



“Monitoraggio del rischio ambientale di origine antropica: prospettive per IRIDE”

Metodologie quantitative per il design di applicazioni

L. Cicala, D. Amitrano, C.V. Angelino, S. Parrilli, F. Gargiulo, M. De Mizio, G. Persechino

CIRA, Centro Italiano Ricerche Aerospaziali

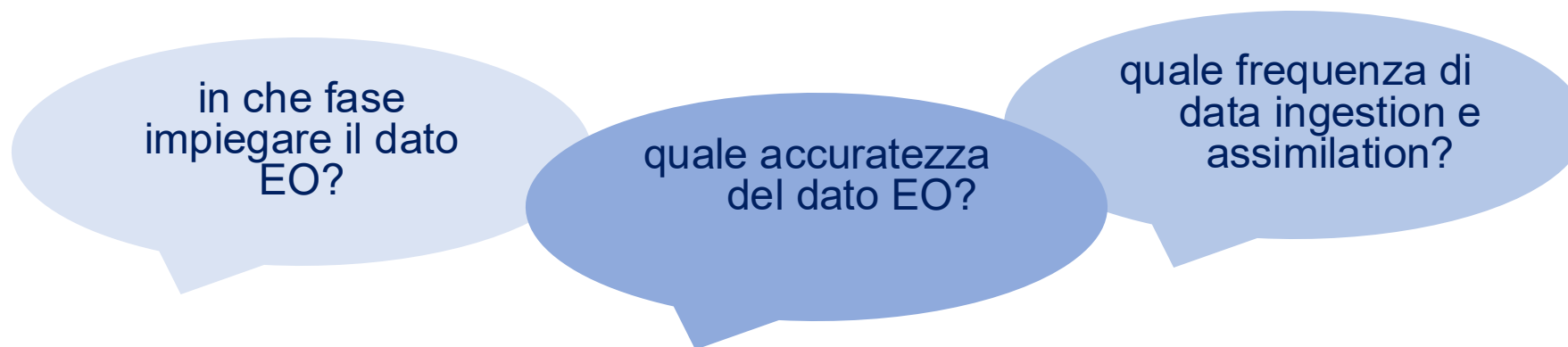
Workshop
“Tecnologie satellitari e analisi multi-rischio: l’esperienza dei progetti I4DP_SCIENCE e prospettive future”
28 Maggio 2025

Scopo dell'intervento

L'impiego della costellazione IRIDE sarà abilitante per lo sviluppo di molte applicazioni di **analisi di rischio ambientale**

Il **design di applicazioni di Earth Observation** di successo può essere favorito da un approccio previsionale alla valutazione dell'impatto dell'informazione di EO non solo sull'**attendibilità del risk assessment** ma anche sull'**efficacia della risk mitigation**

Si presenta in questa sede pertanto un **approccio quantitativo al design di applicazioni** che, ove impiegabile, potrebbe contribuire allo sviluppo di **applicazioni più efficaci**



application developers community

MIGLIORATA CAPACITA' DI DOWNSTREAM PER APPLICAZIONI DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

- **Monitoraggio ambientale:** IRIDE infrastruttura abilitante
- **Dato satellitare:** disponibile, esteso, frequente, automaticamente processabile, limiti in completezza e accuratezza dell'informazione fornita
- **Impiegabilità nel monitoraggio ambientale:** sì (come da indicazioni IMPEL - European Union Network for the Implementation and Enforcement of Environmental Law, SNPA – Sistema Nazionale di Protezione Ambientale)
- **Sviluppo di modelli di simulazione per Digital Twin:** ESA Digital Twin Earth, IRIDE CyberItaly

FATTORI INFLUENTI SUL SUCCESSO APPLICATIVO

- **Fruibilità del dato satellitare:** dipende da come è inserito nel processo di monitoraggio (impatto basso o elevato sul modus operandi dell'end user)
- **Efficacia di impiego del dato satellitare:** dipende da come è inserito nel processo di monitoraggio (l'applicazione è ben congegnata se l'uso dei prodotti è appropriato rispetto alle finalità applicative)

