

Campi agricoli in Brasile
Image © 2026 Planet Labs PBC

Climate Change AI
Scuola estiva virtuale 2026

L’IA per l’agricoltura e la sicurezza alimentare

Dall’osservazione della Terra a decisioni climaticamente intelligenti

Dott.ssa Aliny Reis
Ricercatrice senior in telerilevamento · Corvian

Luglio 2026

Di cosa parla questa lezione

Argomenti

- Agricoltura, cambiamenti climatici e sicurezza alimentare
- Osservare i sistemi agricoli attraverso i dati
- Dall’osservazione della Terra al supporto decisionale con l’IA
- Applicazioni dell’IA, dall’azienda agricola alla sicurezza alimentare globale
- IA responsabile, prospettive e prossimi passi



Campi agricoli in Polonia
Image © 2026 Planet Labs PBC

Agricoltura, sicurezza alimentare e cambiamenti climatici

L'agricoltura contribuisce ai cambiamenti climatici e ne subisce gli effetti.

Comprendere questo duplice ruolo è essenziale per progettare sistemi di IA che migliorino davvero la vita delle persone e del pianeta.

L’agricoltura come causa dei cambiamenti climatici

L’agricoltura contribuisce molto alle emissioni di gas serra tramite il cambio d’uso del suolo, l’allevamento e la gestione del suolo.

Principali fonti di emissione

Cambio d’uso del suolo

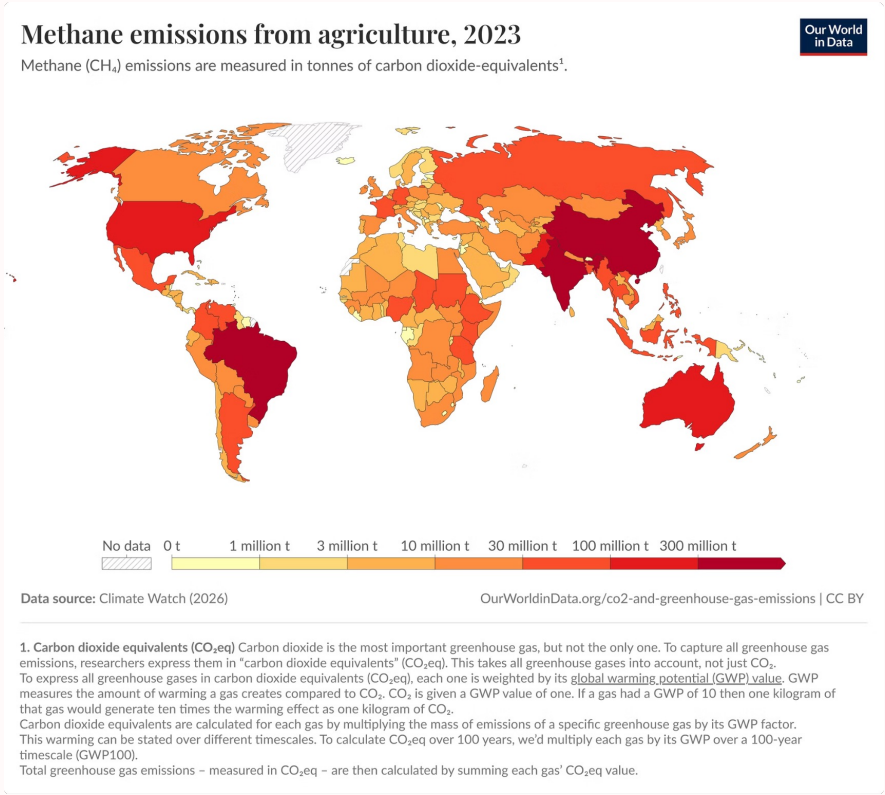
La conversione di foreste ed ecosistemi naturali in terreni agricoli rilascia il carbonio immagazzinato.

Allevamento

Metano (CH_4) dalla fermentazione enterica dei ruminanti (ad es. bovini) e dalla gestione dei reflui.

Gestione dei seminativi

Protossido di azoto (N_2O) dai fertilizzanti azotati di sintesi e dalle pratiche che disturbano il suolo.



Rischi climatici per i sistemi agricoli

Siccità e stress termico

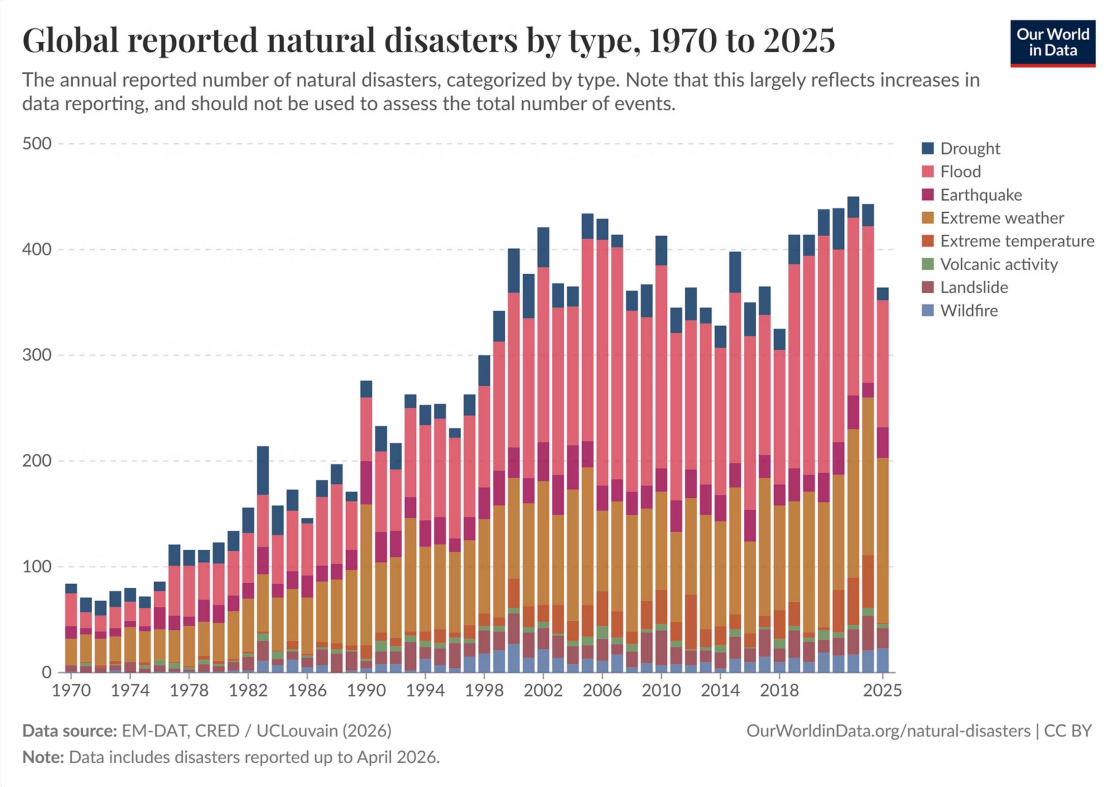
Lunghi periodi secchi e temperature estreme riducono le rese, danneggiano le colture ed esauriscono l'umidità del suolo.

Alluvioni ed eventi estremi

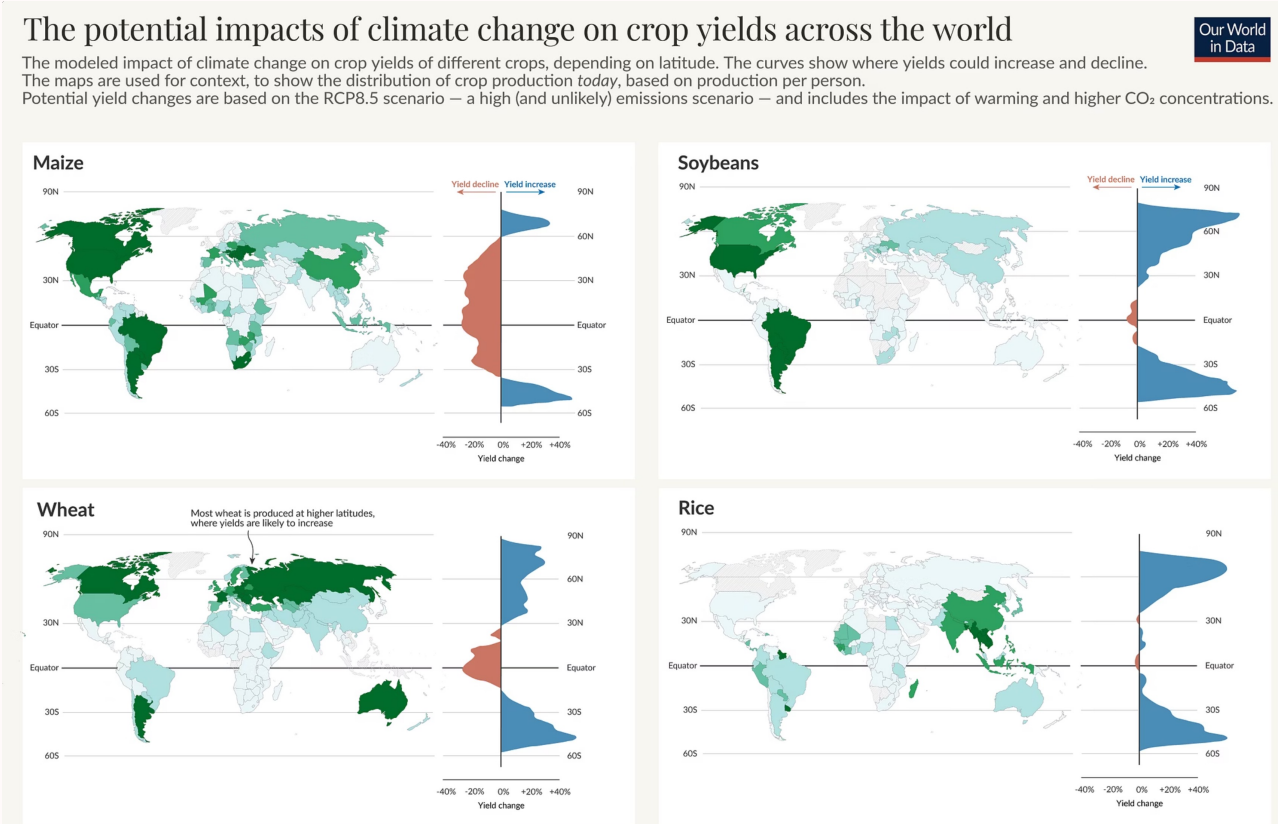
Piogge intense, alluvioni e tempeste distruggono i raccolti ed erodono i terreni agricoli produttivi.

Degrado del suolo

Erosione, salinizzazione e impoverimento di nutrienti riducono nel tempo la capacità produttiva dei terreni agricoli.



