Modelli socio-ecologici per la sostenibilità degli ecosistemi marini

Evelina Carmen Sabatella, Rocco Paolillo, Alice Sbrana

(CNR IRPPS)

1. **Introduzione / Contesto**

Il futuro del Mar Mediterraneo e delle aree costiere è oggi al centro di un'urgenza globale: le crisi climatiche e ambientali stanno generando impatti economici e sociali sempre più evidenti, innescando dinamiche complesse che coinvolgono ecosistemi, comunità e sistemi produttivi. Fino al 60% degli stock UE è sovrasfruttato, la capacità della flotta europea è diminuita di oltre il 30% in dieci anni e persistono disuguaglianze sociali (STECF (2025). In questo contesto, non si può prescindere da una comprensione integrata dei fenomeni ambientali e dei loro riflessi geopolitici, economici e sociali.

In linea con le priorità dell'Unione Europea e con le iniziative di frontiera della Digital Twin of the Ocean (DTO), che mira a creare una replica virtuale dinamica e continuamente aggiornata degli oceani per supportare decisioni informate, pianificazione marittima e gestione sostenibile, il progetto di ricerca SURIMI[1] si colloca all'intersezione tra modellazione, interoperabilità dei dati e governance partecipativa.

L'obiettivo generale di SURIMI è sviluppare modelli socio-ecologici e soluzioni user-friendly che saranno integrati nella DTO in modo interoperabile e standardizzato, al fine di complementarne le capacità e gli utilizzi, consentendo l'esplorazione di scenari "what-if" e fornendo supporto alle decisioni per una migliore gestione delle attività umane e per l'implementazione di politiche economiche sostenibili sia a scala europea che regionale/locale. SURIMI affronta le sfide sopra menzionate fornendo la SURIMI toolbox: un insieme di modelli computazionali socio-ecologici, i dati necessari ad alimentarli, il livello di interoperabilità per collegarli tra loro e con la DTO, le interfacce utente per renderli accessibili e un quadro metodologico multi-attore dinamico e flessibile per rispondere ai requisiti degli stakeholder.

2. **Problema di ricerca**

La sfida principale consiste nel comprendere come le trasformazioni ambientali influenzino le dinamiche sociali ed economiche, e viceversa.

Quali sono i determinanti che modellano la vulnerabilità dei sistemi socio-ecologici?

In che modo i meccanismi di feedback tra impatti ambientali e comportamenti collettivi possono essere analizzati e gestiti?

---

[1] SURIMI (2024). *Integration of innovative and reliable socio-ecological models and user-driven solutions into the Digital Twin Ocean, to facilitate what-if scenarios and decision support, under a co-creation approach*. Horizon Europe Project No. 101157456 (Call: HORIZON- MISS-2023-OCEAN-01, Topic: HORIZON-MISS-2023-OCEAN-01-08, Type of action: HORIZON-RIA). https://www.surimi-project.eu/

Come integrare dati eterogenei — climatici, ecologici, economici e sociali — per supportare decisioni informate e inclusive?

È possibile comprendere gli esiti multipli di una politica economica/ambientale sulle diverse scale ecologica, economica e sociale?

Queste domande stimolano una riflessione critica sulla necessità di sviluppare strumenti capaci di simulare scenari futuri, valutare le conseguenze delle politiche ambientali e favorire la partecipazione attiva degli stakeholder. L'obiettivo è quello di superare approcci settoriali e frammentati, promuovendo una visione olistica e co-creata della sostenibilità.

3. **Approccio proposto**

L'approccio si basa sull'integrazione di modelli socio-ecologici interoperabili e su una curata gestione dei dati ambientali e socio-economici. Attraverso un insieme di strumenti open-source, vengono sviluppati modelli dinamici, simulazioni agent-based e di flusso di valore, capaci di rappresentare le interazioni tra attività umane ed ecosistemi marini. Questi modelli sono alimentati da un data lake che raccoglie, armonizza e standardizza dati provenienti da fonti diverse, garantendo la loro accessibilità e qualità.

La metodologia è coerente con i principi dell'infrastruttura europea DTO, promuovendo l'interoperabilità dei sistemi informativi, la scalabilità computazionale e l'integrazione di flussi di dati in tempo quasi reale. Indicatori socio-economici e ambientali vengono elaborati per valutare lo stato degli ecosistemi e l'efficacia delle politiche di gestione. L'intero processo è guidato da metodologie partecipative, che coinvolgono attivamente comunità scientifiche, decisori politici e cittadini nella co-progettazione e valutazione degli strumenti. L'uso dell'intelligenza artificiale per l'analisi delle politiche e la simulazione di scenari "what-if" consente di esplorare soluzioni innovative e adattabili.

4. **Discussione e conclusioni**

L'integrazione tra dati, modelli e partecipazione rappresenta un passo fondamentale verso una governance ambientale più efficace e inclusiva. I risultati mostrano come la modellazione socio-ecologica possa supportare la definizione di politiche resilienti, capaci di affrontare le sfide del cambiamento climatico e della sostenibilità. La possibilità di simulare scenari futuri e di valutare in modo trasparente i costi e benefici delle scelte politiche rafforza la capacità decisionale e promuove una cultura della responsabilità condivisa.

In conclusione, il futuro del pianeta dipenderà dalla nostra capacità di costruire strumenti e processi che mettano al centro l'interconnessione tra ambiente, società e tecnologia. In tal senso, la convergenza con le visioni e gli strumenti della Digital Twin of the Ocean rappresenta una frontiera strategica per migliorare la comprensione, la governance e la resilienza degli ecosistemi marini. Solo attraverso un approccio collaborativo e orientato al bene comune sarà possibile delineare traiettorie di sviluppo sostenibili, capaci di garantire equità, prosperità e salute per le generazioni presenti e future.

STECF (2025). *Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF) – Monitoring the performance of the Common Fisheries Policy (STECF ad-hoc 25-01)*. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2025