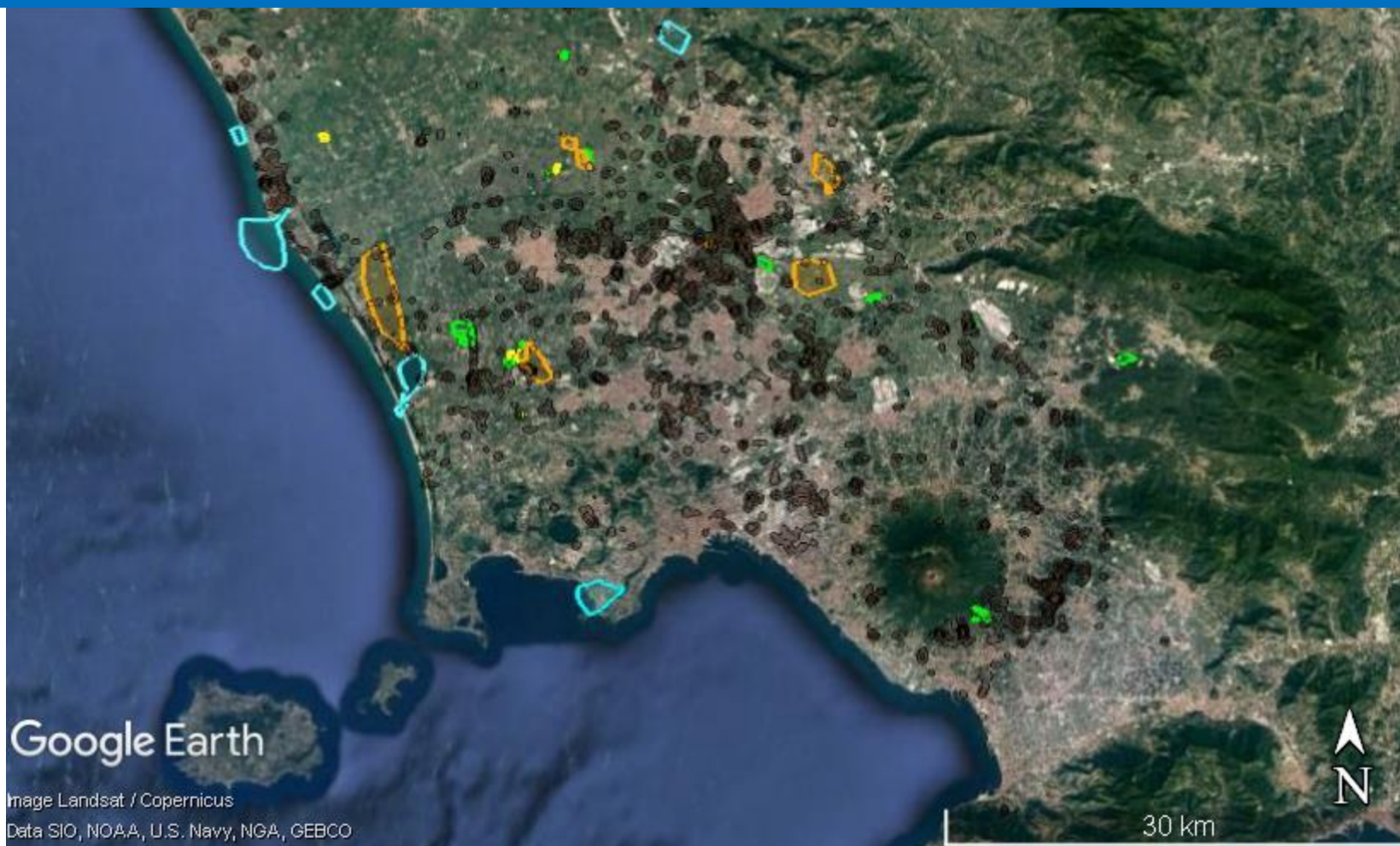
NECESSITA'

- Quantificazione del vantaggio d'impiego del dato satellitare nelle varie ipotesi di progetto dell'applicazione allo scopo di **identificare la modalità di impiego con maggiore impatto per l'end user**