Rischi climatici per i sistemi agricoli

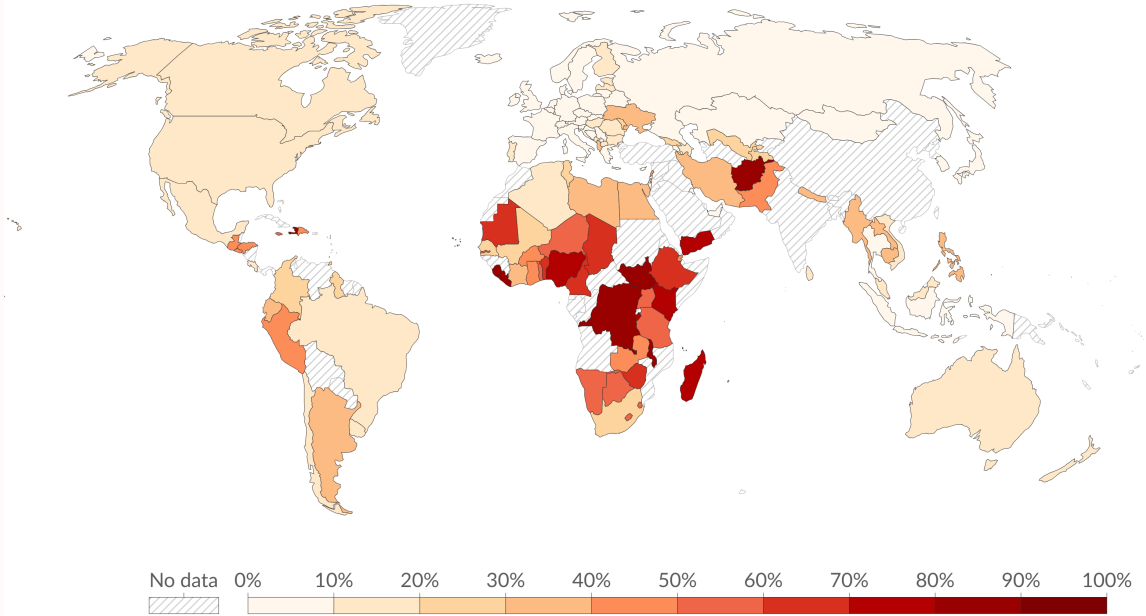


Rischi climatici per i sistemi agricoli

Share of population with moderate or severe food insecurity, 2023

Our World in Data

Food insecurity[1] is defined by the Food Insecurity Experience Scale (FIES). Moderate food insecurity is associated with the inability to regularly eat healthy, nutritious diets. Severe food insecurity is more related to insufficient quantity of food (energy).



Data source: Food and Agriculture Organization of the United Nations (2025)

OurWorldinData.org/hunger-and-undernourishment | CC BY

La sicurezza alimentare in un clima che cambia

I cambiamenti climatici stanno trasformando l'agricoltura

- Siccità, alluvioni, ondate di calore ed eventi estremi più frequenti minacciano la produzione agricola.
- Gli impatti climatici colpiscono tutti e quattro i pilastri della sicurezza alimentare: **disponibilità, accesso, utilizzo e stabilità.**
- L'agricoltura deve produrre più cibo usando le risorse in modo più efficiente, adattandosi ai cambiamenti climatici e riducendo il proprio impatto ambientale.



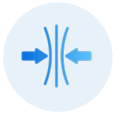
Aumentare la produttività

Produrre più cibo per una popolazione in crescita.



Migliorare l'efficienza

Usare in modo più efficiente terra, acqua, fertilizzanti e altre risorse.



Rafforzare la resilienza

Adattare i sistemi agricoli a una variabilità climatica crescente.



Proteggere gli ecosistemi

Ridurre le emissioni proteggendo gli ecosistemi naturali.

Chi usa le informazioni agricole?

Le decisioni agricole si prendono a molti livelli, **dalla singola azienda alle organizzazioni globali**.
Pur con obiettivi diversi, tutti hanno bisogno di informazioni tempestive, accurate e utilizzabili.

Agricoltori e produttori

Decisioni: semina, irrigazione e momento del raccolto.

Agronomi e consulenti agricoli

Decisioni: gestione delle colture, ottimizzazione degli input e pianificazione del raccolto.

Governi e assicurazioni

Decisioni: politica agricola, assicurazione dei raccolti e risposta alle catastrofi.

Organizzazioni umanitarie e per il clima

Decisioni: monitoraggio della sicurezza alimentare, risposta umanitaria e adattamento al clima.

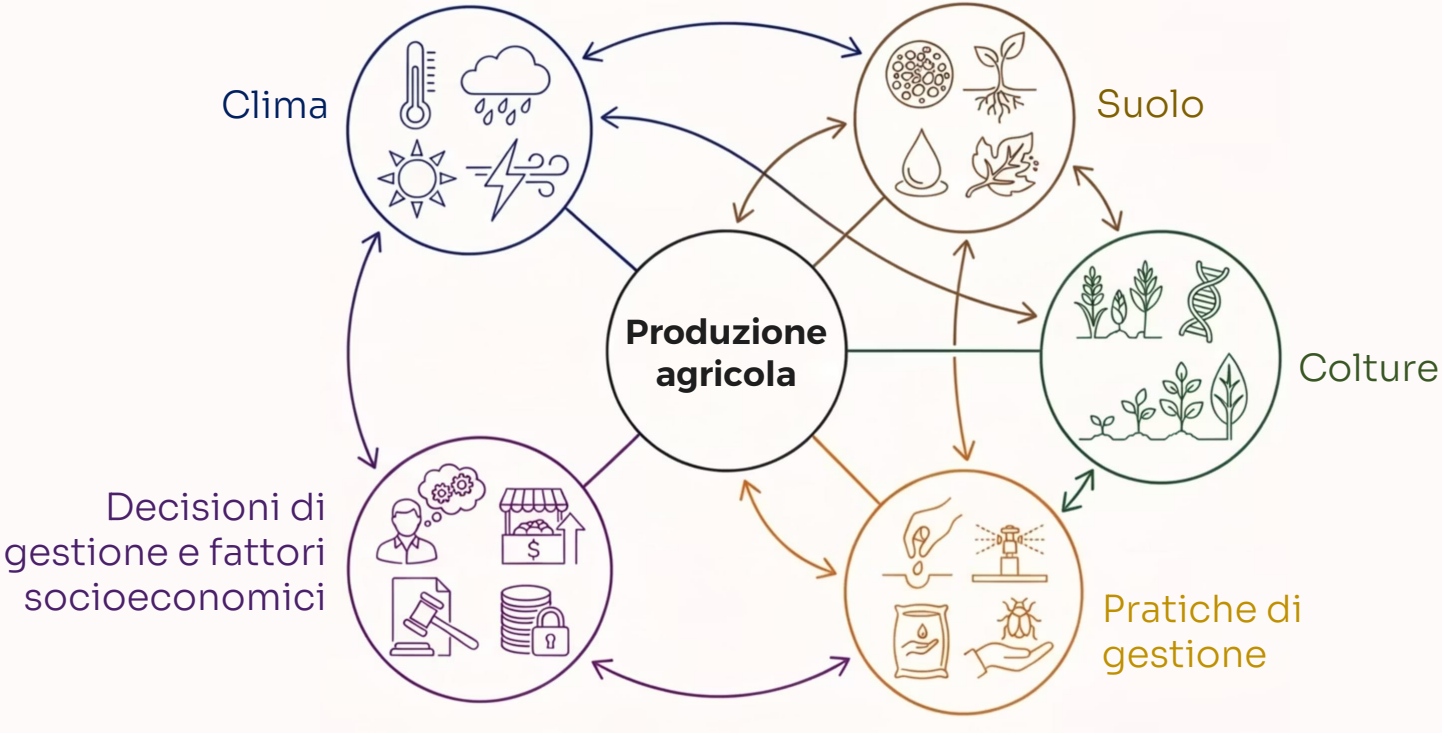


Campi agricoli in Canada
Image © 2026 Planet Labs PBC

Comprendere i sistemi agricoli attraverso i dati

I sistemi agricoli nascono da interazioni complesse tra **clima**, **suolo**, **colture**, **pratiche di gestione e decisioni umane**. Cogliere questa complessità richiede fonti di dati diverse e complementari.

Che cosa determina la produzione agricola?



La produzione agricola nasce dall'interazione di clima, suolo, colture, gestione e fattori socioeconomici. **Comprendere queste interazioni richiede di integrare più fonti di dati complementari.**

Osservare i sistemi agricoli



Telerilevamento

Le osservazioni da satellite, aeree e da drone forniscono informazioni continue su crescita delle colture, copertura del suolo e stato della vegetazione.



Dati meteorologici e climatici

Temperatura, precipitazioni, radiazione e altre variabili meteorologiche da stazioni, rianalisi e modelli climatici.



Informazioni sul suolo

Proprietà del suolo come tessitura, sostanza organica, umidità e fertilità influenzano la crescita e la produttività delle colture.



Osservazioni di campo e statistiche

Osservazioni a terra, indagini sulle colture, registri di gestione e statistiche agricole forniscono informazioni di riferimento essenziali.

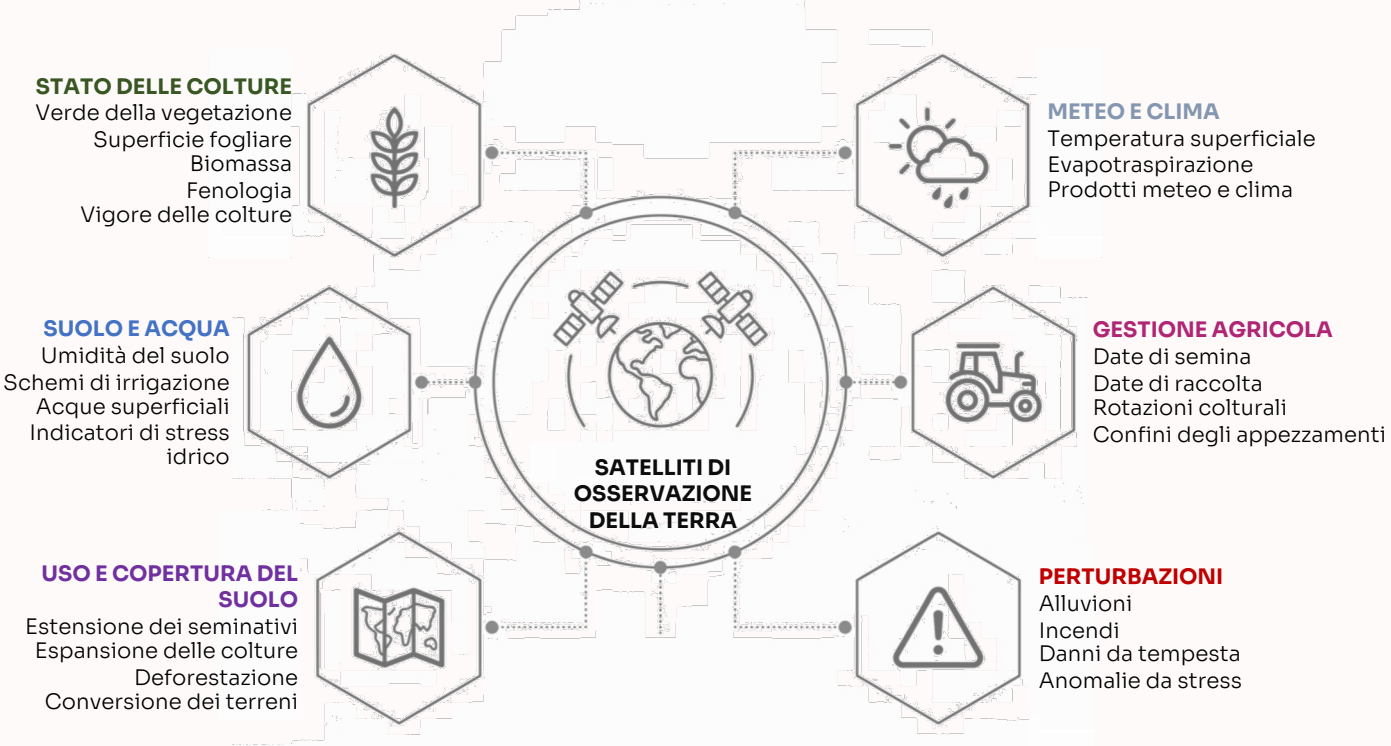
Che cosa può osservare il telerilevamento?

