

Verso un Gemello Digitale della Costa Italiana

Juan Pablo Duque Ordoñez¹

¹Politecnico di Milano, juanpablo.duque@polimi.it

Introduzione

Nel contesto dell'iniziativa Destination Earth, un progetto a lungo termine per sfruttare la grande quantità di dati prodotti dalle agenzie europee e dalle organizzazioni scientifiche di tutto il mondo, è nato l'obiettivo di costruire un Digital Twin of the Earth (European Commission, 2023). Il Digital Twin Earth è un modello digitale della Terra ad alta precisione che integra vari aspetti del sistema terrestre al fine di monitorare e simulare i fenomeni naturali e le attività umane correlate, e che è in grado di esplorare il passato e il presente, e prevedere il futuro. Lo sviluppo di questo modello rientra anche nelle politiche "European Green Deal" (European Commission, 2019) e il "European Strategy for data" (European Commission, 2020). Inoltre, prevede la creazione di gemelli digitali più piccoli e modulari che compongono un sistema di gemelli (Nativi, Mazzetti, Craglia, 2021).

In questo articolo invece viene presentata una piattaforma web che integra e unisce un'ampia serie di oltre 60 livelli geospaziali di dati ambientali e demografici, forniti apertamente e gratuitamente da diverse sorgenti. Questa piattaforma utilizza tecnologie open-source e dati aperti. Con le informazioni disponibili su questa piattaforma, gli utenti sono in grado di fare esplorazioni e analisi su molti livelli informativi relativi a terre e mare ma anche studiare i dati demografici per capire come queste variabili interagiscono tra loro. In particolare, questa applicazione è focalizzata sulle aree costiere italiane.

La piattaforma costituisce un primo approccio allo sviluppo di un Gemello Digitale delle coste italiane nell'ambito della Digital Twin Earth. È anche una dimostrazione di come l'integrazione di dati geospaziali può essere utilizzata per creare gemelli digitali della terra.

Questo articolo contiene la descrizione della piattaforma sviluppata e il suo flusso di lavoro, oltre a una breve descrizione dei dati integrati nell'applicazione. Inoltre viene presentato un caso di studio sull'acidificazione degli oceani nell'area di Genova, e infine le conclusioni.

Piattaforma web sviluppata

La piattaforma sviluppata è un'applicazione web per l'integrazione di dati geospaziali, con l'obiettivo di fungere da prototipo di come l'integrazione dei dati possa essere utilizzata per costruire un Gemello Digitale della costa italiana. Questa applicazione utilizza il modello architettonico "Mediator/Wrapper" come strategia d'integrazione. Tale scelta rende l'applicazione più modulare, flessibile e scalabile, ma permette anche l'integrazione di diversi fonti di dati. Ciò corrisponde al paradigma dell'integrazione virtuale dei dati, in cui questi non sono replicati e ospitati dal proprietario dell'applicazione, ma vengono forniti attraverso servizi. In questo modo si evita la duplicazione dei dati.

L'iniziativa per il Digital Twin Earth ha individuato alcune tecnologie e concetti per la sua realizzazione (Fernandez, 2020). Questa piattaforma affronta componenti come Big Data e interoperabilità integrando diverse fonti di dati geospaziali e sfruttando standard dell'Open Geospatial Consortium (OGC) per i dati geospaziali. Inoltre, l'applicazione integra componenti come Cloud Computing e connettività fornendo

un'interfaccia web liberamente accessibile per ricercatori, studenti, e amministratori, sia per l'esplorazione che per l'analisi dei dati integrati.

Il flusso di lavoro dell'applicazione è composto da 5 fasi, come illustrato nella Figura 1. Inizialmente si deve scegliere un contesto spaziotemporale per filtrare i dati secondo una localizzazione e un periodo temporale. I dati integrati sono costituiti da centinaia di gigabyte e sono esposti tramite servizi web. Con questo primo filtro si facilita l'accesso alle informazioni, riducendo la quantità di dati da recuperare solo all'area e al periodo di interesse.



Figura 1. flusso di lavoro dell'applicazione.

Nella seconda fase, i livelli informativi da utilizzare per la visualizzazione e l'elaborazione vengono selezionati tra le varie opzioni filtrate nella prima fase. Questo permette di caricare solo i livelli desiderati senza scaricare il totale dei dati.

La terza fase comprende invece la visualizzazione e l'esplorazione dei dati. In questa fase, i dati possono essere esplorati nel tempo e nello spazio, ma anche sovrapposti e interrogati. Ciò consente di confrontare visivamente e identificare le relazioni temporali e spaziali.