Casi di Studio

Criticità Ambientali Regione Campania

Esperienza CIRA su Casi di Studio: anno 2009 – anno 2025



Applicazione 1:

Individuazione di aziende lattiero-casearie non censite

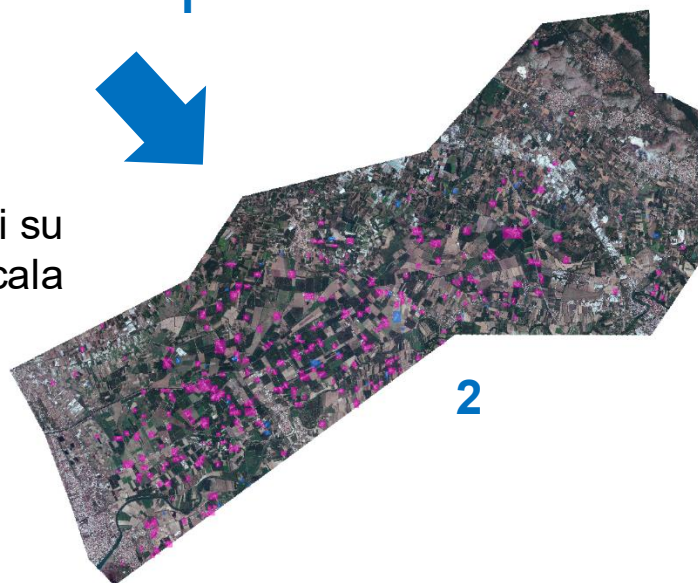


Individuazione
di allevamenti
di aziende lattiero-casearie
da satellite

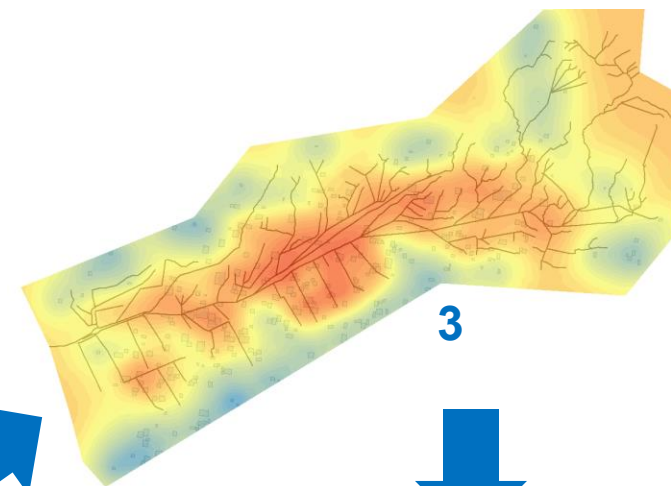
1



Analisi su
vasta scala



2



3

Mappa
di rischio



Survey
da elicottero
sulle zone a
più alto rischio



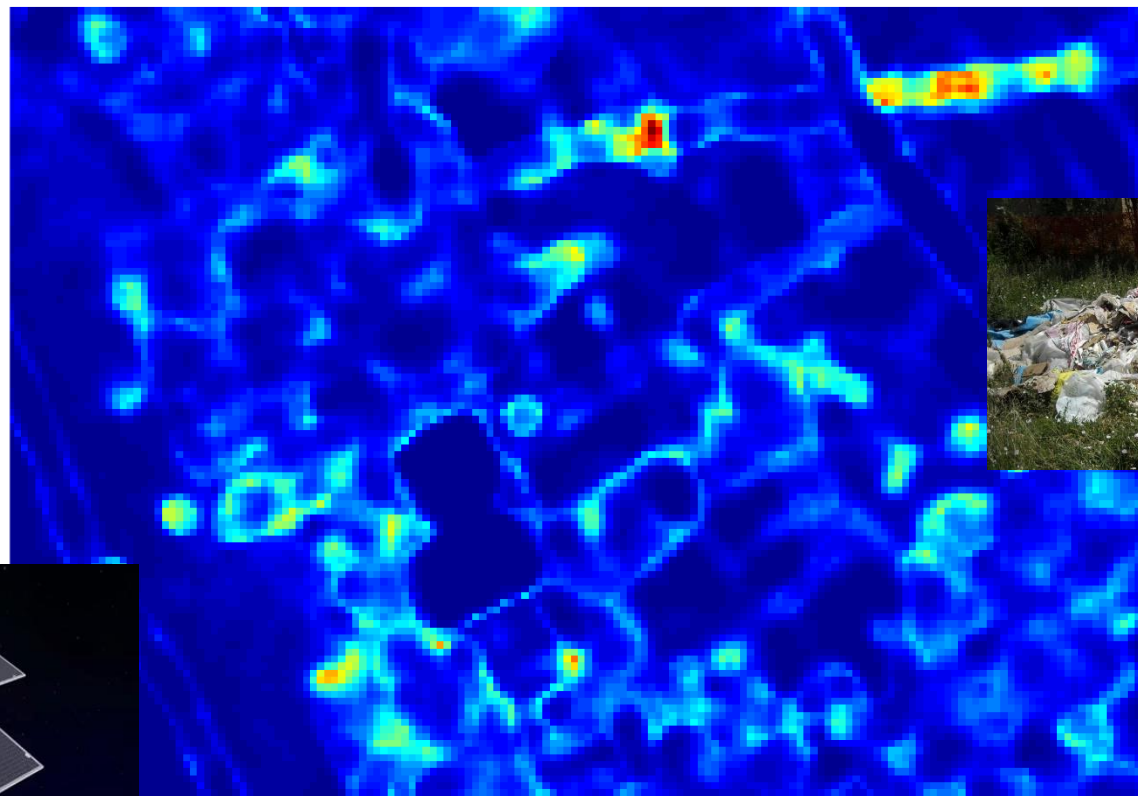
4

5

Applicazione 2: Individuazione di Microdiscariche



Filtro per Detection di Sospette Microdiscariche



bassa  alta
confidenza sulla presenza del target

Applicazione 2: Individuazione di Microdiscariche



Perimetrazione delle Sospette Microdiscariche



 perimetrazioni

A valle dell'elaborazione automatica, un fotointerprete dovrà confermare i target

Information Oriented Design

- Caratterizzo il **prodotto EO**
- Dimostro che il prodotto EO è **informativo rispetto al fenomeno**
- Dimostro come impiegare il prodotto per **analisi di rischio**
- Valuto l'**accuratezza dell'analisi di rischio**



Application Oriented Design

- Stessi passi dell'**Information Oriented Design**, solo ove la soluzione non ricada nell'ambito di quanto fornito dal Downstream Service Provider
- Caratterizzo il processo di monitoraggio per il **risk assessment**
- Caratterizzo il processo di **risk mitigation** (anche se non sotto il controllo diretto dell'end user)
- Ridefinisco, a minimo impatto, il processo di monitoraggio integrando i prodotti EO con i **dati dell'end user**
- Prevedo come **scelte progettuali** per l'impiego dei prodotti EO possa favorire una più efficace mitigazione del rischio mediante un'**analisi quantitativa**

Information Oriented Design

- Maggiore trasversalità rispetto alle varie applicazioni 😊
- Indipendente dai processi dello specifico end user 😊
- Impatto non quantificato rispetto all'obiettivo finale delle specifiche applicazioni (in termini di risk mitigation non solo di risk assessment) 😞
- A carico dell'end user la scelta di impiego del prodotto di EO 😞
- **Impiego preferenziale: Design Downstream**