I MILLE VOLTI DELLA TERRA



Fonte: ESA

Che cosa può osservare il telerilevamento?



Il telerilevamento fornisce **osservazioni continue, oggettive e spazialmente esplicite** che consentono **il monitoraggio agricolo a scala locale, regionale e globale**.

Perché l’osservazione della Terra amplia il monitoraggio agricol

L’osservazione della Terra integra il monitoraggio tradizionale sul campo con osservazioni continue e scalabili nello spazio e nel tempo.

Monitoraggio tradizionale sul campo

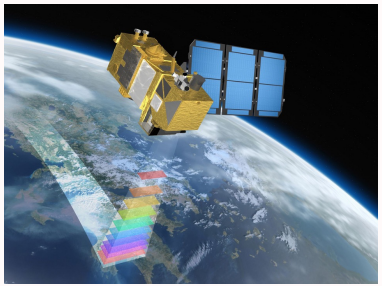




- Alta precisione locale
- Richiede molta manodopera
- Richiede molto tempo
- Copertura spaziale limitata
- Difficile da estendere

Osservazioni locali dettagliate

Osservazione della Terra dallo spazio



- Copertura di vaste aree
- Osservazioni frequenti
- Archivi storici
- Misure coerenti
- Monitoraggio quasi in tempo reale

Monitoraggio continuo e scalabile

Sia le **osservazioni di campo** sia l’**osservazione della Terra** sono essenziali.
Insieme forniscono informazioni complementari per il monitoraggio agricolo.

Dal campo al pianeta

Sentinel-2 rivisita ogni punto della Terra ogni cinque giorni, fornendo osservazioni coerenti per il monitoraggio agricolo a scala locale, regionale e globale.

COPERTURA GLOBALE DI SENTINEL-2



Fonte: ESA

Osservazioni coerenti raccolte nel tempo permettono di monitorare i sistemi agricoli a scale impossibili da raggiungere con le sole osservazioni di campo.

L’osservazione della Terra a diverse scale

Ogni decisione agricola richiede dati a una scala diversa, con compromessi tra **dettaglio spaziale, copertura e frequenza temporale**.

Campo
Submetrica–10 m

Agricoltori

Monitoraggio dello stato delle colture
Gestione a rateo variabile

Azienda
3–30 m

Gestori/ agronomi

Previsione delle rese
Zone di gestione

Regionale
10–30 m

Governo/ricercatori

Mappatura delle colture
Stima delle superfici

Nazionale
30–250 m

Governo/ministero

Statistiche agricole
Monitoraggio dell’uso del suolo

Globale
250 m–1 km+

Organizzazioni internazionali

Monitoraggio della sicurezza alimentare
Valutazione della siccità

Alto dettaglio spaziale → **Maggiore copertura geografica**

Decisioni agricole diverse richiedono scale di osservazione diverse. Scegliere i dati di osservazione della Terra giusti comporta sempre un equilibrio tra dettaglio spaziale, copertura, frequenza di rivisitazione e costo computazionale.

Punti di forza e limiti dell’osservazione della Terra

Punti di forza

- Monitoraggio coerente di vaste aree nello spazio e nel tempo.
- Le osservazioni multisensore forniscono informazioni complementari sui sistemi agricoli.
- Le missioni satellitari aperte hanno democratizzato il monitoraggio su scala globale.

Limiti

- La copertura nuvolosa limita le osservazioni ottiche.
- Compromessi tra risoluzione spaziale, temporale e spettrale.
- I satelliti misurano le condizioni della superficie, non direttamente i processi agricoli.
- Le osservazioni a terra restano essenziali per calibrazione e validazione.
- Enormi volumi di dati richiedono calcolo scalabile e approcci di modellazione robusti.

L’osservazione della Terra offre capacità di monitoraggio senza precedenti, ma trasformare le osservazioni in informazioni utilizzabili richiede **di integrare i dati satellitari con osservazioni di campo, conoscenze del settore e approcci di modellazione robusti.**

Domanda del quiz 1

Un’organizzazione umanitaria deve monitorare i potenziali rischi per la sicurezza alimentare in più paesi e aggiornare le valutazioni ogni poche settimane. Quale opzione è la più appropriata?

A

Voli con drone su villaggi selezionati

B

Monitoraggio satellitare da regionale a globale combinato con indicatori climatici

C

Immagini ad altissima risoluzione di poche aziende

D

Solo indagini di campo manuali

Risposta corretta: B. L’organizzazione ha bisogno di un’ampia copertura geografica e di aggiornamenti frequenti, anche se la risoluzione spaziale è più grossolana di quella del monitoraggio a livello di campo.

Dalle osservazioni alle decisioni

L’intelligenza artificiale integra più fonti di informazione agricola per generare indicazioni utili alle decisioni.



Osservazioni grezze

Immagini satellitari ▪ Clima ▪ Suolo ▪ Osservazioni di campo



Modelli di IA e integrazione dei dati

Apprendere schemi ▪ Integrare dati ▪ Estrarre informazioni



Informazioni utilizzabili

Mappe ▪ Previsioni ▪ Indicatori · Allerte



Supporto decisionale

Agricoltori ▪ Governi ▪ Organizzazioni umanitarie

L’IA trasforma osservazioni eterogenee in informazioni utilizzabili integrando l’osservazione della Terra con fonti di dati agricoli complementari.

Problemi diversi richiedono approcci di IA diversi

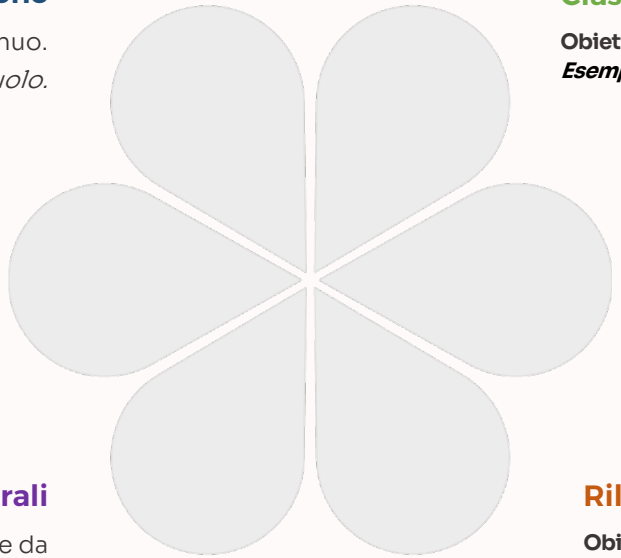
La scelta del metodo di IA dipende dal tipo di domanda a cui vogliamo rispondere e dall'informazione che vogliamo produrre.

Regressione

Obiettivo: prevedere un valore numerico continuo.
Esempio: *resa, biomassa, umidità del suolo.*

Classificazione

Obiettivo: assegnare una categoria a ogni osservazione.
Esempio: *tipi di coltura, uso del suolo.*



IA per l'agricoltura

Segmentazione semantica

Obiettivo: classificare ogni pixel di un'immagine.
Esempio: *delimitazione degli appezzamenti.*

Rilevamento di oggetti

Obiettivo: rilevare e localizzare singoli oggetti.
Esempio: *conteggio dei frutti, rilevamento delle infestanti.*

Previsione di serie temporali

Obiettivo: prevedere condizioni future da osservazioni passate.
Esempio: *previsione delle rese, previsione della siccità.*

Rilevamento di anomalie

Obiettivo: rilevare schemi insoliti o inattesi.
Esempio: *stress delle colture, guasti all'irrigazione.*

Problemi diversi richiedono approcci di IA diversi

Problema di IA	AA classico	Deep learning	Esempi in agricoltura
Regressione	Regressione lineare, regressore Random Forest, XGBoost, LightGBM	MLP, LSTM, Transformer temporale	Previsione delle rese, stima di biomassa, umidità del suolo e azoto
Classificazione	Regressione logistica, Random Forest, XGBoost, SVM	CNN (ResNet, EfficientNet), Vision Transformer (ViT)	Mappatura dei tipi di coltura, identificazione delle malattie, infestanti e colture
Rilevamento di oggetti	Raro nelle applicazioni moderne	YOLO, Faster R-CNN, RetinaNet, DETR	Conteggio di frutti, rilevamento di infestanti e bestiame, conteggio delle piante
Segmentazione	Raro nelle applicazioni moderne	U-Net, DeepLabV3+, Mask R-CNN, SegFormer	Delimitazione degli appezzamenti, mappatura di alluvioni e aree bruciate
Serie temporali/previsione	ARIMA, Random Forest, XGBoost	LSTM, GRU, Temporal Fusion Transformer (TFT), Transformer per serie temporali	Previsione di rese, crescita delle colture e fabbisogno irriguo
Rilevamento di anomalie	Isolation Forest, One-Class SVM	Autoencoder, autoencoder variazionali	Focolai di malattie, rilevamento dello stress, guasti all'irrigazione, crescita anomala

Scegliere l'approccio di IA giusto parte dalla comprensione del problema da risolvere.

Domanda del quiz 2

Un ministero vuole stimare la produzione nazionale di mais tre mesi prima del raccolto per pianificare le importazioni alimentari. Quale combinazione di immagini e metodo di IA è la più appropriata?

A

Immagini da drone ad altissima risoluzione combinate con un modello di rilevamento di oggetti (ad es. YOLO) per contare le singole piante.

B

Immagini satellitari nazionali ad alta risoluzione analizzate con una rete neurale convoluzionale (CNN) usando una sola immagine acquisita vicino alla data della previsione.

C

Una sola immagine satellitare ad alta risoluzione analizzata con un modello di segmentazione per delimitare gli appezzamenti.

D

Serie temporali di immagini satellitari regionali combinate con dati meteo e un modello di deep learning spazio-temporale per la previsione delle rese.

Risposta corretta: D. La previsione nazionale delle rese richiede ampia copertura, profondità temporale e integrazione tramite AA di dati di osservazione della Terra e climatici.



