Affrontare il cambiamento climatico con il machine learning

Scuola estiva virtuale Climate Change AI 2026

Maria João Sousa, David Rolnick, Priya L. Donti

Climate Change AI

Indice della lezione

Perché	Inquadramento: cambiamento climatico e azione climatica
Cosa	Inquadramento: IA e machine learning (ML)
Cosa	Ruoli tecnologici dell'IA per l'azione climatica
Come	Considerazioni per sviluppo e implementazione
Quali	Approcci di machine learning ai problemi climatici
Come	Buone pratiche in primo piano: approcci, risorse e strumenti

Il cambiamento climatico richiede un’azione rapida

Gli impatti si avvertono in tutto il mondo

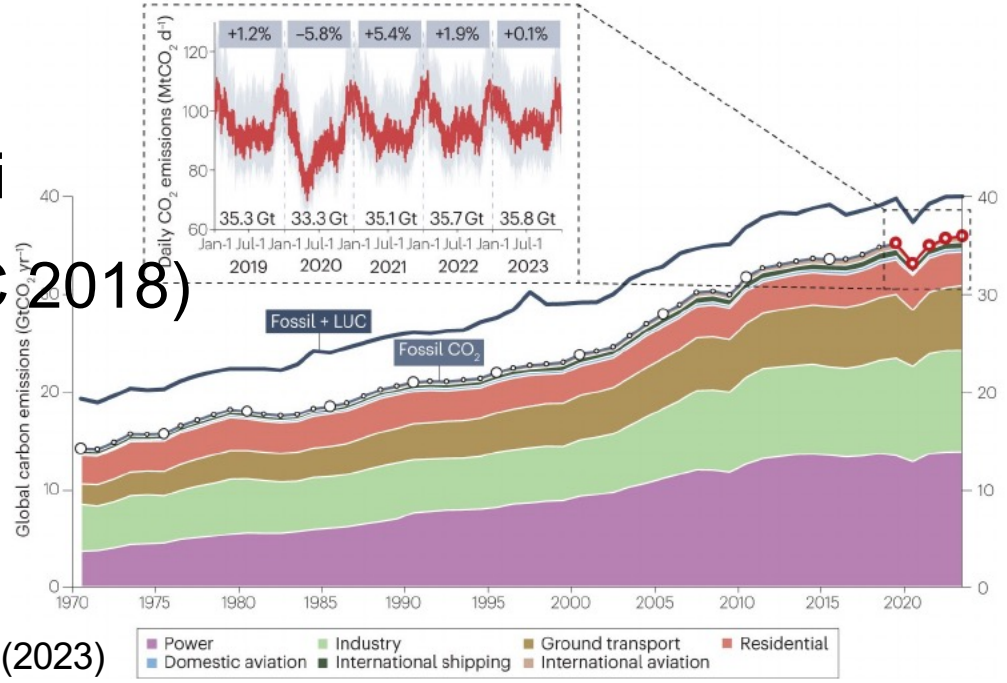


Colpisce in modo sproporzionato
le popolazioni più vulnerabili

Limitare il riscaldamento a 1,5 °C:

- richiede emissioni nette zero di CO_2 e forti tagli agli altri gas serra entro il 2050 (IPCC 2018)

Le emissioni aumentano ancora ogni anno



Fonte dell’immagine: Liu et al (2023)

💬Scrivete la risposta nella chat di Zoom

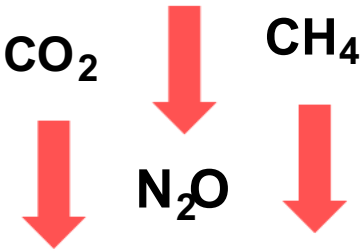
Indicate un esempio di approccio per affrontare il cambiamento climatico.

Potete scegliere un esempio particolarmente rilevante per il vostro paese o contesto locale.

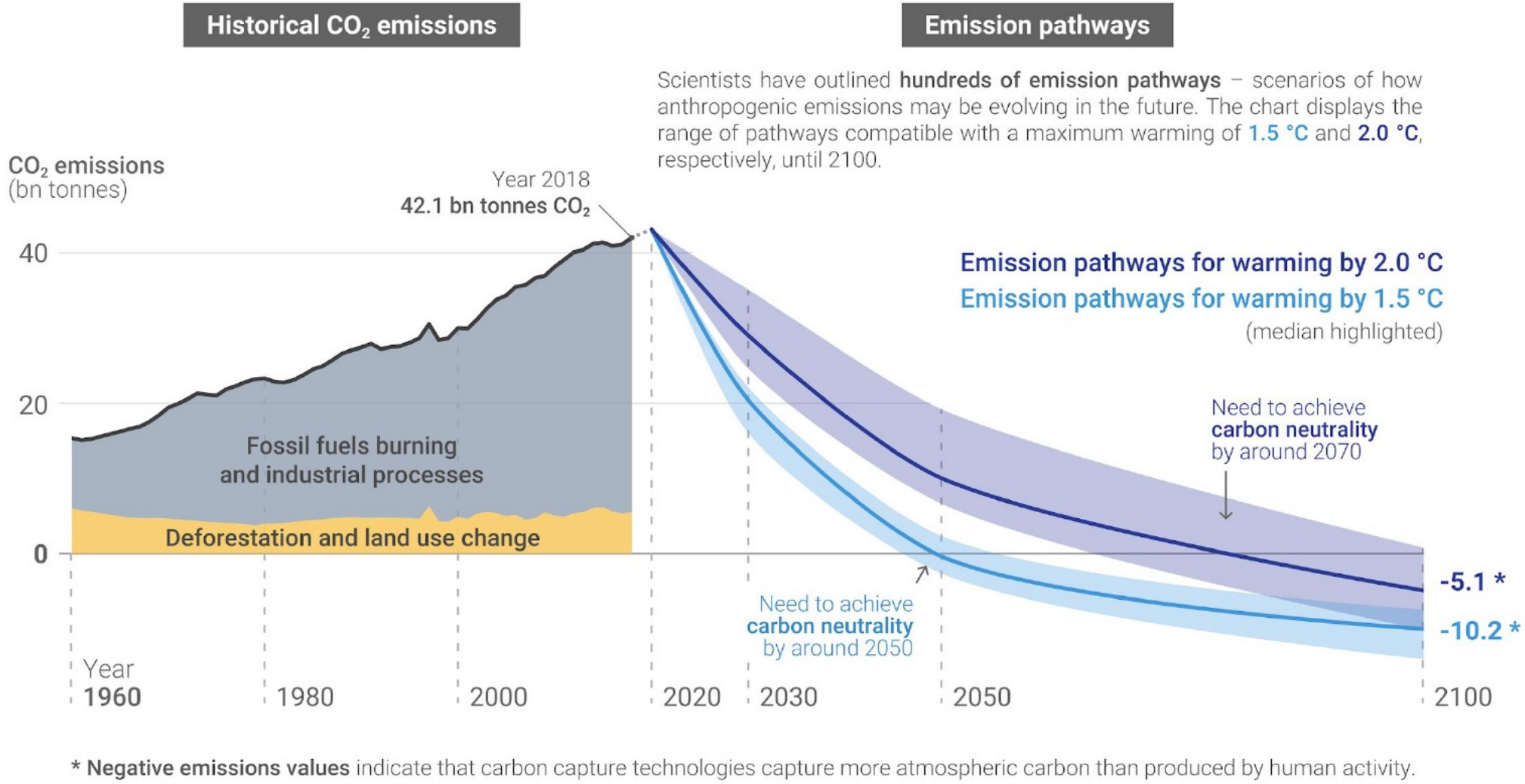
Che cosa significa affrontare il cambiamento climatico

Mitigazione Azioni che riducono la velocità del cambiamento climatico

Ridurre o evitare le emissioni di gas serra



Quale percorso per limitare il riscaldamento globale a 1,5 °C?