La quarta fase è dedicata all'analisi dei dati. Per i dati caricati nella piattaforma è disponibile una serie di analisi. L'analisi puntuale comprende i profili di profondità e le serie temporali in una singola posizione, mentre l'analisi dell'area comprende le statistiche zonali (media, minimo, massimo, deviazione standard) e gli istogrammi dell'intera area di interesse.

Infine, la quinta fase è dedicata alla condivisione e alla persistenza. È possibile salvare e condividere il lavoro scaricando i parametri definiti nel corso di una sessione di lavoro nell'applicazione come scenario. Uno scenario è un file che contiene le informazioni necessarie per caricare l'applicazione nello stato in cui si trovava al momento del salvataggio. Questo permette di condividere il lavoro svolto in questa piattaforma anche con altri colleghi e ricercatori.

Dati utilizzati

La finalità di questa piattaforma è analizzare l'interazione tra mare, terra e popolazione. In questo primo approccio sono stati integrati in totale 68 strati geospaziali. Tutti i dati provengono da fonti pubbliche e aperte e comprendono un'ampia varietà di variabili e contesti.

Per i dati marini e marittimi, sono stati utilizzati i dati di Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS). In particolare, sono integrate variabili biologiche, fisiche e chimiche nella piattaforma. I dati marini hanno un'alta risoluzione temporale, essendo forniti in tempi giornalieri e mensili. Tuttavia, la risoluzione spaziale è bassa, circa 3,5 km. Essi costituiscono comunque un'ampia gamma di variabili (come clorofilla, concentrazione di CO₂, pH, temperatura, tra altre), e sono fondamentali per la comprensione della componente marina della costa.

Per l'ambiente terrestre sono stati utilizzati dei dati di Copernicus Land Monitoring Service (CLMS). Questi comprendono, tra gli altri, copertura del suolo (in particolare, Corine Land Cover e Coastal Zones), corpi idrici e area edificata. Questi dati hanno una risoluzione temporale bassa, essendo prodotti ogni sei anni, e una risoluzione spaziale tra 10 e 100 metri.

Infine, per i dati della popolazione sono stati usati i livelli di densità della popolazione di WorldPop. Questi dati vengono prodotti ogni anno con una risoluzione spaziale di circa 70 metri. Gli strati dal 2015 al 2020 sono integrati nella piattaforma.

Caso di studio

Per dimostrare le capacità della piattaforma sviluppata è stato definito un caso di studio per analizzare l'acidificazione del mare nel area di Genova. In breve, l'acidificazione degli oceani è un processo in cui l'acqua del

mare diventa più acida a causa di una maggiore concentrazione di CO₂ nella superficie. Inizialmente, è stato selezionato il contesto spaziotemporale. L'area d'interesse comprende la città di Genova

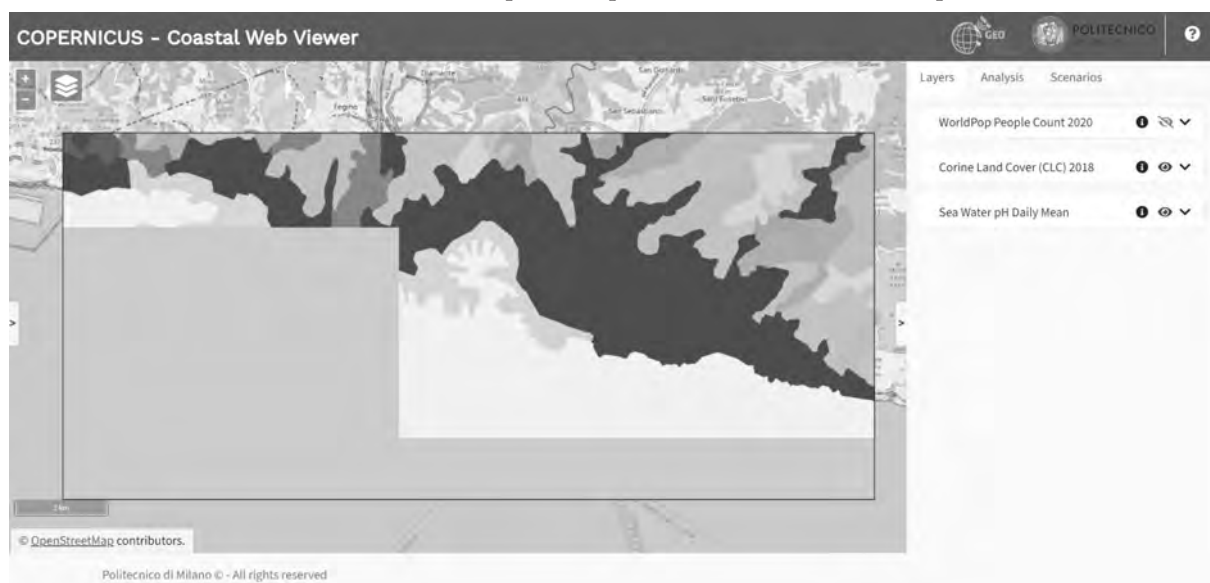


Figura 2. Area d'interesse con i livelli di copertura del suolo (Corine Land Cover 2018), pH (Sea Water pH Daily Mean), e popolazione (WorldPop People Count 2020).

e suoi dintorni. Le date vanno dal 1 luglio 2020 al 1 settembre 2021.