Campi agricoli in India
Image © 2026 Planet Labs PBC

L’IA per il monitoraggio agricolo

Il monitoraggio agricolo fornisce la consapevolezza della situazione necessaria per decisioni informate, dalla **gestione del campo alla politica nazionale**. **L’IA trasforma le osservazioni continue della Terra in informazioni tempestive e utilizzabili a più scale.**

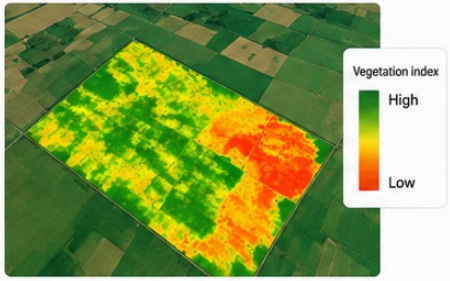
Apprendere la dinamica agricola nello spazio e nel tempo

Molti problemi agricoli dipendono anche da come le colture evolvono nel tempo.

1. SPATIAL ANALYSIS

Where is it happening?

Analyzes patterns within a single moment in time.



Captures spatial variability and context across a field or landscape.

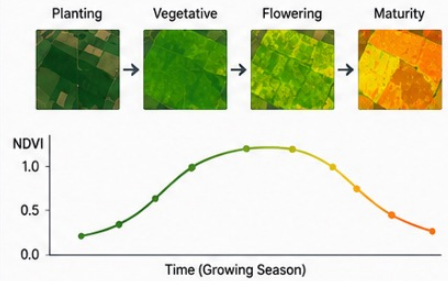
Esempi

- Variabilità all'interno del campo
- Mappe di umidità del suolo
- Zone di stress

2. TEMPORAL ANALYSIS

How is it changing over time?

Analyzes how a variable evolves over time.



Captures crop dynamics and seasonal trajectories.

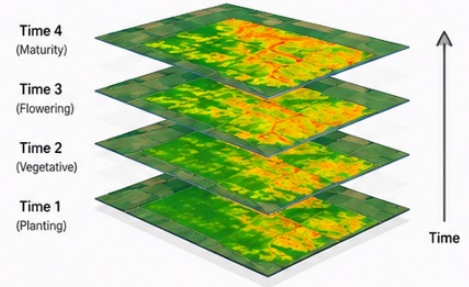
Esempi

- Stadi fenologici
- Previsione delle rese
- Monitoraggio della siccità nel tempo

3. SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS

Where and how is it changing?

Combines spatial patterns and temporal dynamics.



Captures how patterns change over time across space.

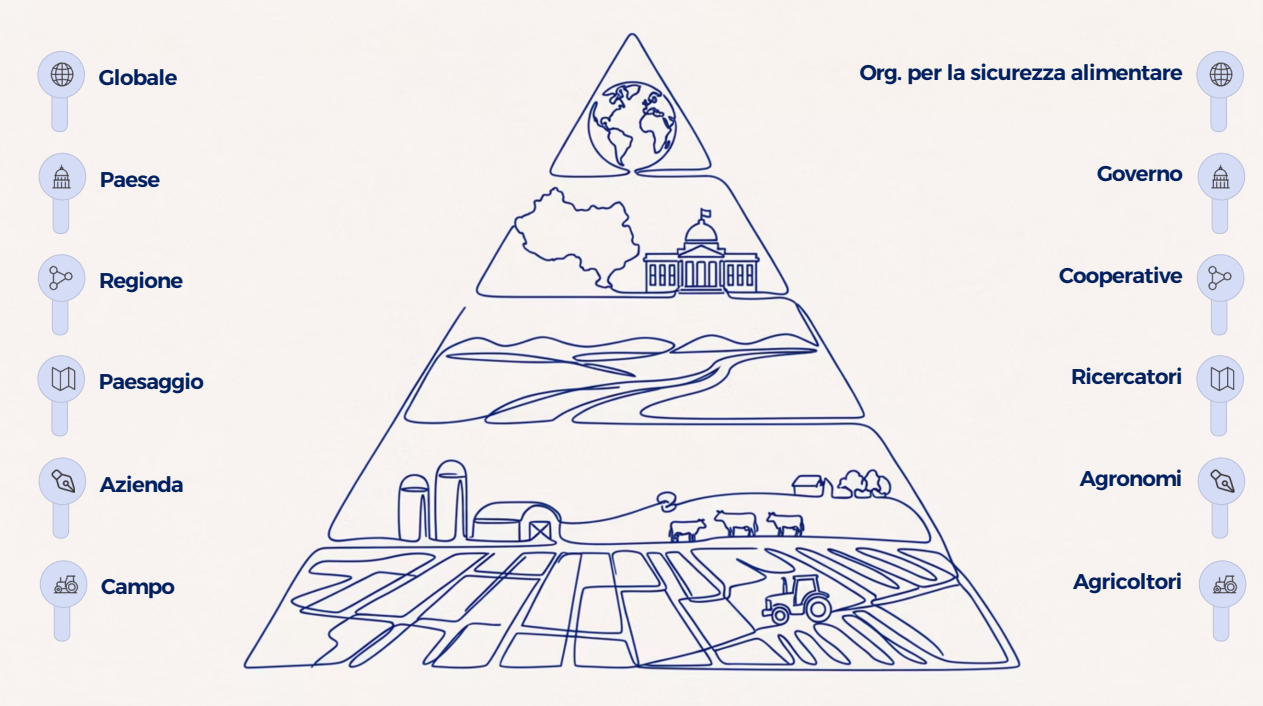
Esempi

- Previsione spazio-temporale delle rese
- Mappatura dei tipi di coltura
- Rilevamento dei cambiamenti e allerte

I modelli di IA agricola più potenti combinano contesto spaziale e dinamica temporale per capire come evolvono le colture.

L’IA a tutte le scale: dagli agricoltori ai decisori

La **scala della decisione** determina **i dati, i metodi di IA e i risultati necessari**.



Gli stessi dati di osservazione della Terra possono supportare decisioni molto diverse a seconda della scala spaziale.



Campi agricoli in Brasile
Image © 2026 Planet Labs PBC

Pausa

L’IA per il supporto decisionale nel campo e nell’azienda

Alla scala del campo e dell’azienda, l’IA rende possibile **l’agricoltura di precisione**: **l’intervento giusto, nel posto giusto, al momento giusto.**

Ciò migliora la produttività riducendo l’impatto ambientale dell’eccesso di input.

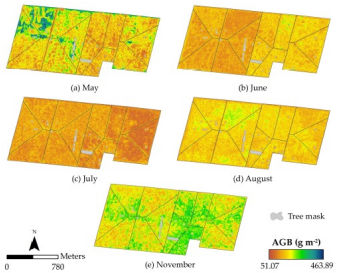


Immagine: Pixabay

Agricoltura di precisione:

L’input giusto, nel posto giusto, al momento giusto

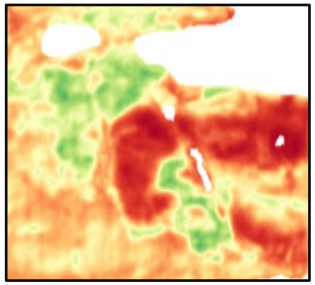
Applicare gli input (ad es. acqua, fertilizzanti, fitofarmaci) solo dove e quando servono, in base alla **variabilità interna al campo rilevata da IA e telerilevamento.**



Biomassa nel tempo

PlanetScope, XGBoost

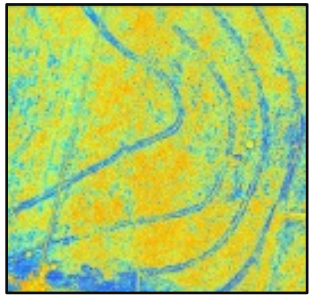
La crescita procede regolare o è in ritardo in alcune parti dei campi?



Previsione delle rese

Prodotto commerciale, metodologia proprietaria

Quanto renderà questo campo prima del raccolto? Come varia la resa all’interno del campo?



Stima dell’azoto

Drone + Sentinel-2, Random Forest

Dove ha bisogno questo campo di azoto adesso?



Mappa a rateo variabile

Prodotto commerciale, metodologia proprietaria

Quanto seme o fertilizzante, zona per zona

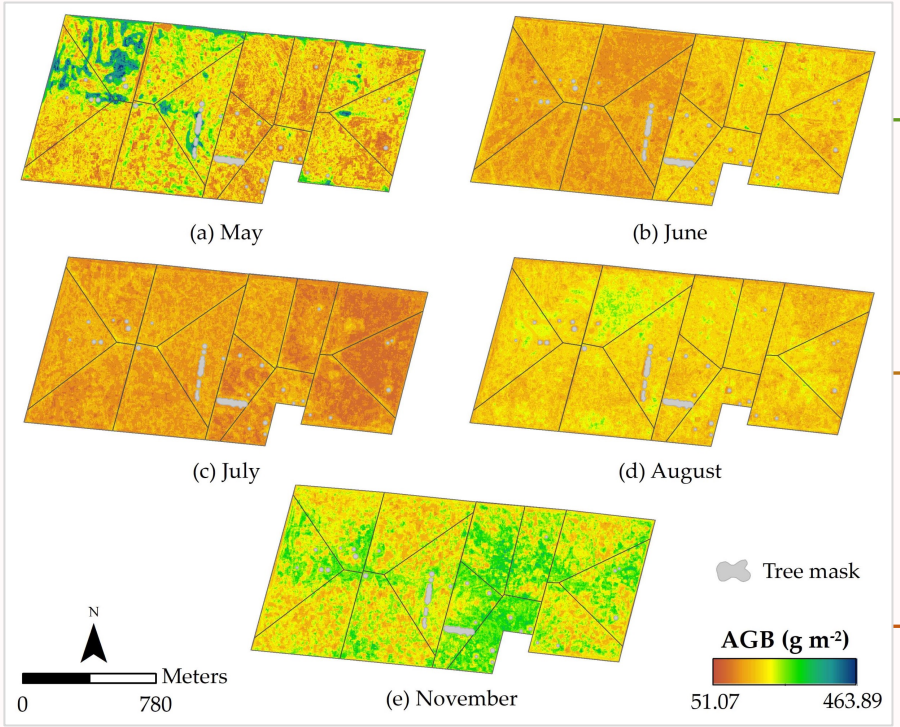
Fonti: Reis et al. (2020), Pereira et al. (2022).

Fonte: CORVIAN

Applicazioni dell’IA a livello di campo e azienda

Stima della biomassa nel tempo

Serie temporali PlanetScope + XGBoost/Random Forest, addestrati sulla biomassa epigea misurata in campo



QUESTO MESE

Dove pascolare o falciare

Portare gli animali nei paddock più verdi del mese; far riposare quelli arancioni.

PROSSIMO APPORTO

Dove concimare dopo

Zone che restano arancioni per due mesi o più, non tutto il campo.

ORIZZONTE PIÙ LUNGO

Dove indagare sul campo

Zone sempre basse, qualunque sia il mese: verificare ombra, drenaggio o compattamento prima di incolpare i nutrienti.