Fonte: factsonclimate.org/emission-pathways-paris

Settori della mitigazione del cambiamento climatico

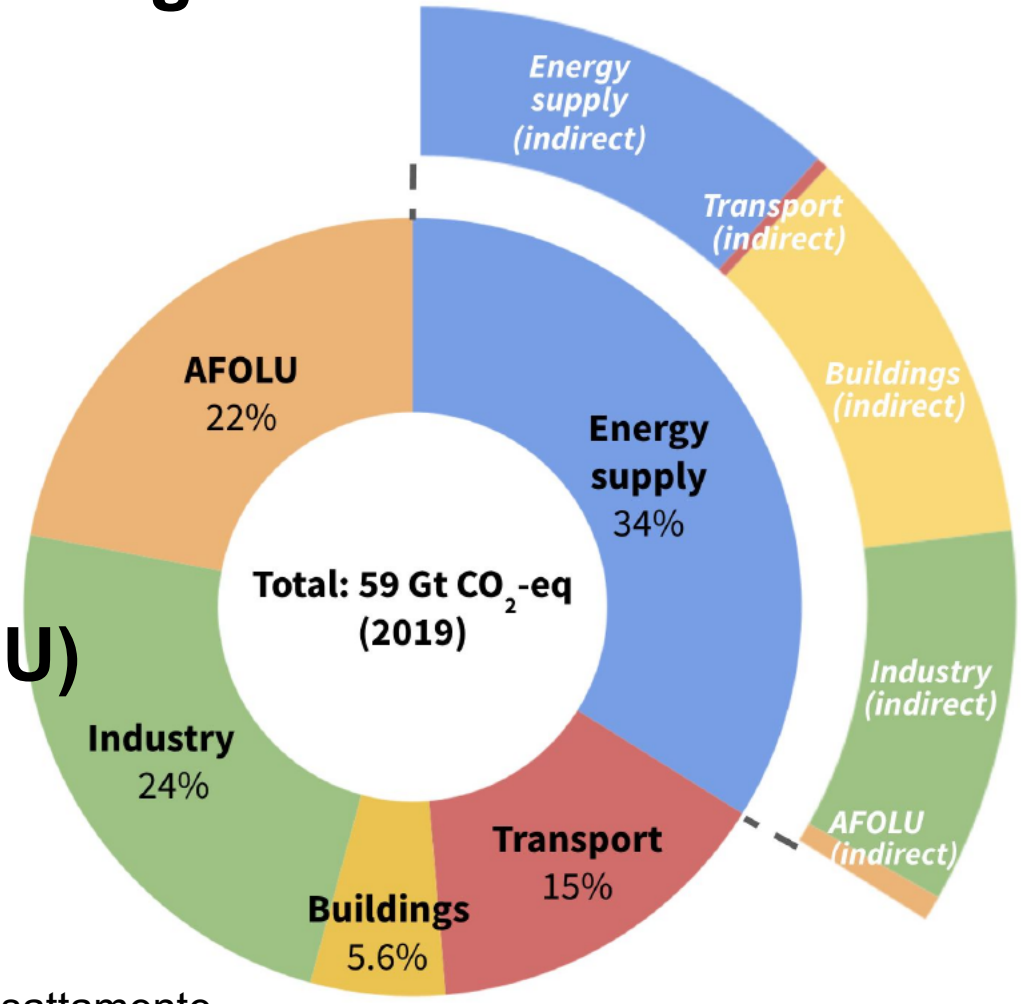
Mitigazione: ridurre/evitare le emissioni di gas serra

Settori
Approvvigionamento energetico
Trasporti
Edifici
Industria
Agricoltura
Foreste
Altri usi del suolo
Rimozione di CO_2

Emissioni energetiche

Emissioni da uso del suolo (AFOLU)

Emissioni negative

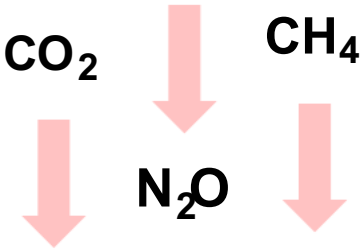


Dati dal rapporto AR6 WG3 dell'IPCC (2022). Le percentuali non sommano esattamente al 100% per l'arrotondamento a due cifre significative.

Che cosa significa affrontare il cambiamento climatico

Mitigazione Azioni che riducono la velocità del cambiamento climatico

Ridurre o evitare le emissioni di gas serra



Adattamento Azioni che rispondono a un clima che cambia

Prepararsi e adeguarsi sia agli effetti attuali del cambiamento climatico sia agli impatti futuri previsti



Scienza Azioni che migliorano la comprensione del cambiamento climatico

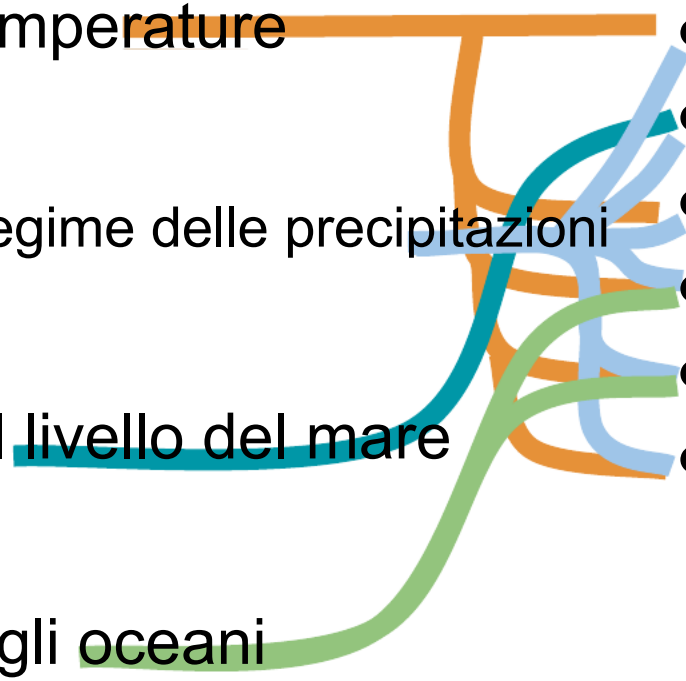
Il cambiamento climatico non è un interruttore, ma raggiungere **punti di non ritorno può avere conseguenze irreversibili**



Impatti climatici ed effetti a valle

Impatti climatici

- Aumento delle temperature
- Cambiamento del regime delle precipitazioni
- Innalzamento del livello del mare
- Acidificazione degli oceani



Effetti a valle

- Siccità e ondate di calore
- Tempeste e alluvioni più intense
- Incendi boschivi più frequenti
- Perdita di servizi ecosistemici
- Perdita di biodiversità
- Diffusione di vettori di malattie e parassiti