Dopo la selezione del contesto, sono stati selezionati diversi livelli per l'analisi dell'area d'interesse. Nella Figura 2 è possibile valutare i livelli di pH dell'acqua marina, ma anche la densità di popolazione e la copertura del suolo sulla terra. È possibile inoltre confrontare i diversi livelli nello spazio e nel tempo, osservando le diverse concentrazioni di composti chimici nell'acqua in diversi giorni, ma anche a diverse profondità.

Per l'analisi dei dati, nella Figura 3 è possibile vedere la variazione del livello di pH nel tempo in un punto dell'area d'interesse lungo il periodo temporale scelto. In tale analisi è possibile vedere la variazione tra le stagioni calde e fredde, con un pH più basso (quindi, acque più acide) nelle stagioni calde quando ci sono

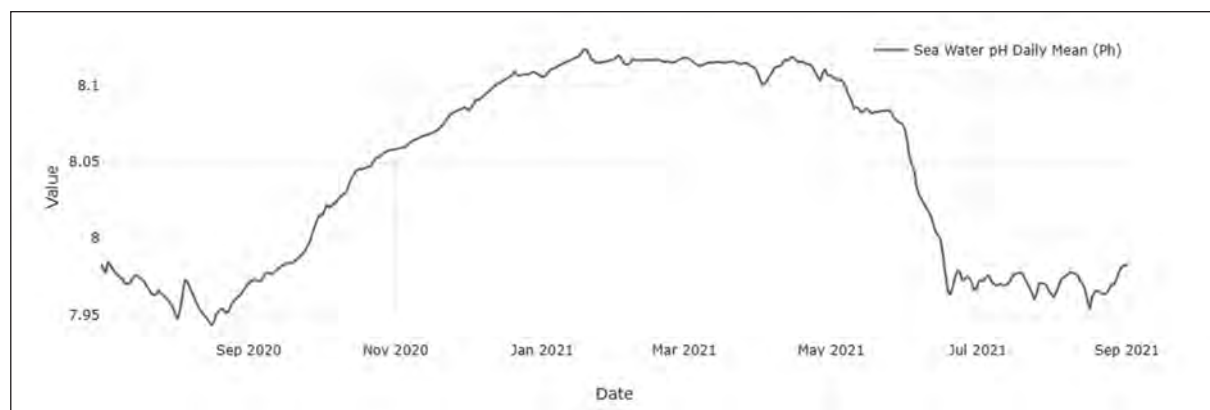


Figura 3. Livello di pH nel tempo da luglio 2020 a settembre 2021 in un punto localizzato nell'area d'interesse.

più persone per motivi turistici.

Conclusioni

Questo articolo è un riassunto della tesi magistrale "Towards a Digital Twin of the Italian Coast" (Duque, 2022). Presenta un primo approccio a un gemello digitale della terra per la costa italiana affrontando il

problema dell'interoperabilità dei dati con l'implementazione di una piattaforma web che utilizza l'architettura di software Mediator/Wrapper come strategia d'integrazione. Questa piattaforma innovativa permette l'integrazione e l'utilizzo di molteplici fonti di dati che difficilmente vengono messe insieme, per la loro visualizzazione, esplorazione, e analisi in contesti costieri.

Bibliografia

- Duque J., 2022. *Towards a Digital Twin of the Italian Coast*. Tesi Magistrale, Politecnico di Milano. <https://hdl.handle.net/10589/186454>
- European Commision, 2023. *Destination Earth*. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/destination-earth>.
- European Commision, 2020. *A European Strategy for data*. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/strategy-data>
- European Commision, 2019. *The European Green Deal*. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- Fernandez D., 2020. *Scientific needs to realise Digital Twin Earth, Phi-Week 2020 summary*. Nessuno Ed. <https://az659834.vo.msecnd.net/eventsairwesteuprod/production-nikal-public/c3e12f114c2d4b1f9da4033e4cf9c624>.
- Nativi S., Mazzetti P., Craglia M., 2021. *Digital Ecosystems for Developing Digital Twins of the Earth: The Destination Earth Case*. Remote Sensing, Vol 13, Iss 11:, 2119. doi: 10.3390/RS13112119.

Ricevuto il 03/10/2023; accettato il 30/10/2023