es: *Downstream di IRIDE*

Application Oriented Design

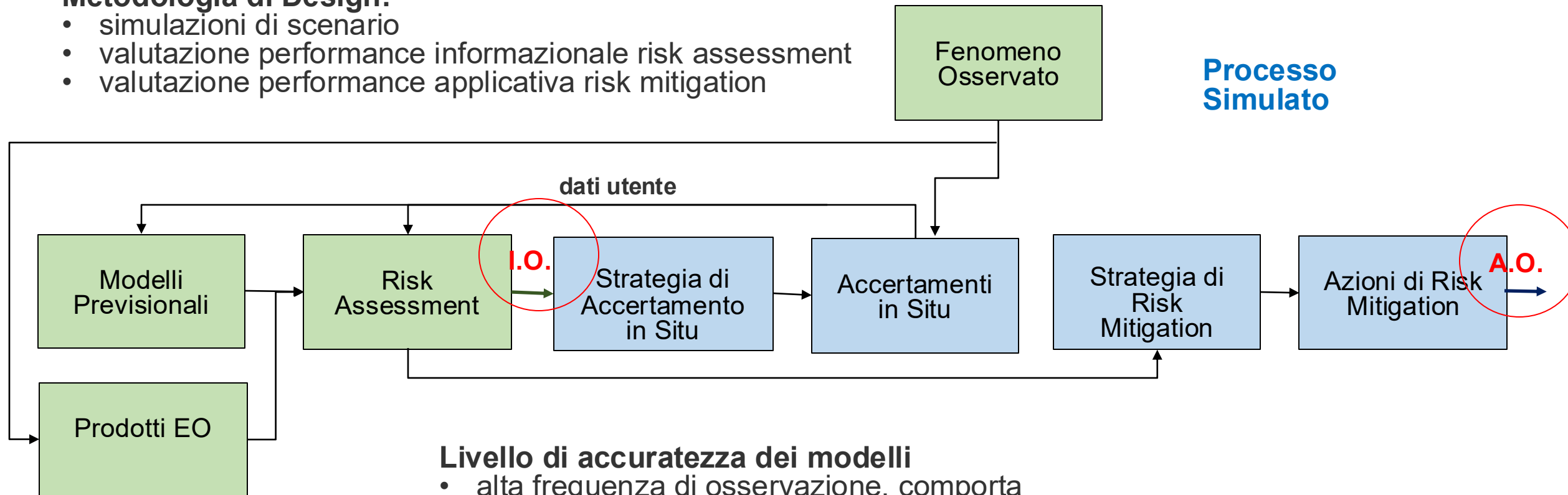
- Analisi fortemente contestualizzata all'applicazione 😞
- Necessità di informazioni approfondite sui processi dell'end user 😞
- Continuità con i processi di monitoraggio dell'end user 😊
- Previsione d'impatto delle scelte progettuali sull'applicazione quantificabile in fase di design 😊
- **Impiego preferenziale: Design di Prodotti Applicativi e Applicazioni**

es: *IRIDE CyberItaly, Ulteriori Applicazioni basate su IRIDE*

Fruibilità nel Processo Utente e Analisi Quantitativa

Metodologia di Design:

- simulazioni di scenario
- valutazione performance informazionale risk assessment
- valutazione performance applicativa risk mitigation



Livello di accuratezza dei modelli

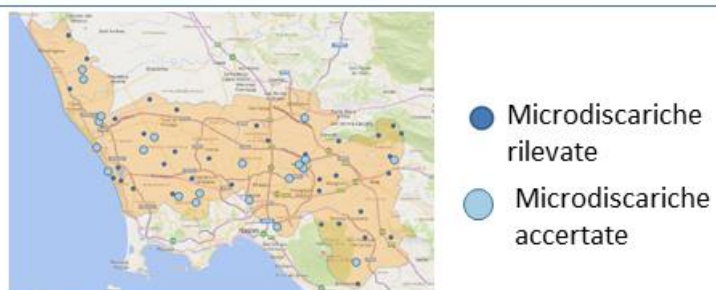
- alta frequenza di osservazione, comporta
- alta frequenza di data assimilation, comporta
- possibile impiego di modelli limitatamente accurati

(teoria della retroazione)

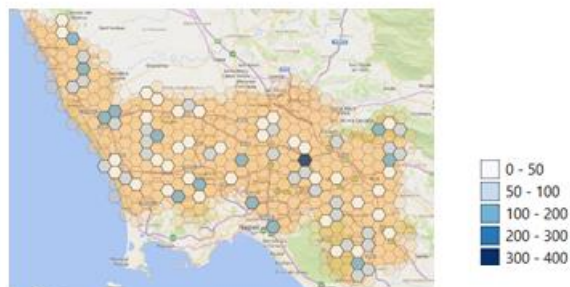
Analisi previsionali possibili

- processo adottato vs processo proposto integrato con EO
- soluzione EO #1 (costo, accuratezza, frequenza) vs soluzione EO #2