Figura adattata da Kris Sankaran

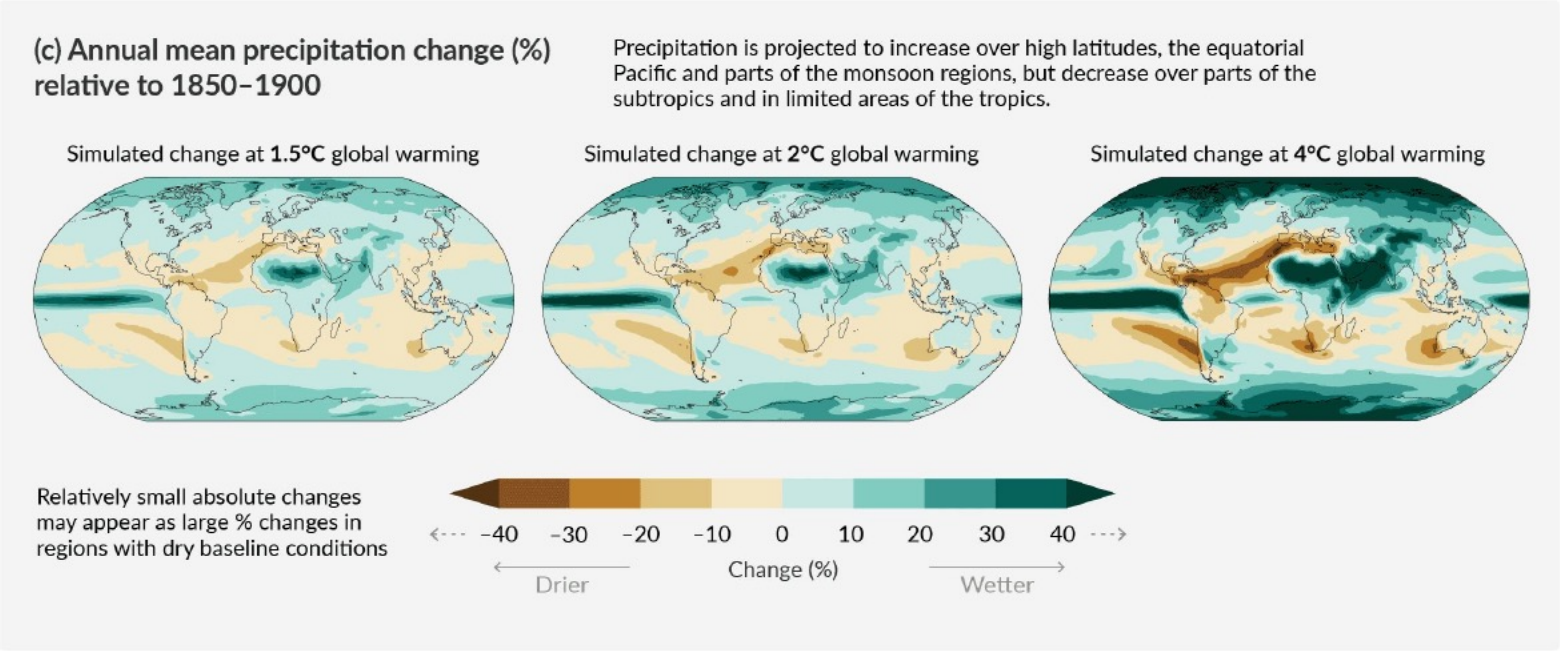
Adattamento al cambiamento climatico

Adattamento: rispondere agli effetti di un clima che cambia

Adattamento al cambiamento climatico

Adattamento: rispondere agli effetti di un clima che cambia

1. Misurare e prevedere i rischi
   - Rischio: impatto x probabilità



Fonte della figura: IPCC AR6, Sintesi per i decisori politici (2021)

Adattamento al cambiamento climatico

Adattamento: rispondere agli effetti di un clima che cambia

1. Misurare e prevedere i rischi
   - Rischio: impatto x probabilità

2. Rafforzare la capacità di adattamento
   - Robustezza: resistere a una serie di esiti senza impatto o con impatto minimo
   - Resilienza: riprendersi rapidamente dopo un impatto

Sistemi umani ed ecologici



Collegamenti con gli SDG dell'ONU

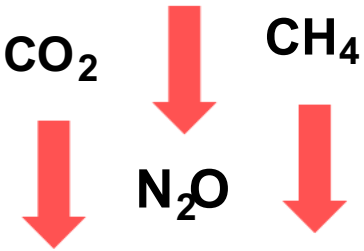


Fonte della figura (in basso): Nazioni Unite

Che cosa significa affrontare il cambiamento climatico

Mitigazione Azioni che riducono la velocità del cambiamento climatico

Ridurre o evitare le emissioni di gas serra



Adattamento Azioni che rispondono a un clima che cambia

Prepararsi e adeguarsi sia agli effetti attuali del cambiamento climatico sia agli impatti futuri previsti



Scienza Azioni che migliorano la comprensione del cambiamento climatico

Il cambiamento climatico non è un interruttore, ma raggiungere **punti di non ritorno può avere conseguenze irreversibili**



Che cosa significa garantire futuri climatici socialmente giusti

Giustizia climatica Azioni che promuovono un'azione climatica centrata sull'equità

Oltre agli impatti ambientali, entrano in gioco anche questioni sociali, etiche e politiche: occorre mettere equità e diritti umani al centro dell'azione climatica

Co-benefici Azioni in linea con lo sviluppo umano e la prosperità economica

Creare collegamenti espliciti tra l'azione climatica e gli altri Obiettivi di sviluppo sostenibile (SDG) dell'ONU



Fonte dell'immagine: Leal Filho et al. (2023)



Benjamin Cook

Research Scientist, NASA Goddard Institute for Space Studies and Columbia University

Lezione di base: introduzione al cambiamento climatico

Venerdì 24 luglio (14:00-16:00 UTC)



Clara Iglesias

Climate Interactive

Tutorial: simulare futuri climatici con En-ROADS

In differita

Indice della lezione

Perché	Inquadramento: cambiamento climatico e azione climatica
Cosa	Inquadramento: IA e machine learning (ML)
Cosa	Ruoli tecnologici dell'IA per l'azione climatica
Come	Considerazioni per sviluppo e implementazione
Quali	Approcci di machine learning ai problemi climatici
Come	Buone pratiche in primo piano: approcci, risorse e strumenti

Che cos’è l’IA?

Intelligenza artificiale (IA): qualsiasi algoritmo che consente a una macchina di svolgere un compito complesso (es. compiti associati all’intelligenza umana)

Sistemi basati su regole:
tecniche che ragionano automaticamente su un insieme esplicito di regole

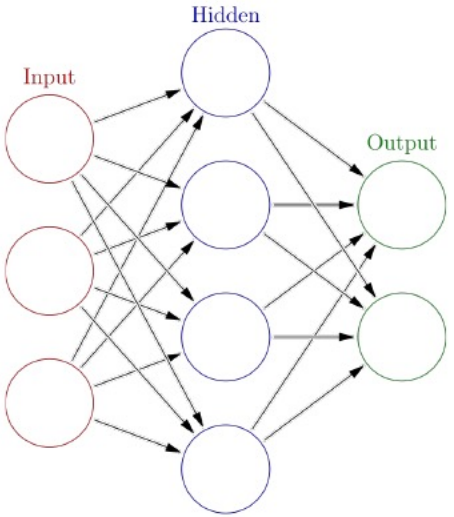


Machine learning (ML):
tecniche che estraggono automaticamente schemi dai dati

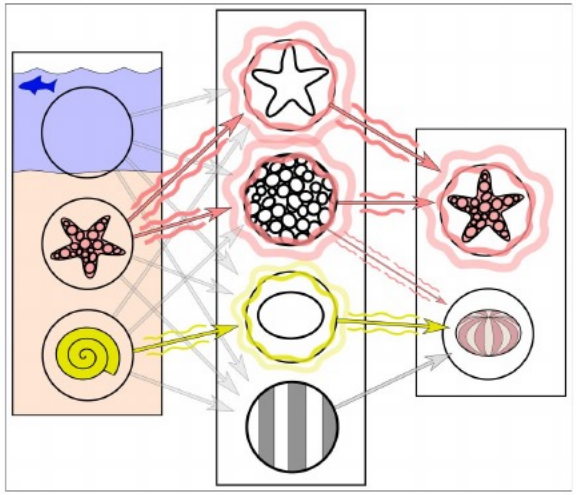


Che cos'è un modello di ML?