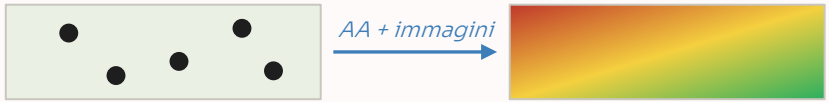
Fonte: Reis et al. (2020)

AGB = biomassa epigea

Applicazioni dell’IA a livello di campo e azienda

Stima dell’azoto: dai singoli punti alle mappe

Immagini da drone, PlanetScope e Sentinel-2 + Random Forest, addestrato sull’azoto misurato in campo



Tradizionale: pochi campioni puntuali

Telerilevamento: un valore per ogni pixel

CHE COSA MOSTRA LA MAPPA

Il campo non è uniforme

Alcune zone hanno bisogno di azoto ora; altre no: **un’istantanea di questa coltura, a questo stadio**.

CHE TIPO DI CONOSCENZA È

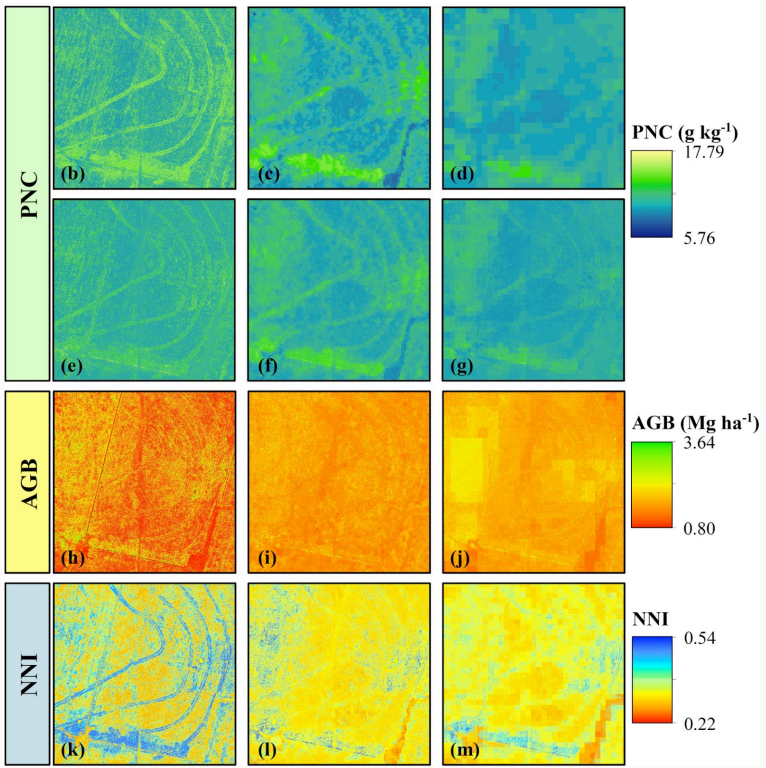
Un’istantanea in stagione

Legata al meteo e allo stadio di crescita di quest’anno: **sarà diversa il mese o la stagione prossima**.

COSA MANCA ANCORA

Sapere dove non è un piano

Trasformarlo in una dose applicabile è il passo successivo.



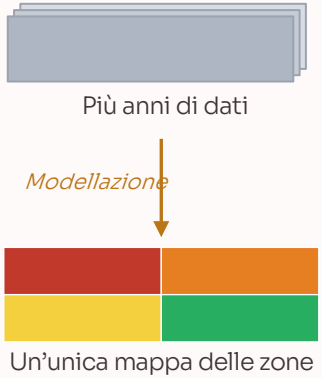
PNC = contenuto di N della pianta, AGB = biomassa epigea, NNI = indice di nutrizione azotata

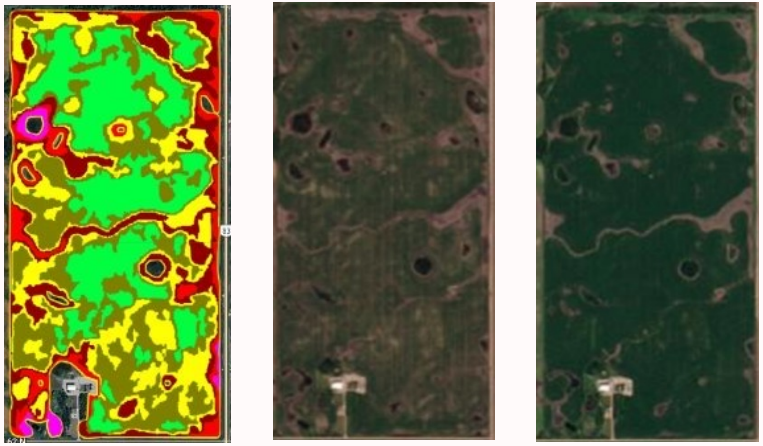
Fonte: Pereira et al. (2022)

Applicazioni dell’IA a livello di campo e azienda

Mappa a rateo variabile: trasformare le zone in azioni

Più anni di dati, modellati dal software proprietario di Corvian





COSA CAMBIA QUI

Uno schema stabile, non un’istantanea

Costruito su più anni di dati

LA DECISIONE

Dose esatta per zona, automatica

Dose di seme o fertilizzante caricata direttamente sulle macchine.

PERCHÉ CONTANO ENTRAMBI

Input giusto, posto giusto

Adattare gli input alla **reale variabilità del campo** aumenta la redditività e **riduce l’eccesso di fertilizzanti e acqua** : un sostegno diretto a un’agricoltura climaticamente intelligente ed efficiente nell’uso delle risorse.

Applicazioni dell’IA a livello di campo e azienda

Mappe di previsione delle rese

Modellato dal software proprietario di Corvian

PRIMA DEL RACCOLTO

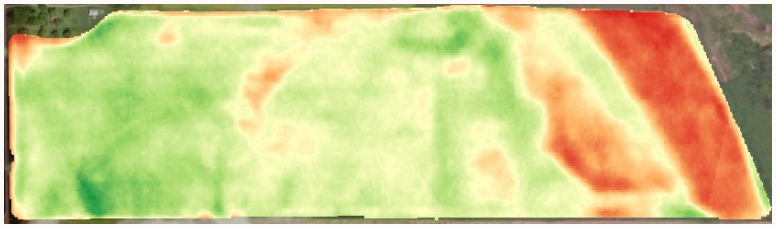
Pianificare stoccaggio, vendite, logistica e sequenza

RACCOLTO

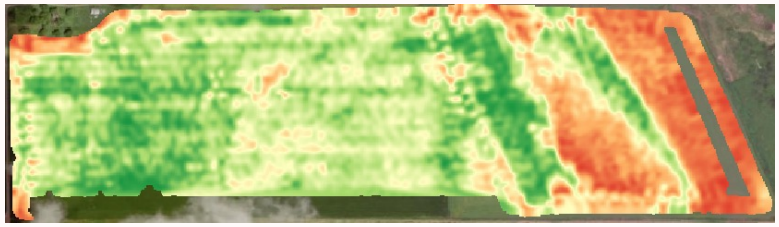
La mietitrebbia registra ciò che è realmente accaduto

DOPO IL RACCOLTO

Validare il modello, diagnosticare le zone a bassa resa persistente, alimentare i modelli della stagione successiva



Mappa di previsione delle rese



Mappa generata dal monitor di resa della mietitrebbia

La resa media riassume la prestazione. Le mappe di resa mostrano dove la gestione può migliorare la produttività.

L’IA per le decisioni a scala regionale e nazionale

A scala regionale e nazionale la domanda cambia completamente: **quali colture si coltivano, dove stanno cambiando e come evolvono i sistemi agricoli nel tempo?**

Man mano che pratiche climaticamente intelligenti come colture di copertura, semina su sodo e sistemi integrati si diffondono, i paesaggi agricoli diventano più diversi e più difficili da monitorare con gli approcci convenzionali.

L’IA aiuta a cogliere questi schemi spaziali e temporali complessi, consentendo un monitoraggio agricolo accurato a scala regionale e nazionale.



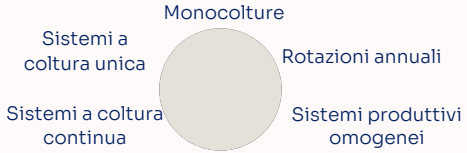
Campi agricoli in Francia
Image © 2026 Planet Labs PBC

Applicazioni dell’IA a scala regionale e nazionale

L’agricoltura climaticamente intelligente sta cambiando i paesaggi agricoli

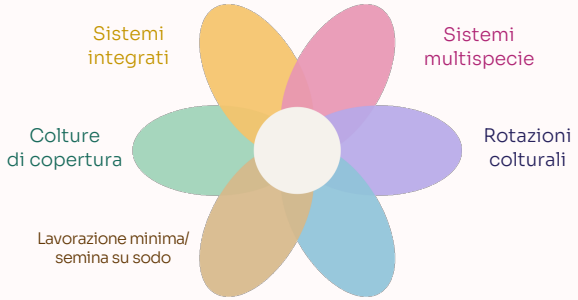
I sistemi agricoli si stanno diversificando per migliorare resilienza, salute del suolo e sostenibilità.

Sistemi agricoli convenzionali



Transizione climaticamente intelligente

Sistemi diversificati e rigenerativi

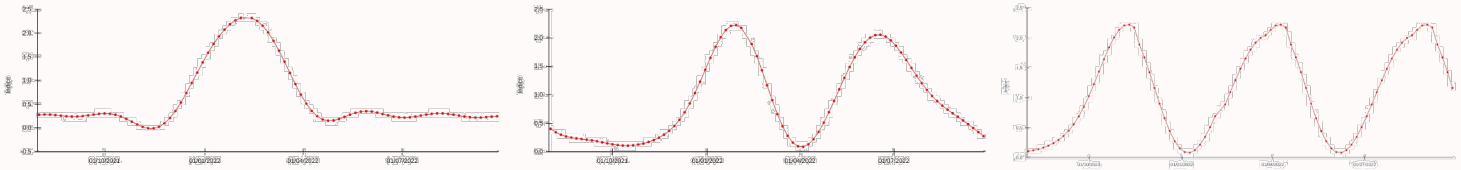


L’agricoltura climaticamente intelligente crea sistemi produttivi più sani e resilienti.

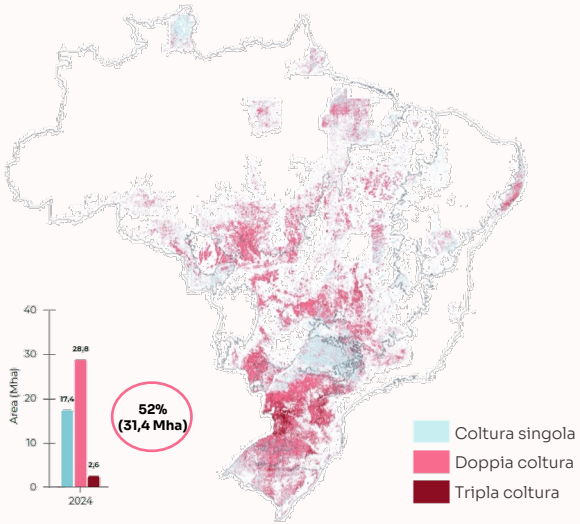
Applicazioni dell'IA a scala regionale e nazionale

Sistemi agricoli più complessi richiedono un monitoraggio più avanzato

I paesaggi agricoli stanno passando da sistemi colturali relativamente semplici a sistemi di gestione dinamici, con una complessità temporale crescente.