Esempio di Applicazione: Discovery di Microdiscariche



(a) Microdiscariche rilevate da satellite e confermate dal pattugliamento



(b) Priorità assegnata alle celle della zona di interesse

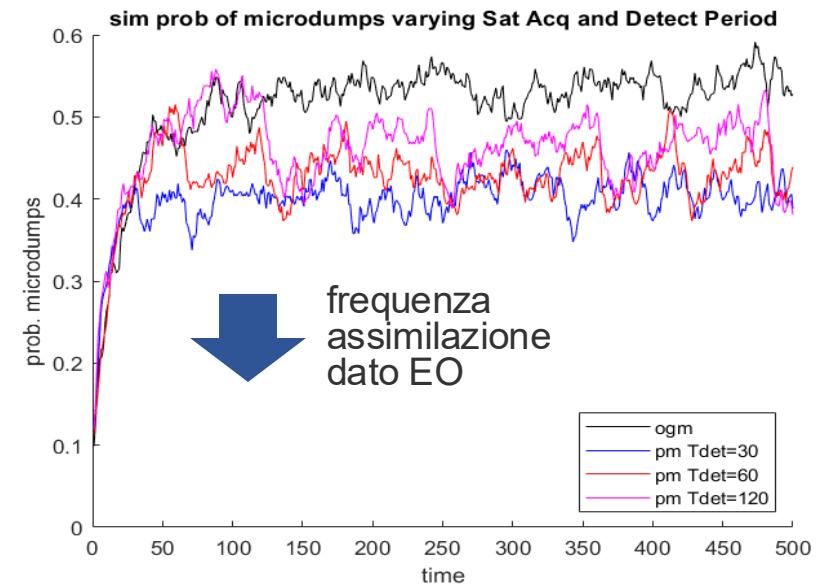
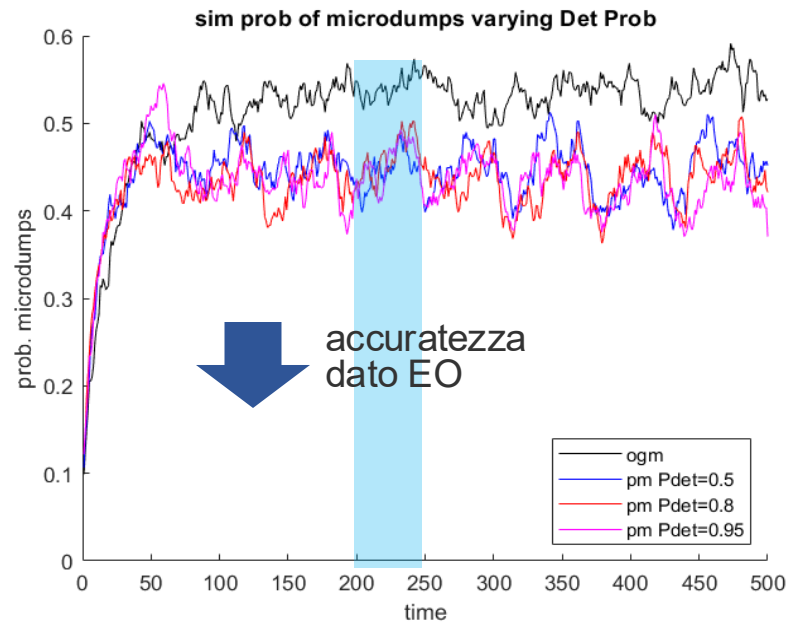


(c) Percorsi assegnati alle pattuglie

- La discovery di microdiscariche basata su prodotti EO può riguardare una **porzione di territorio molto ampia**, e può raggiungere **luoghi non sempre accessibili facilmente** da terra, con una **periodicità di acquisizione** stagionale.
- La **priorità dei i siti da verificare in situ**, dipende dal rischio ambientale calcolato non solo in base alle conferme a terra ma anche in base alle osservazioni satellitari.
- Gli **operatori sul campo** effettuano le operazioni di **conferma o caratterizzazione** dei siti, che può essere pianificata in maniera ottimale. La **risk mitigation** (removal) è abilitata solo dalle conferme in situ.