Il modello è costituito da parametri e da una struttura che insieme trasformano input in output



L'«apprendimento» significa che questi parametri vengono regolati con l'addestramento per produrre un «modello appreso» capace di svolgere un compito



💬Scrivete la risposta nella chat di Zoom

Indicate un esempio di modello o approccio di machine learning.

Modi di classificare gli algoritmi di machine learning

1. Che tipo di dati?

- immagini (computer vision)
- testo (elaborazione del linguaggio naturale)
- sequenze (analisi di serie temporali)
- … molte altre possibilità / sottotipi di dati
- più tipi di dati insieme (apprendimento multimodale)

2. Che tipo di problema?

- classificazione
- previsione
- clustering
- ottimizzazione
- controllo
- generazione / simulazione
- …

3. Che tipo di modello?

- reti neurali = deep learning
- metodi bayesiani
- alberi decisionali
- macchine a vettori di supporto
- …

Modi di classificare gli algoritmi di machine learning

1. Che tipo di dati?

- **immagini (computer vision)**
- testo (elaborazione del linguaggio naturale)
- sequenze (analisi di serie temporali)
- … molte altre possibilità / sottotipi di dati
- più tipi di dati insieme (apprendimento multimodale)

2. Che tipo di problema?

- **classificazione**
- previsione
- clustering
- ottimizzazione
- controllo
- generazione / simulazione
- …

3. Che tipo di modello?

- **reti neurali = deep learning**
- metodi bayesiani
- alberi decisionali
- macchine a vettori di supporto
- …

Esempio:

Rete residuale (ResNet)

Modi di classificare gli algoritmi di machine learning

1. Che tipo di dati?

- **immagini (computer vision)**
- **testo (elaborazione del linguaggio naturale)**
- sequenze (analisi di serie temporali)
- … molte altre possibilità / sottotipi di dati
- più tipi di dati insieme (apprendimento multimodale)

2. Che tipo di problema?

- classificazione
- previsione
- clustering
- ottimizzazione
- controllo
- **generazione / simulazione**
- …

3. Che tipo di modello?

- **reti neurali = deep learning**
- metodi bayesiani
- alberi decisionali
- macchine a vettori di supporto
- …

Esempio:

Modello di diffusione

Modi di classificare gli algoritmi di machine learning

1. Che tipo di dati?

- immagini (computer vision)
- testo (elaborazione del linguaggio naturale)
- sequenze (analisi di serie temporali)
- … molte altre possibilità / sottotipi di dati
- più tipi di dati insieme (apprendimento multimodale)

2. Che tipo di problema?

- **classificazione**
- **previsione**
- clustering
- ottimizzazione
- controllo
- generazione / simulazione
- …

3. Che tipo di modello?

- Reti neurali = deep learning
- Metodi bayesiani
- **Alberi decisionali**
- Macchine a vettori di supporto
- …

Esempio:

Random forest



Ṭẹjúmádé Àfọ̀njá

PhD Candidate,
CISPA Helmholtz Center |
Co-founder, TRI AI

Lezione di base: introduzione all'IA

Giovedì 23 luglio (14:00-16:00 UTC)



Tarini Bhatnagar

NVIDIA

Tutorial: introduzione all'IA - prevedere le allerte tsunami dalle osservazioni sismiche

