loro versatilità applicativa, utilizzabile sia in ambito pubblico sia privato. Le soluzioni per il monitoraggio dell’inquinamento atmosferico e marino consentono valutazioni ambientali in tempo reale e predittive, utili ad anticipare crisi. Discorso a parte merita la soluzione “nature-based”, che utilizza scarti di molluschi per creare infrastrutture seminaturali, genera nuove **opportunità turistiche** (osservazioni naturalistiche) e **portuali** (miticoltura), favorendo la **rigenerazione ecosistemica** e producendo benefici per l’ambiente costiero, come maggiore biodiversità e contrasto all’erosione.

L’analisi SWOT evidenzia che le tecnologie di gestione e rigenerazione ambientale presentano criticità tecniche (autonomia operativa, alimentazione degli algoritmi, conservazione temporale), ma offrono opportunità commerciali innovative, ad esempio l’*Equipment as a Service*. Le tecnologie di monitoraggio supportano le amministrazioni portuali nella gestione delle sfide climatiche e ambientali, con elevate potenzialità di **integrazione nei sistemi di governance locale**, pur necessitando di maggiore accettabilità sociale.

In termini di supporto istituzionale, sono auspicabili interventi per garantire la continuità dello sviluppo tecnologico tramite finanziamenti R&D e ulteriori test pilota. È importante favorire l’ingresso e la competitività delle tecnologie sul mercato, promuovendo strumenti di **public procurement e modelli di business innovativi**, nonché integrarle nei sistemi di gestione aziendale sostenibile e nelle pratiche di governance locale, anche attraverso normative ambientali più efficaci e il coinvolgimento dei cittadini.

In conclusione, le **eco-innovazioni digitali** del progetto RAISE costituiscono un passo significativo verso l’integrazione delle tecnologie digitali nei sistemi di governance ambientale locale. Esse rappresentano elementi chiave per trasformare i porti in infrastrutture innovative e sostenibili e come **motori di sviluppo per città portuali smart ed ecologiche** (Clemente et al., 2023; Dahab, 2023), nonché promotrici di benessere sociale. Inoltre, queste tecnologie, promuovendo sostenibilità ed efficienza nella gestione ambientale, aprono nuove opportunità di business, favorendo percorsi di “**blue growth”** che orientano le città portuali verso modelli di sviluppo innovativi e socialmente sostenibili, in linea con le strategie europee e globali.

Bibliografia

Biggi, G., Iori, M., Mazzei, J., & Mina, A. (2025). Green intelligence: the AI content of green technologies. Eurasian Business Review, 1-38. https://doi.org/10.1007/s40821-024-00288-1

Clemente, D., Calheiros-Cabral, T., Rosa-Santos, P., & Taveira-Pinto, F. (2023). Blue seaports: the smart, sustainable and electrified ports of the future. Smart Cities, 6(3). https://doi.org/10.3390/smartcities6030074

Dahab, K. M. A. A. (2023). The effectiveness of the smart sea ports operations within smart cities. Journal of Maritime Research, 20(3), 81-87.

Ettorre, B., Daldanise, G., Giovene di Girasole, E., & Clemente, M. (2023). Co-Planning Port–City 2030: The InterACT Approach as a Booster for Port-City Sustainable Development. Sustainability, 15(21), 15641. https://doi.org/10.3390/su152115641

Novaresio, A. & Cariola, M. (2024). Il ruolo dell'intelligenza artificiale e delle tecnologie robotiche nella transizione ambientale e nella governance climatica dei porti marittimi: il caso di studio di Genova. In Finardi, U. (cur.). Cambiamento climatico e sostenibilità: una visione multidisciplinare (pp. 87-105). Quaderni IRCrES 21. CNR-IRCrES. http://dx.doi.org/10.23760/2499-6661.2024.21.04

Tripathi, S. L., Ganguli, S., Kumar, A., & Magradze, T. (Eds.). (2022). Intelligent green technologies for sustainable smart cities. John Wiley & Sons.

Yigitcanlar, T., Mehmood, R., & Corchado, J. M. (2021). Green artificial intelligence: Towards an efficient, sustainable and equitable technology for smart cities and futures. *Sustainability*, 13(16), 8952. https://doi.org/10.3390/su13168952