Analisi rispetto all'accuratezza del prodotto EO e rispetto alla frequenza di data assimilation

grafici rischio ambientale vs tempo

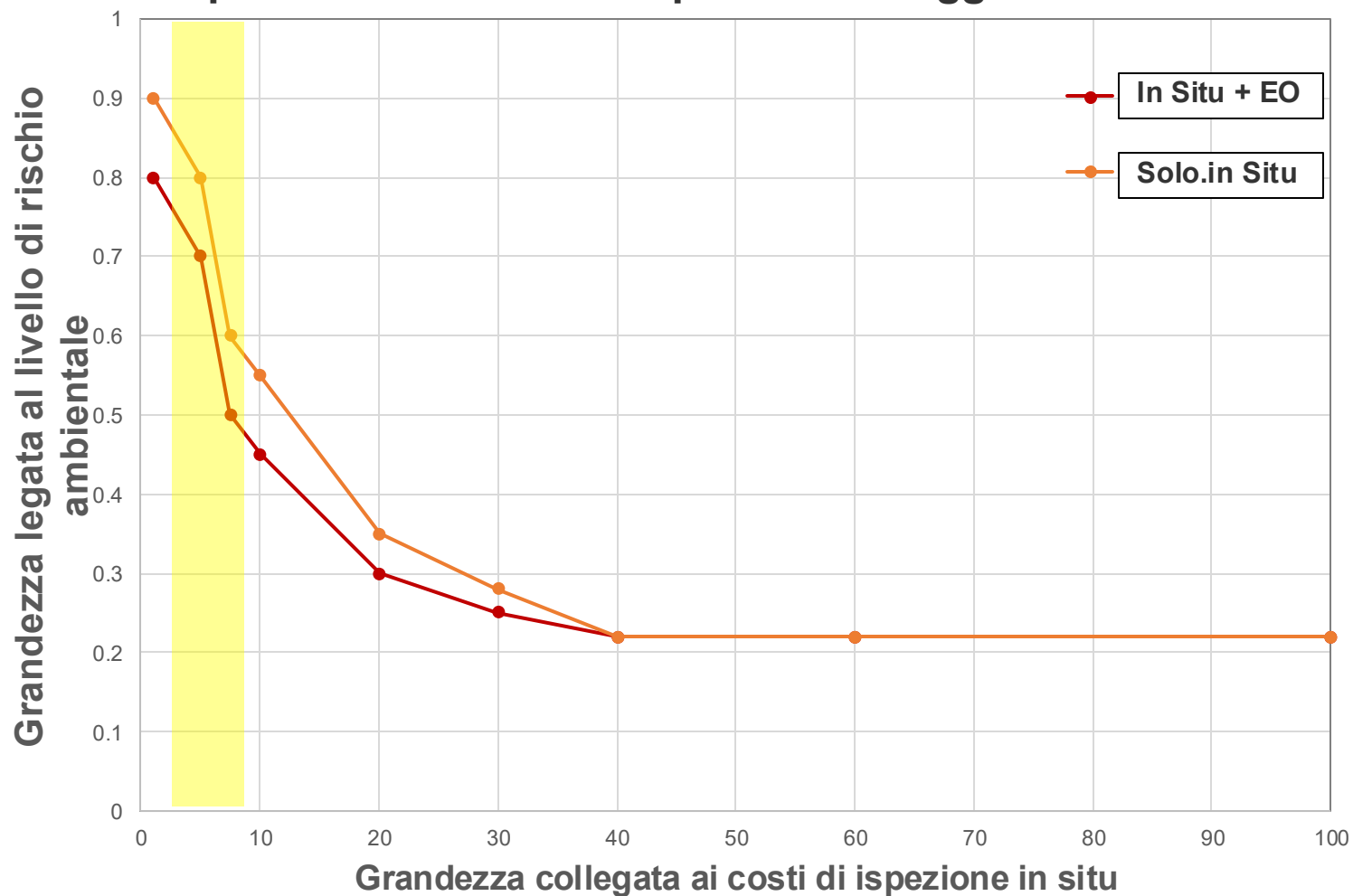


L'andamento temporale delle prestazioni dell'applicazione dipendono dalla **periodicità della data assimilation** dei prodotti EO.