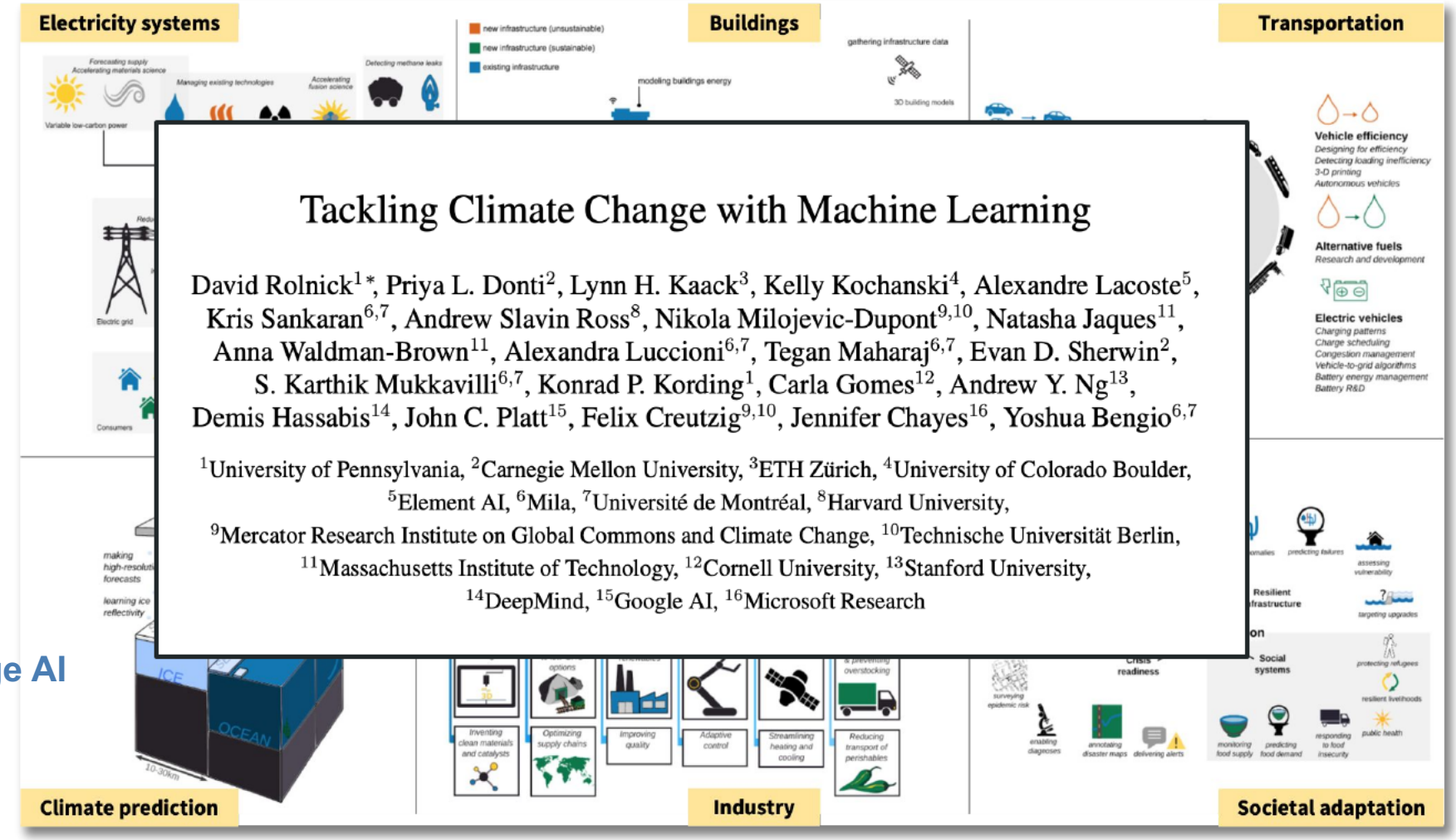
In differita, con video esplicativo

Indice della lezione

Perché	Inquadramento: cambiamento climatico e azione climatica
Cosa	Inquadramento: IA e machine learning (ML)
Cosa	Ruoli tecnologici dell'IA per l'azione climatica
Come	Considerazioni per sviluppo e implementazione
Quali	Approcci di machine learning ai problemi climatici
Come	Buone pratiche in primo piano: approcci, risorse e strumenti

La tecnologia dell'IA può rendere possibili strategie che accelerano l'azione climatica, se applicata in modo responsabile e in collaborazione con gli stakeholder interessati.

Rapporto di Climate Change AI
Tackling Climate Change with Machine Learning (2019)



Energy, Materials, & Built Environment



AI for Power & Energy Systems

Jose Córdova-García

European School of Political and Social Sciences



AI for Buildings

Nipun Batra

Indian Institute Of Technology Gandhinagar



AI for Cities & Urban Planning

Binyu Lei

University of Birmingham

AI for Optimal Power Flow

Enming Liang (City University of Hong Kong), Jorge Montalvo, Utkarsha Agwan, Panos Moutis (City College of New York)





AI for Transportation

Cathy Wu

Massachusetts Institute of Technology



AI for Accelerated Materials Science

Francisco J. Martin-Martinez

King's College London

CityLearn: Reinforcement Learning Control for Grid-Interactive Efficient Buildings and Communities

Kingsley Nweye, Allen Wu, Hyun Park, Yara Almilaify (University of Texas at Austin), Ava Mohammadi, Zoltan Nagy (Eindhoven University of Technology)



Predicting Mobility Demand from Urban Features

Developed by Konstantin Klemmer, Shafat Rahman, Felix Wagner, Florian Nachtigall (TU Berlin, MCC Berlin); revised by Gabriela Yaulli Herrera (Cornell Tech)



Earth & Climate Systems



AI for Climate Science

Claire Monteleoni

University of Colorado Boulder, Inria, Climate Informatics





AI for Weather

Rendani Mbuvha (University of the Witwatersrand, AfriClimate AI) and
Shruti Nath (University of Oxford, AfriClimate AI)



AI for Oceans & Marine Systems

Maike Sonnewald

University of California Davis

Planning for Floods & Droughts: Intro to AI-Driven Hydrological Modeling

Kshitij Tayal (Oak Ridge National Labs), Arvind Renganathan (University of Minnesota), Siyan Liu (Oak Ridge National Labs), Dan Lu (Oak Ridge National Labs), Puja Das (MIT)







Monitoring Coastal Water Quality and Marine Ecosystem Change Using Remote Sensing and Machine Learning

Tedi Yankov (University of Oxford)





AI for Water Resources and Hydrology

Nagesh Kumar

Indian Institute of Science



AI for Carbon Accounting

Daniel Cusworth

Carbon Mapper

Statistical Downscaling of Climate Projections with Deep Learning

Jose González-Aba (Instituto de Física de Cantabria)



PiggyCast - Improving Weather Prediction Accuracy through a Stacking-Based Ensemble AI Approach

Josiah Kimani (AIMS South Africa), Oliver Angélil (Ishango.ai), Chris Toumping (Ishango.ai), Steffen Knoblauch (Heidelberg University)






Estimating Coal Power Plant Operation from Satellite Images with CV

André Ferreira (TransitionZero), Isabelle Tingzon (RISE Research Institutes of Sweden), El Khalil Cherif (Institute For Systems and Robotics)





Land, Food, & Nature



Combining AI and Indigenous Knowledge for Climate Action

Sonajharia Minz

Jawaharlal Nehru University



AI for Agriculture and Food Security

Aliny Reis

Corvian



AI for Forestry

Silvana Amaral Kampel

INPE



AI for Biodiversity & Ecosystems

Benjamin Kellenberger

EPFL

Combining AI and Indigenous Knowledge for Climate Action: A Bird Bioacoustic Monitoring Pipeline — The Lkotkote Case Study

Developed by Douglas Mbura (Lkotkote)



Agricultural Monitoring with Fields of the World (FTW)

Developed by Hannah Kerner (Arizona State University), Caleb Robinson (Microsoft AI for Good Lab), Isaac Corley (Wherobots), Matthias Mohr (Taylor Geospatial Engine), Gedeon Muhawenayo (Arizona State University), Ivan Zvonkov (University of Maryland), Tristan Grupp (World Resources Institute), Nathan Jacobs (Washington University in St Louis)
Revised by Akram Zaytar (Microsoft AI for Good Lab)



Detecting Deforestation from Satellite Image Time Series

Developed by Eduardo Ulises Moya-Sanchez (IIEG Jalisco)



Agile Modeling for Bioacoustic Monitoring

Developed by Jenny Hamer, Rob Laber, and Tom Denton (Google DeepMind, Google)



Society, Policy & Economics



AI for Climate Finance

Malte Toetzke

TU Munich, Max Planck Institute for Innovation and Competition



AI for Public Policy

Carlos Rodriguez-Pardo

Politecnico di Milano, CMCC Foundation



AI for Social Sciences

Mary Sanford

University of Bath, CMCC Foundation

Sea Water Flood Risk Assessment in Egypt using Deep Learning, Sentinel-1 & 2, and Copernicus DEM

Developed by Casper Fibaek and Andreas Luyts (ESA Φ-lab); revised by Nirdesh Kumar Sharma (EarthSense Labs)





AI for Public Health

Joyce Nakatumba-Nabende

Makerere University, Data Science Africa



AI for Risk Assessment, Disaster Management & Relief

Mersedeh TariVerdi

The World Bank

NLP Models for Climate Policy Analysis

Daniel Spokoyny (Carnegie Mellon University), Max Callaghan (Potsdam Institute for Climate Impact Research, MCC-Berlin), Tobias Schimanski (University of Zurich)



Hands-On Outbreak Analytics: Dengue Forecasting with RAG and LLM Evaluation

Avinash Laddha (data.org)



AI for Climate Finance: Estimating Hurricane Wind Value-at-Risk from an AI Weather Ensemble