Fonte: adattato da MapBiomas

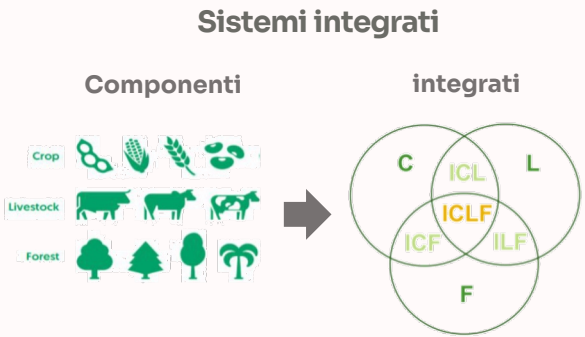
Perché questi sistemi sono più difficili da monitorare?

- → Colture simili in stadi di crescita diversi
- → Più cicli colturali nello stesso anno
- → Dinamiche stagionali
- → Colture di copertura a ciclo breve
- → Elevata variabilità temporale
- → Firme spettrali simili

Cogliere queste dinamiche spaziali e temporali complesse richiede approcci di IA più robusti.

Applicazioni dell'IA a scala regionale e nazionale

Caso di studio: *mappare sistemi agricoli complessi con il deep learning, il caso dei sistemi integrati coltura-allevamento (ICLS) in Brasile*

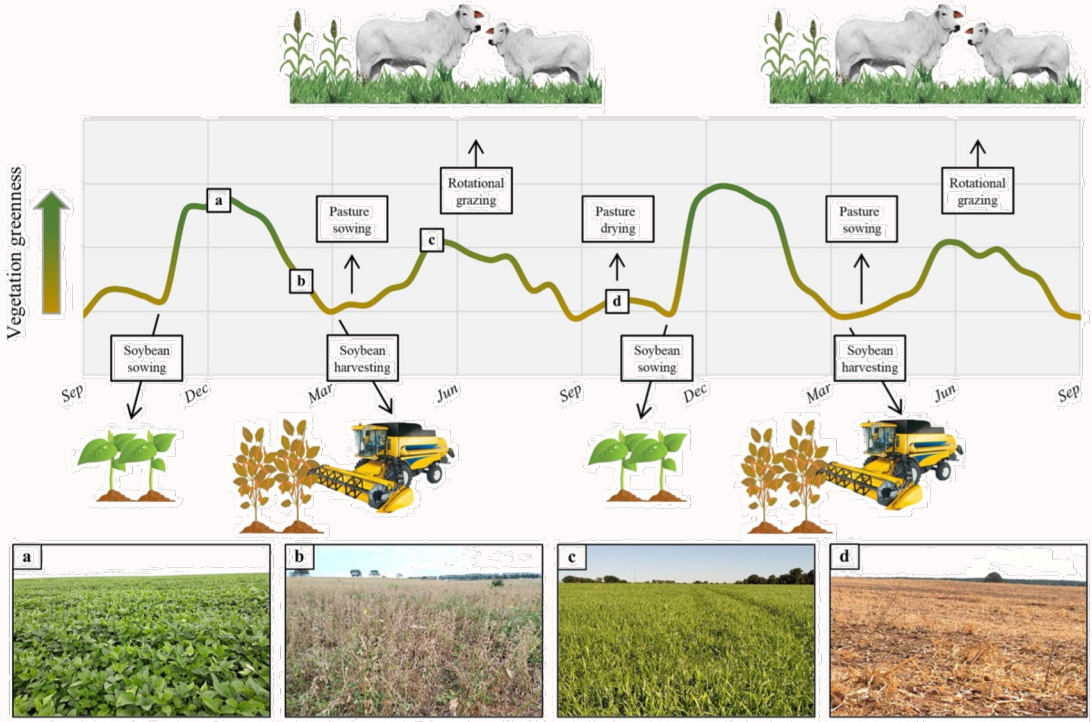


Superficie totale degli ICLS in Brasile:

~17 milioni di ettari



Fonte: Rete ILPF (2023, 2026)

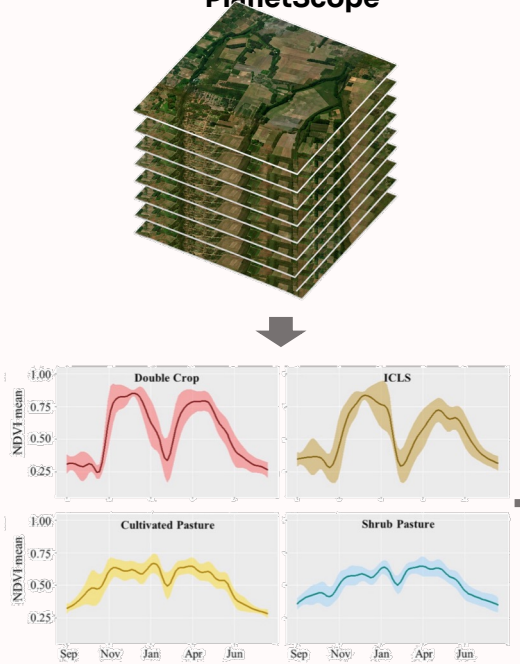


Fonte: Bueno et al. (2023)

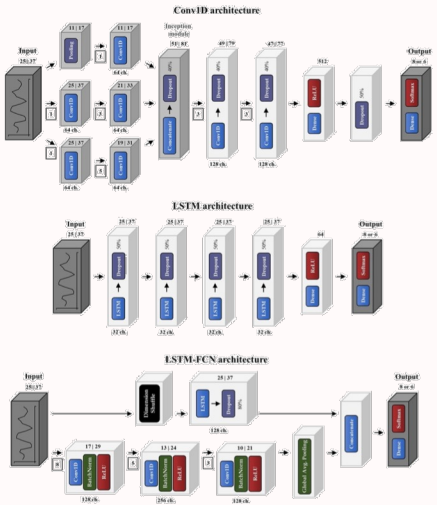
Applicazioni dell'IA a scala regionale e nazionale

Caso di studio: *mappare sistemi agricoli complessi con il deep learning, il caso dei sistemi integrati coltura-allevamento (ICLS) in Brasile*

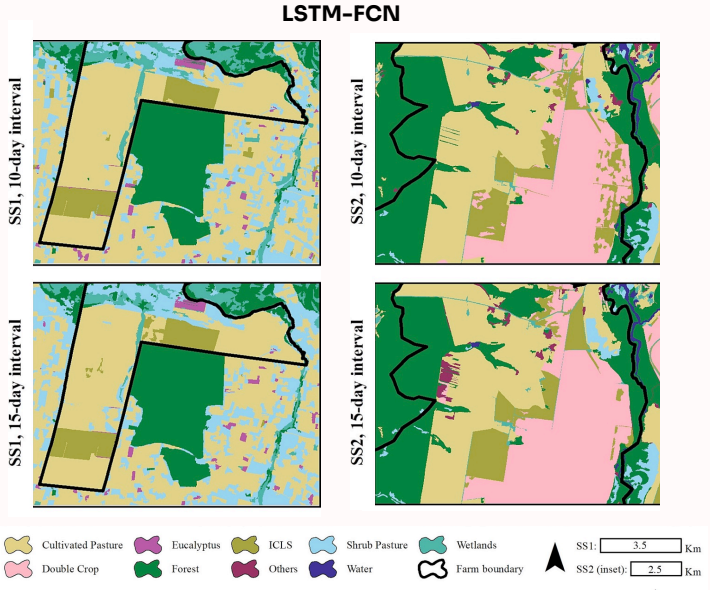
Serie temporali PlanetScope



Classificatori a reti neurali profonde



Mappatura degli ICLS



Accuratezza per classe degli ICLS:
PA (accuratezza del produttore) = 97,0%;
UA (accuratezza dell'utente) = 97,0% per SS1 (sito di studio 1)
PA = 82,0%; UA = 96,5% per SS2 (sito di studio 2).

Fonte: adattato da Bueno et al. (2023)

Applicazioni dell'IA a scala regionale e nazionale

Perché è importante mappare i sistemi integrati?

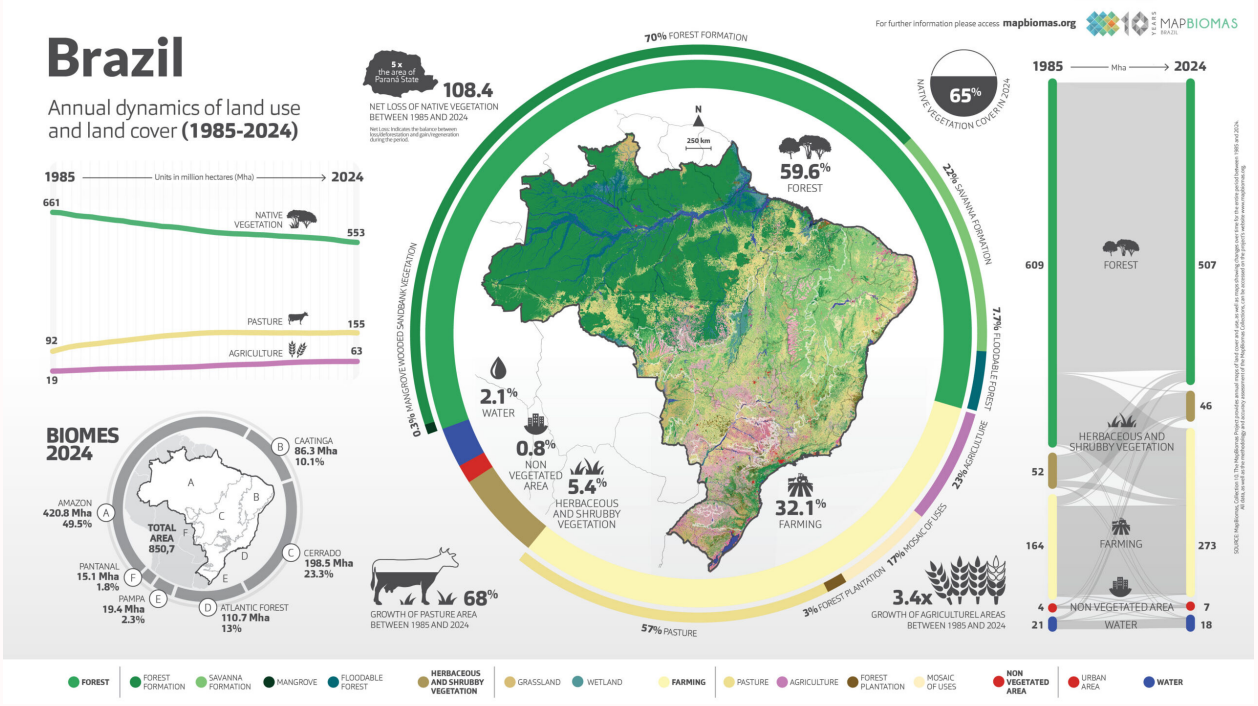
Mappe migliori consentono decisioni migliori per molti attori.