Si possono confrontare soluzioni progettuali differenti in termini di **frequenza di elaborazione del dato** o di **accuratezza di prodotto** (questa tipicamente legata al processo di validazione).

Esempio di risultato di analisi quantitativa

Esempio analisi di scenario per Monitoraggio Microdiscariche



Approcci di progettazione orientati all'applicazione sono potenzialmente impiegabili nelle applicazioni di monitoraggio ambientale basate su dati IRIDE, ove possibile e opportuno.

In particolare si possono effettuare:

- a) il **modeling dei processi di risk assessment**;
- b) il **modeling dei processi di risk mitigation**;
- c) la valutazione quantitativa della modalità di impiego dei dati EO e delle alternative di progetto basata su **simulazioni di scenario**.

Alcuni **casi di studio sviluppati dal CIRA**, pubblicati nel dettaglio per i vari aspetti di progettazione, sono di potenziale interesse per chi intende sviluppare applicazioni con questo specifico approccio.

Lo sviluppo di modelli di simulazione per **Digital Twin** in ambito ESA ed ASI e l'**elevata frequenza di rivisita delle costellazioni satellitari** (tra cui IRIDE) rende l'approccio proposto maggiormente perseguibile.



Grazie dell'Attenzione!



APPENDICE

Relazione con il concetto di Digital Twin

Caratteristica	Application Oriented Design	Digital Twin
Impiegato in Fase di Design di Applicazioni	Sì	Potenzialmente impiegabile
Impiegato nelle Applicazioni in Fase Operativa	I modelli simulativi sono reimpiegabili anche in Digital Twin	Sì
Finalizzato al Risk Assessment	Se la finalità applicativa è solo il risk assessment	Caso d'uso tipico
Finalizzato alla Risk Mitigation	Uso suggerito	Caso d'uso possibile
Prevede un approccio di Risk Assessment basato sui dati EO + i dati dell'End User	Tipicamente	Tipicamente
Efficace se la Risk Mitigation con i dati dell'End User migliora mediante l'impiego di dati EO	Sì	No

- L. Cicala, F. Gargiulo, S. Parrilli, D. Amitrano, G. Pigliasco, “Progressive Monitoring of Micro-Dumps Using Remote Sensing: An Applicative Framework for Illegal Waste Management”, MDPI Sustainability, 2024.
- C.V. Angelino, L. Cicala, S. Parrilli, D. Amitrano, F. Gargiulo, M. De Mizio, V.R. Baraniello, G. Persechino, “Monitoring and fighting environmental crimes with VHR satellite imagery”, ESA Environmental Crimes, 2024.
- C. Marrocco, A. Bria, F. Tortorella, S. Parrilli, L. Cicala, M. Focereta, G. Meoli, M. Molinara, “Illegal Microdumps Detection in Multi-Mission Satellite Images with Deep Neural Network and Transfer Learning Approach”, IEEE Access, 2024.
- S. Parrilli, L. Cicala, C.V. Angelino, D. Amitrano, “Illegal micro-dumps monitoring: pollution sources and targets detection in multispectral images with the Scattering Transform”, IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS 2021.
- F. Gargiulo, C.V. Angelino, L. Cicala, G. Persechino, M. Lega, “Remote sensing in the fight against environmental crimes: the case study of the cattle-breeding facilities In Southern Italy”, International Journal of Sustainable Development and Planning, WIT Press, 2016.
- A. Errico, C. V. Angelino, L. Cicala, G. Persechino, C. Ferrara, M. Lega, A. Vallario, C. Parente, G. Masi, G. Scarpa, D. Amitrano, G. Ruello, L. Verdoliva, G. Poggi: “Detection of environmental hazards through the fusion of optical and SAR remote-sensing images: a case study in southern Italy”, International Journal of Remote Sensing, 2015.