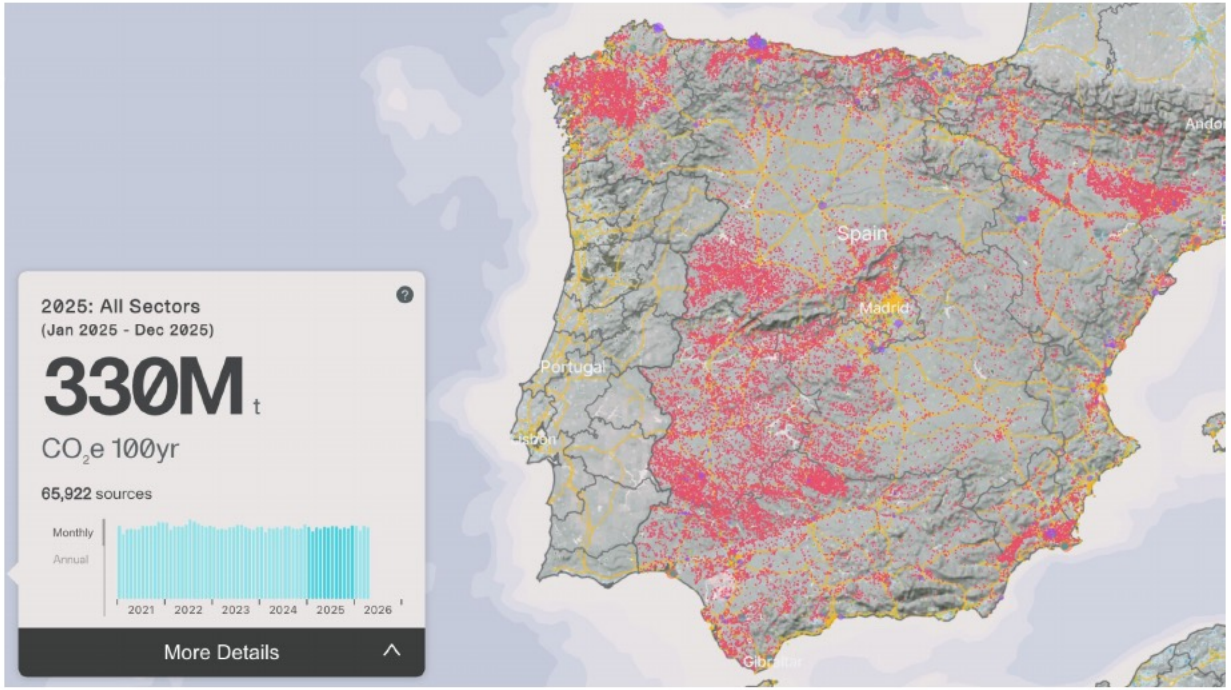
Tristan Ballard (Zeus AI)



Opportunità nelle applicazioni dell'IA per il clima

Opportunità nelle applicazioni dell'IA per il clima

Raccogliere informazioni
alluvioni, deforestazione, infrastrutture, colture, biodiversità



Fonte: Climate TRACE

Opportunità nelle applicazioni dell'IA per il clima

Raccogliere informazioni
alluvioni, deforestazione, infrastrutture, colture, biodiversità

Previsione
energie rinnovabili, domanda di trasporto, eventi estremi

Forecast 4 Africa
by AfriClimate AI



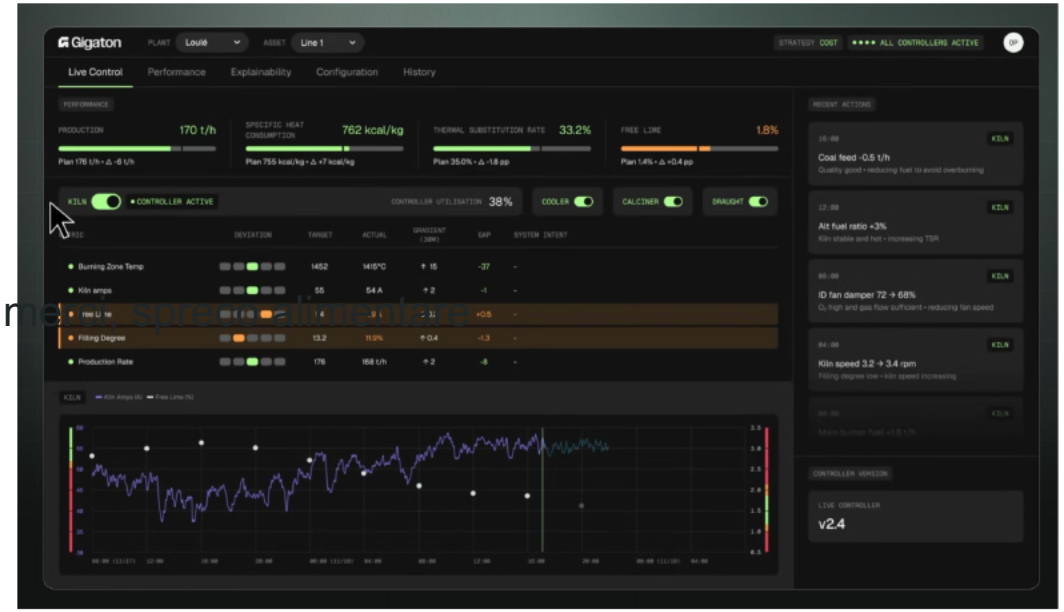
Fonte: African Farming

Opportunità nelle applicazioni dell’IA per il clima

Raccogliere informazioni
alluvioni, deforestazione, infrastrutture, colture, biodiversità

Previsione
energie rinnovabili, domanda di trasporto, eventi estremi

Ottimizzare sistemi complessi
elettricità ed energia, riscaldamento e raffrescamento, trasporto merci, spreco alimentare



Fonte: Gigaton

Opportunità nelle applicazioni dell'IA per il clima

Raccogliere informazioni
alluvioni, deforestazione, infrastrutture, colture, biodiversità

Previsione
energie rinnovabili, domanda di trasporto, eventi estremi

Ottimizzare sistemi complessi
elettricità ed energia, riscaldamento e raffrescamento, trasporto m[illegible]

Manutenzione predittiva
perdite di metano, infrastrutture resilienti



Fonte: East Japan Railway Company

Opportunità nelle applicazioni dell'IA per il clima

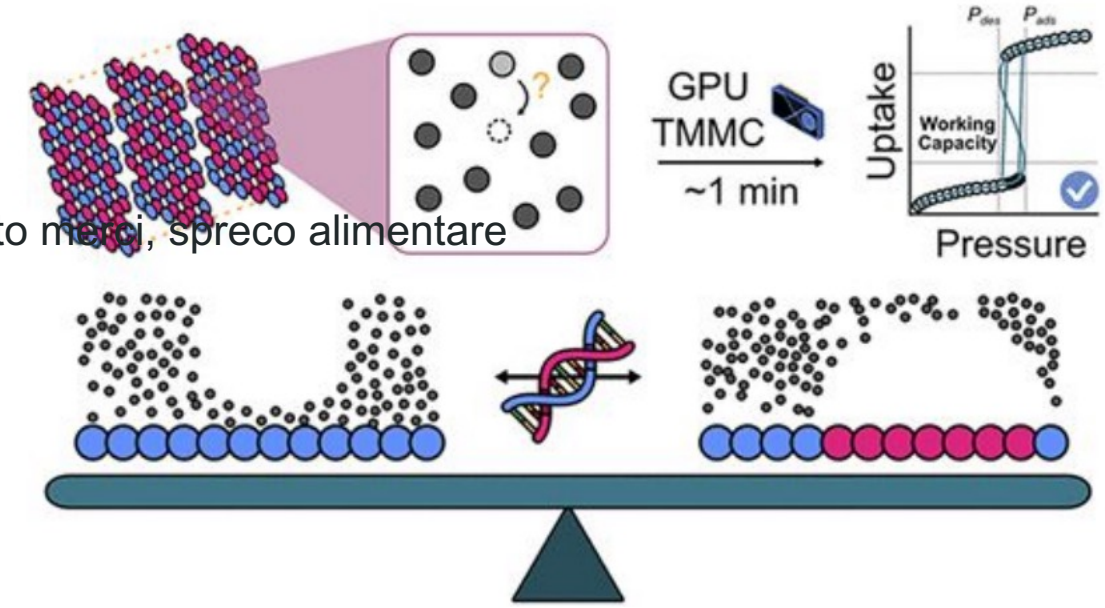
Raccogliere informazioni
alluvioni, deforestazione, infrastrutture, colture, biodiversità