Applicazioni dell'IA a scala regionale e nazionale

Caso di studio: *MapBiomas*

*MapBiomas è un'**iniziativa brasiliana multi-istituzionale** che coinvolge ONG, università e aziende tecnologiche e mappa la copertura e l'uso del suolo e i loro cambiamenti in Brasile.*



40 anni
1985–2024, continui

30 m e 10 m (collezione beta)
Risoluzione Landsat e Sentinel-2

9 mld+
pixel classificati/anno

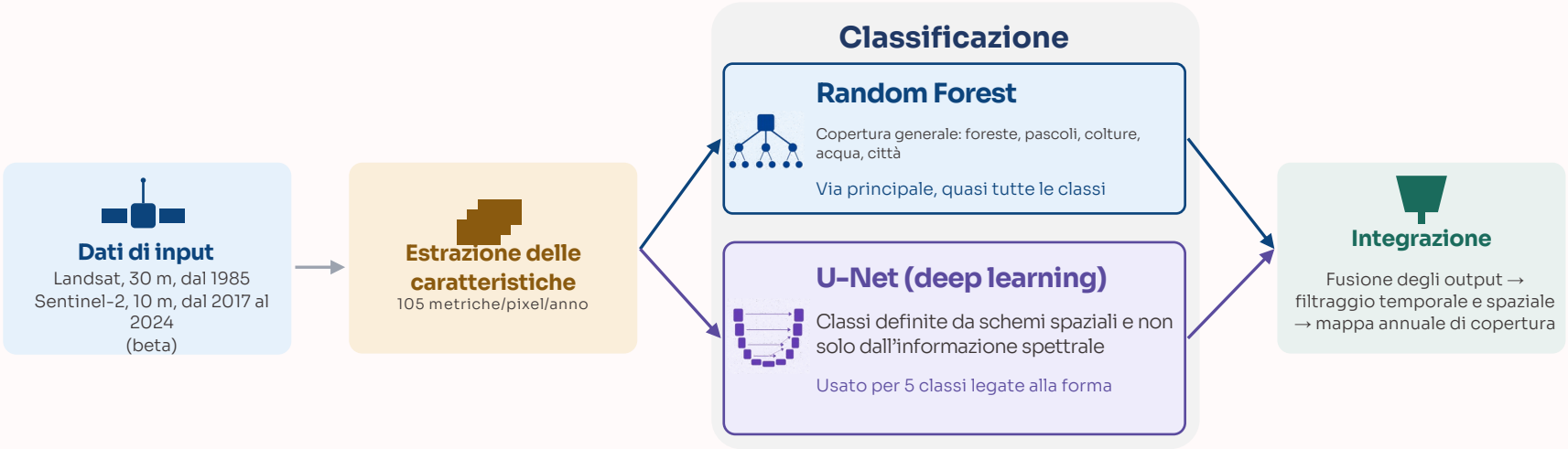
+30
classi di copertura e uso del suolo

Fonte: MapBiomas Brasile, collezione 10

Applicazioni dell'IA a scala regionale e nazionale

Caso di studio: *MapBiomas*

MapBiomas adatta il modello al problema: Random Forest per la copertura generale, U-Net per le classi legate alla forma.



Il modello giusto per il problema giusto.

Scegliere l'algoritmo giusto per ogni problema, invece di affidarsi a un unico modello per tutto, permette a MapBiomas di coprire un intero paese mantenendo un'elevata accuratezza per le classi complesse legate alla forma.

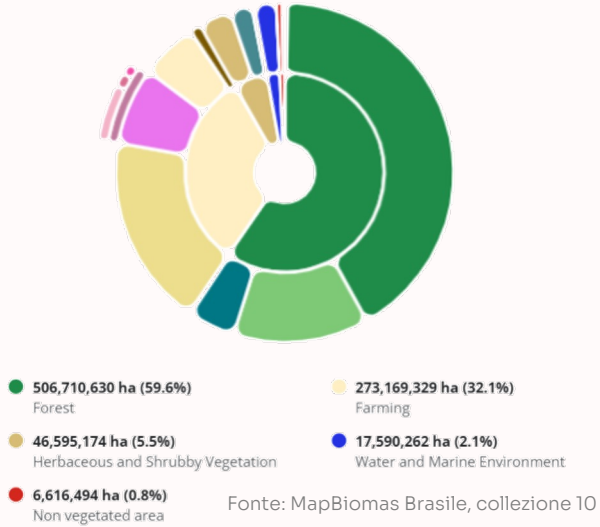
Fonte: MapBiomas Brasile, collezione 10

Applicazioni dell'IA a scala regionale e nazionale

Perché è importante: decisioni rese possibili da MapBiomas

- *I prodotti di MapBiomas alimentano direttamente la governance ambientale del Brasile e funzionano come infrastruttura operativa, non solo come prodotto di ricerca.*

Copertura per classe – 2024



Fonte: MapBiomas Brasile, collezione 10

Processo decisionale

→ Sostenere politiche e programmi
→ Valutare l'efficacia delle politiche
→ Sostenere il contrasto alla deforestazione
→ Informare la contabilità del carbonio
→ Garantire la conformità del credito rurale
→ Orientare la gestione degli incendi
→ Sostenere la gestione delle risorse idriche
→ Dare priorità alla conservazione
→ Sostenere la ricerca globale
→ Far rispettare il regime fondiario

Un'unica base di evidenze, trasparente e pubblica, indipendente da qualsiasi governo, consente a governo, tribunali, ONG e organismi internazionali di agire sugli stessi fatti.

L’IA per le decisioni su scala globale

Su scala globale dobbiamo sapere **dove si coltiva, quanto si produce e dove possono emergere rischi per la produzione.**

Il monitoraggio globale delle colture si scontra con **lacune nei dati, una copertura disomogenea delle indagini e stagioni sfasate tra gli emisferi.**

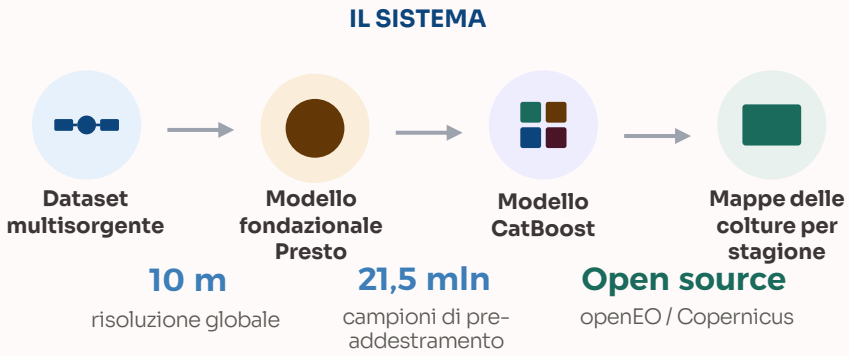
L’IA combinata con più fonti di dati offre una visione globale dell’agricoltura, a supporto delle valutazioni sulla sicurezza alimentare e delle decisioni di allerta precoce.



Applicazioni dell'IA su scala globale

ESA WorldCereal

WorldCereal è un progetto di ricerca finanziato dall'Agenzia spaziale europea che mira a offrire un sistema di elaborazione gratuito nel cloud per generare prodotti personalizzati ad alta risoluzione sulla localizzazione e il tipo delle colture, a scala locale e globale.



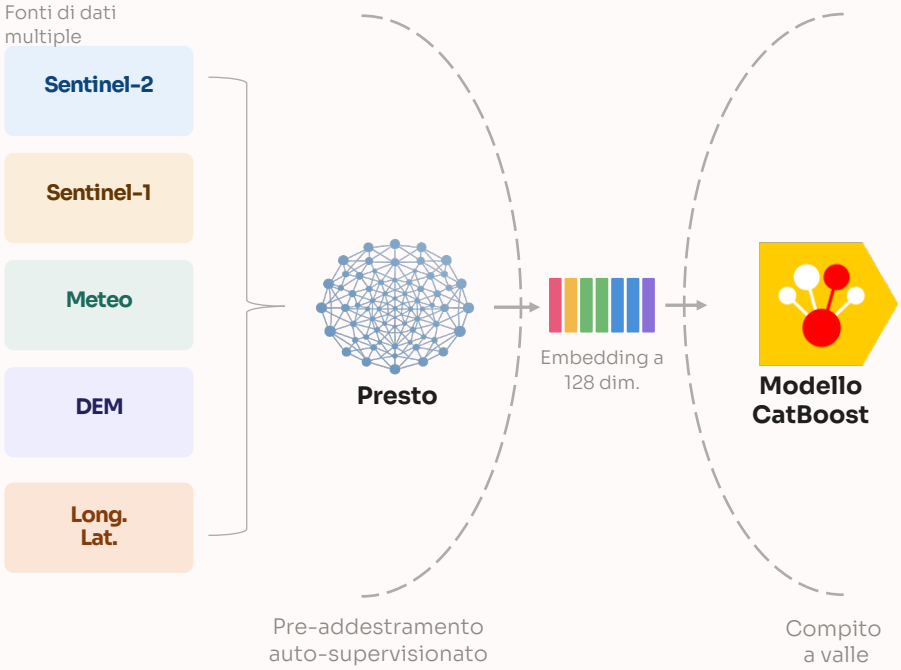


Mappa WorldCereal delle colture temporanee a 10 m di risoluzione per il 2021.
Fonte: ESA WorldCereal, 2026.

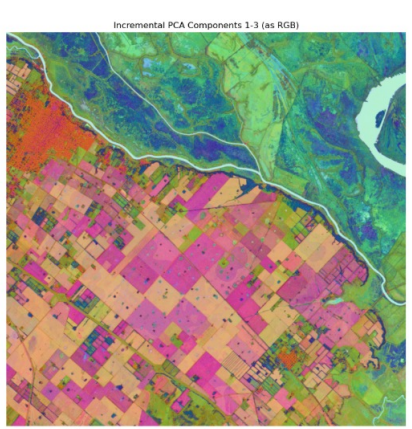
Applicazioni dell'IA su scala globale

Modelli fondazionali geospaziali: *Presto, Pretrained Remote Sensing Transformer*

Il modello pre-addestrato alla base della classificazione delle colture di WorldCereal.



- → Sviluppato da **NASA Harvest (Tseng et al., 2023)**
- → **Impara da milioni di dati non etichettati**
- → Rappresenta **serie temporali multimodali come un unico vettore di embedding a 128 dimensioni**
- → Addestra la mappatura delle colture a valle con elevata capacità di generalizzazione
- → Aggiornato per WorldCereal per usare molte meno etichette



Esempio visivo di embedding Presto calcolati dinamicamente in un'area vicino a Buenos Aires, in Argentina. I 128 embedding sono visualizzati qui tramite una PCA ridotta a tre componenti RGB. ***Fonte: ESA WorldCereal***

Applicazioni dell'IA su scala globale

GEOGLAM Global Crop Monitor

GEOGLAM (Group on Earth Observations Global Agricultural Monitoring) *è un'iniziativa del G20 che coordina osservazione della Terra, informazioni agroclimatiche e competenze esperte per rafforzare il monitoraggio agricolo e sostenere la sicurezza alimentare globale.*

*Il **GEOGLAM Global Crop Monitor** è il prodotto di punta di GEOGLAM: una valutazione globale mensile dello stato delle colture che combina prodotti di osservazione della Terra (compresi dataset derivati dall'IA), informazioni agroclimatiche, osservazioni di campo e il consenso degli esperti delle agenzie partner internazionali.*

INPUT

Estensione delle colture
Maschere dei seminativi e mappe delle colture da più fonti, inclusi prodotti derivati dall'IA come ESA WorldCereal, ove disponibili.