Previsione
energie rinnovabili, domanda di trasporto, eventi estremi

Ottimizzare sistemi complessi
elettricità ed energia, riscaldamento e raffrescamento, trasporto merci, spreco alimentare

Manutenzione predittiva
perdite di metano, infrastrutture resilienti

Accelerare la sperimentazione scientifica
batterie, elettrocarburanti, catalizzatori, cattura del carbonio



Fonte: Prelesnik et al. 2026

Opportunità nelle applicazioni dell'IA per il clima

Raccogliere informazioni
alluvioni, deforestazione, infrastrutture, colture, biodiversità

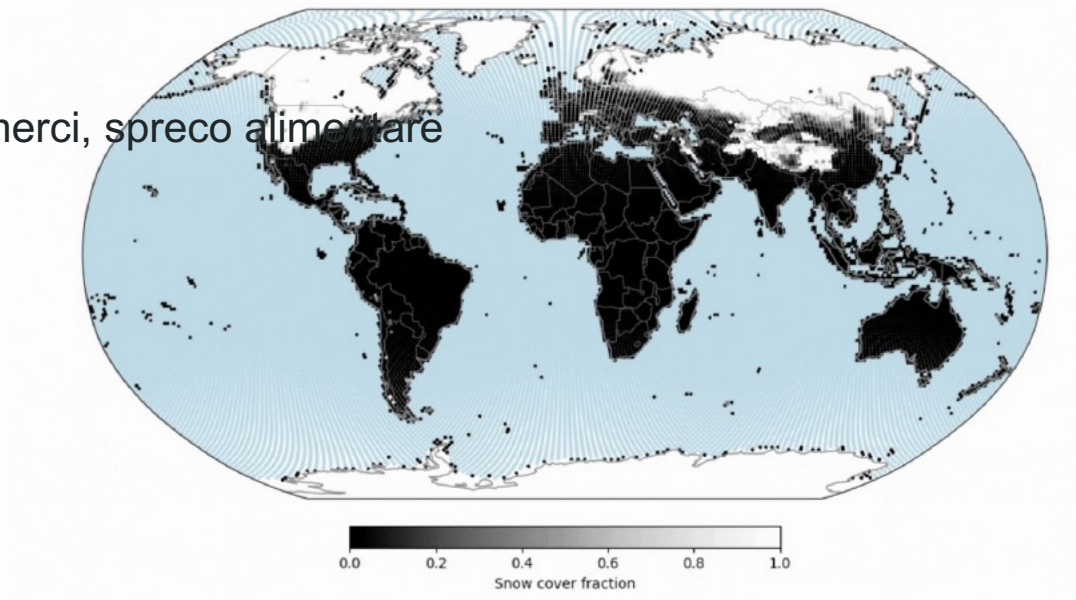
Previsione
energie rinnovabili, domanda di trasporto, eventi estremi

Ottimizzare sistemi complessi
elettricità ed energia, riscaldamento e raffrescamento, trasporto merci, spreco alimentare

Manutenzione predittiva
perdite di metano, infrastrutture resilienti

Accelerare la sperimentazione scientifica
batterie, elettrocarburanti, catalizzatori, cattura del carbonio

Approssimare simulazioni molto lunghe
clima, energia, pianificazione urbana



Fonte: ECMWF / Destination Earth

Opportunità nelle applicazioni dell'IA per il clima

Raccogliere informazioni
alluvioni, deforestazione, infrastrutture, colture, biodiversità

Previsione
energie rinnovabili, domanda di trasporto, eventi estremi

Ottimizzare sistemi complessi
elettricità ed energia, riscaldamento e raffrescamento, trasporto merci, spreco alimentare

Manutenzione predittiva
perdite di metano, infrastrutture resilienti

Accelerare la sperimentazione scientifica
batterie, elettrocarburanti, catalizzatori, cattura del carbonio

Approssimare simulazioni molto lunghe
clima, energia, pianificazione urbana

Gestione dei dati
abbinamento, raccolta, fusione e aumento dei dati

Platform	Format	Version	User Types	Use Cases
PUDL Data Viewer	Parquet, CSV	`nightly`	Data Explorer, Spreadsheet Analyst, Jupyter Notebook User	Explore PUDL data interactively in a web browser, including hourly timeseries data. Select data to download as CSVs for local analysis in spreadsheets. Download full tables as Parquet files to play with programmatically.
Kaggle	SQLite, Parquet	`nightly`	Data Scientist, Data Analyst, Jupyter Notebook User	Work with PUDL data products in Jupyter Notebooks via the web with minimal setup. Explore curated and contributed analyses and visualizations using PUDL data. notebooks. Create and share your own interactive notebooks using PUDL data.
Cloud Storage	SQLite, Parquet	`nightly`, `stable`	Data Scientist, Analytics Engineer, Data Engineer, Cloud Developer	Performant remote queries of clearly versioned PUDL Parquet outputs from cloud computing platforms or GitHub Actions. Fast bulk download of SQLite or Parquet outputs for local use. Parquet based data warehouse for large-scale data analysis in the cloud. Integrates well with Pandas, DuckDB, and other dataframe libraries.
Zenodo Archives	SQLite, Parquet	`stable`	Researcher, Publisher, Archivist	Access a specific, immutable version of the PUDL data by DOI for citation in academic publications or other applications where long-term reproducibility is needed. Web-based bulk download of data for local analysis.

Fonte: Catalyst Cooperative / Public Utility Data Liberation Project

Opportunità nelle applicazioni dell'IA per il clima

Raccogliere informazioni
alluvioni, deforestazione, infrastrutture, colture, biodiversità

Previsione
energie rinnovabili, domanda di trasporto, eventi estremi

Ottimizzare sistemi complessi
elettricità ed energia, riscaldamento e raffrescamento, trasporto merci, spreco alimentare

Manutenzione predittiva
perdite di metano, infrastrutture resilienti

Accelerare la sperimentazione scientifica
batterie, elettrocarburanti, catalizzatori, cattura del carbonio

Approssimare simulazioni molto lunghe
clima, energia, pianificazione urbana

Gestione dei dati
abbinamento, raccolta, fusione e aumento dei dati

Che cosa vogliamo illustrare qui?