Osservazione della Terra
Indicatori satellitari dello stato della vegetazione, tra cui NDVI, fAPAR e anomalie della vegetazione.

Condizioni agroclimatiche
Precipitazioni, temperatura, umidità del suolo, evapotraspirazione e indicatori di siccità.

Osservazioni di campo
Rapporti nazionali e osservazioni sul posto delle agenzie partner.

VALUTAZIONE DEGLI ESPERTI

Esperti regionali e nazionali valutano in modo indipendente lo stato delle colture.

Le divergenze vengono esaminate con più linee di evidenza.

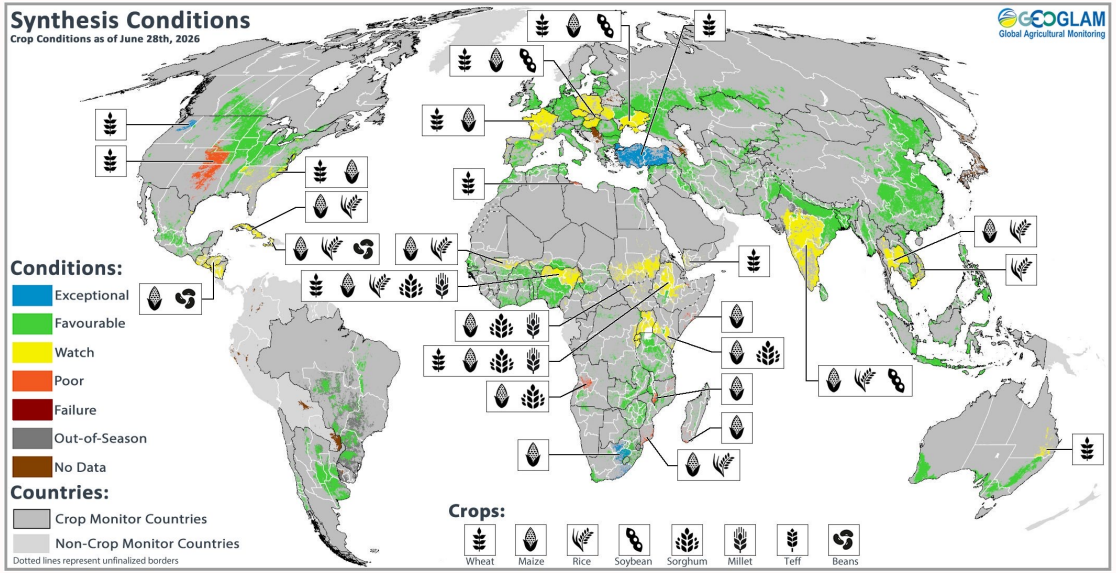
Gli esperti discutono le valutazioni regionali e raggiungono un consenso prima della pubblicazione.

Le valutazioni condivise sono pubblicate nel Crop Monitor mensile.

Applicazioni dell'IA su scala globale

GEOGLAM Global Crop Monitor

Sintesi del Crop Monitor for AMIS (Agricultural Market Information System), del Crop Monitor for Early Warning e di contributi diretti di singoli paesi.



Lo stato delle colture nelle principali aree di produzione si basa su dati ***che includono telerilevamento, osservazioni a terra, rapporti di campo ed esperti nazionali e regionali****.*

Decisioni supportate

- Allerta precoce sui rischi per la produzione alimentare
- Pianificazione della risposta umanitaria
- Trasparenza dei mercati e valutazioni della sicurezza alimentare
- Preparazione nazionale e coordinamento internazionale

Fonte: GEOGLAM Crop Monitor (12 luglio 2026)

Applicazioni dell’IA su scala globale

L’IA rende possibile il monitoraggio globale; l’esperienza umana, decisioni affidabili.

Che cosa permette l’IA

• Monitorare lo stato delle colture in modo coerente tra paesi e continenti.

• Rilevare i primi segnali di siccità, stress delle colture e rischi per la produzione.

• Produrre in tempo utile e su larga scala prodotti di osservazione della Terra impossibili da realizzare manualmente.

• Fornire informazioni oggettive e ripetibili per il monitoraggio agricolo globale.

Perché serve l’essere umano nel ciclo

• Interpretare i risultati dell’IA con conoscenze locali e contesto reale.

• Valutare l’incertezza prima di agire su decisioni ad alto impatto.

• Risolvere evidenze contrastanti tra più fonti di dati.

• Combinare le indicazioni dell’IA con il giudizio esperto e le osservazioni di campo.

• Garantire trasparenza e responsabilità nelle decisioni operative.

L’IA amplia l’informazione. La competenza umana la trasforma in decisioni affidabili.

Più è ampia la scala della decisione, più diventa importante combinare l’IA con competenza umana, trasparenza e collaborazione istituzionale.

Domanda del quiz 3

Un paese sta adottando un sistema di allerta precoce per la siccità basato sull'IA per orientare l'assistenza alimentare di emergenza. Quale scelta progettuale ha più probabilità di migliorare il processo decisionale?

A

Massimizzare l'accuratezza predittiva con un modello complesso di deep learning.

B

Produrre previsioni alla risoluzione spaziale più fine possibile.

C

Combinare previsioni affidabili con stime di incertezza e fornire i risultati in un formato che le agenzie locali possano facilmente interpretare e utilizzare.

D

Privilegiare un modello impiegabile a livello globale senza adattamento regionale.

Risposta corretta: C. Combinare previsioni affidabili con stime di incertezza e fornire i risultati in un formato che le agenzie locali possano facilmente interpretare e utilizzare.

Limiti, IA responsabile e sfide reali

Limiti tecnici

- Disponibilità e qualità limitate dei dati di addestramento
- Bias geografico: i modelli addestrati in una regione possono non generalizzare ad altre
- Trasferibilità limitata tra colture, regioni e sistemi di gestione
- Non stazionarietà del clima: il passato può non prevedere il futuro
- L'incertezza delle previsioni aumenta con condizioni ambientali che cambiano

Aspetti di IA responsabile

- Interpretabilità e trasparenza dei risultati dei modelli
- Accessibilità ed equità: chi beneficia degli strumenti di IA?
- Rischi di un'eccessiva dipendenza dall'IA nelle decisioni ad alto rischio
- Comunicare chiaramente l'incertezza ai decisori
- Valutare i modelli in base alle decisioni che devono supportare

⚠ **I risultati dell'IA devono supportare le decisioni, non sostituire il giudizio esperto né essere trattati come verità a terra.**

Prospettive e opportunità di ricerca

L'IA si sta evolvendo da modelli specifici verso sistemi integrati, riutilizzabili e accessibili per l'osservazione della Terra.

Evoluzione tecnologica

Embedding terrestri

Rappresentazioni generali della superficie terrestre adattabili a più compiti a valle.

Modelli fondazionali

Grandi modelli pre-addestrati che possono essere perfezionati per un'ampia gamma di compiti di osservazione della Terra.

Apprendimento multimodale

Modelli che apprendono congiuntamente da immagini satellitari, meteo, suolo, gestione e testo.

Democratizzare l'accesso

Dati aperti

Maggiore disponibilità di dati agricoli e ambientali di qualità per ricerca e sviluppo.

Strumenti open source

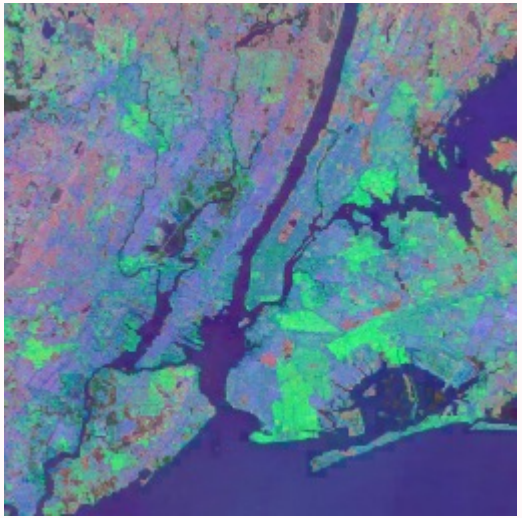
Gli strumenti open source rendono i metodi di IA avanzati più accessibili e riproducibili.

Accessibilità globale

Ridurre le barriere per ricercatori e professionisti, soprattutto nelle regioni con pochi dati.

> Sistemi di IA integrati che combinano osservazione della Terra, clima, gestione e dati di campo per generare informazioni utilizzabili per decisioni climaticamente intelligenti.

Prospettive e opportunità di ricerca



Esempio di embedding annuali AlphaEarth

Fonte: Google Earth Engine Data Catalog; Google DeepMind.

Modelli fondazionali ed embedding terrestri

Invece di addestrare modelli separati per ogni compito agricolo, i modelli fondazionali apprendono rappresentazioni generali della superficie terrestre adattabili a molte applicazioni a valle.

Applicazioni potenziali

- Mappatura delle colture
- Monitoraggio delle colture
- Monitoraggio dell'uso del suolo
- Rilevamento dei cambiamenti
- Stima della biomassa

Limiti attuali

- Pensati per l'analisi storica più che per il monitoraggio in stagione
- Gli embedding annuali possono fondere più stagioni colturali
- Le dinamiche agricole fini possono perdersi in sistemi molto stagionali
- Richiedono un perfezionamento specifico per le applicazioni agricole operative

Prossimi passi concreti

Continuate a esplorare l'IA per l'agricoltura e la sicurezza alimentare

Esplorare i dati

→ Embedding AlphaEarth (Google Earth Engine)
→ ESA WorldCereal
→ MapBiomas
→ Fields of the World
→ Dataset di riferimento (ad es. CY-Bench)

Esplorare dataset reali per l'IA agricola.

Costruire con strumenti aperti

→ Google Earth Engine
→ Python (leafmap, geemap)
→ Google Colab

Creare e testare flussi di lavoro di IA con strumenti open source.

Fare pratica e sperimentare

→ Esplorare tutorial e notebook
→ Riprodurre flussi di lavoro pubblicati
→ Perfezionare modelli fondazionali

Pratica con notebook e flussi di lavoro reali.

Unirsi alla comunità

→ Climate Change AI
→ NASA Harvest
→ GEOGLAM
→ IEEE GRSS

Luoghi per continuare a imparare e confrontarsi con i professionisti.

Risorse: AlphaEarth Colab Notebook · AlphaEarth Dataset (GEE) · CY-Bench (Crop Yield Benchmark) · WorldCereal (GitHub) · MapBiomas



Campi agricoli nel mondo
Immagini © 2026 Planet Labs PBC

Climate Change AI
Scuola estiva virtuale 2026

Grazie!

Dott.ssa Aliny Reis
Ricercatrice senior in telerilevamento · Corvian

alinyreis@hotmail.com
aliny.reis@corvian.com

linkedin.com/in/aliny-reis

Decisioni migliori nascono da informazioni migliori.

L'IA trasforma le osservazioni della Terra in informazioni utilizzabili, per decisioni agricole migliori, dal singolo campo alla sicurezza alimentare globale.