Diversità di

- settori / problemi rilevanti
- luoghi / contesti geografici
- tipi di IA
- tipi di organizzazioni coinvolte

Non esiste una (né 100) «migliore» applicazione dell'IA per il clima

I progetti di valore sono spesso molto specifici

Spesso lontani dai progetti di IA (e clima) di cui parlano i media

Come è progredito il settore dell'IA per il clima

Innovazioni nei metodi di ML (es. modelli di diffusione) rilevanti per certe applicazioni (es. scienze del clima)

Maturazione di aree del ML guidate dalle applicazioni (es. ML informato dalla fisica)

Molti progetti hanno superato la fase di proof of concept (es. strumenti geospaziali)

Crescita di sottocomunità interdisciplinari con competenze di IA (es. energia, ecologia)

Come è cambiato il discorso negli ultimi anni

Il clima è ora visto come area di punta dell'«IA per il bene», insieme alla salute

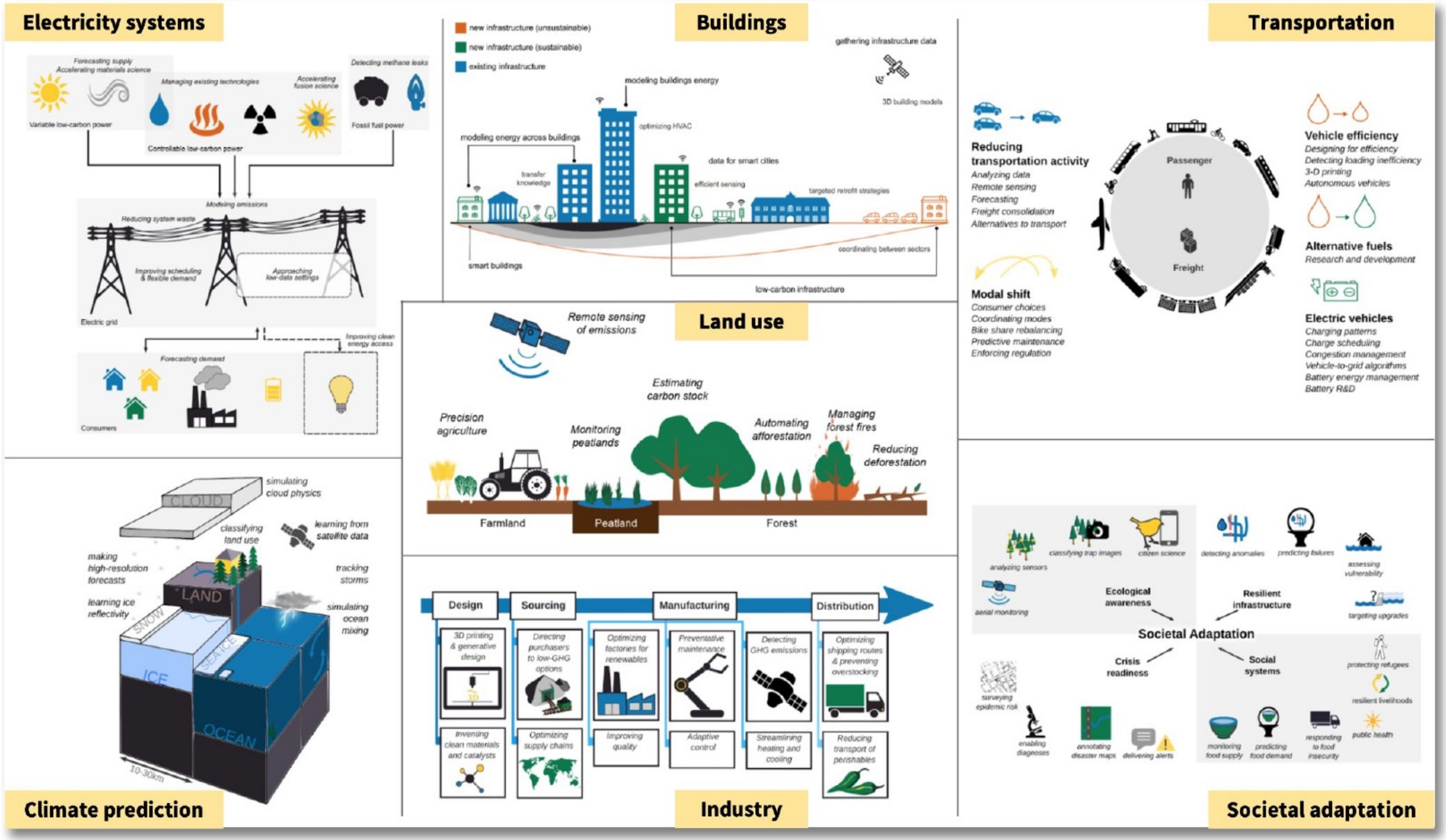
Grande visibilità dell'IA: interesse crescente (nel bene e nel male)

Attenzione pubblica sui grandi modelli generativi (es. ChatGPT), confusi con altre IA

Forte aumento dei consumi energetici e dei data center a causa dei grandi modelli generativi

Queste tendenze hanno fatto credere che innovare nell'IA significhi centralizzare

La «democratizzazione» dell'IA indica spesso più utenti, anziché più «artefici»


Electricity systems
Forecasting supply
Accelerating materials science
Managing existing technologies
Accelerating fusion science
Detecting methane leaks
Variable low-carbon power
Controllable low-carbon power
Fossil fuel power
Modeling emissions
Reducing system waste
Improving scheduling & flexible demand
Approaching low-data settings
Electric grid
Improving clean energy access
Forecasting demand
Consumers
Buildings
new infrastructure (unsustainable)
new infrastructure (sustainable)
existing infrastructure
gathering infrastructure data
3D building models
modeling buildings energy
optimizing HVAC
modeling energy across buildings
transfer knowledge
data for smart cities
efficient sensing
targeted retrofit strategies
coordinating between sectors
smart buildings
low-carbon infrastructure
Transportation
Reducing transportation activity
Anafyzing data
Remote sensing
Forecasting
Freight consolidation
Alternatives to transport
Passenger
Freight
Vehicle efficiency
Designing for efficiency
Detecting loading inefficiency
3-D printing
Autonomous vehicles
Alternative fuels
Research and development
Modal shift
Consumer choices
Coordinating modes
Bike share rebalancing
Predictive maintenance
Enforcing regulation
Electric vehicles
Charging patterns
Charge scheduling
Congestion management
Vehicle-to-grid algorithms
Battery energy management
Battery R&D
Land use
Remote sensing of emissions
Estimating carbon stock
Precision agriculture
Monitoring peatlands
Automating afforestation
Managing forest fires
Reducing deforestation
Farmland
Peatland
Forest
Climate prediction
simulating cloud physics
CLOUD
classifying land use
learning from satellite data
making high-resolution forecasts
tracking storms
learning ice reflectivity
simulating ocean mixing
LAND
SNOW
ICE
SEA ICE
OCEAN
10-30km
Industry
Design
Sourcing
Manufacturing
Distribution
3D printing & generative design
Directing purchasers to low-GHG options
Optimizing factories for renewables
Preventative maintenance
Detecting GHG emissions
Optimizing shipping routes & preventing overstocking
Inventing clean materials and catalysts
Optimizing supply chains
Improving quality
Adaptive control
Streamlining heating and cooling
Reducing transport of perishables
Societal adaptation
analyzing sensors
classifying trap images
citizen science
detecting anomalies
predicting failures
assessing vulnerability
aerial monitoring
Ecological awareness
Resilient infrastructure
targeting upgrades
Societal Adaptation
Crisis readiness
Social systems
surveying epidemic risk
protecting refugees
resilient livelihoods
enabling diagnoses
annotating disaster maps
delivering alerts
monitoring food supply
predicting food demand
responding to food insecurity
public health

💬Scrivete la risposta nella chat di Zoom

Indicate un’organizzazione che conoscete che esplora o crea soluzioni di IA per il clima.

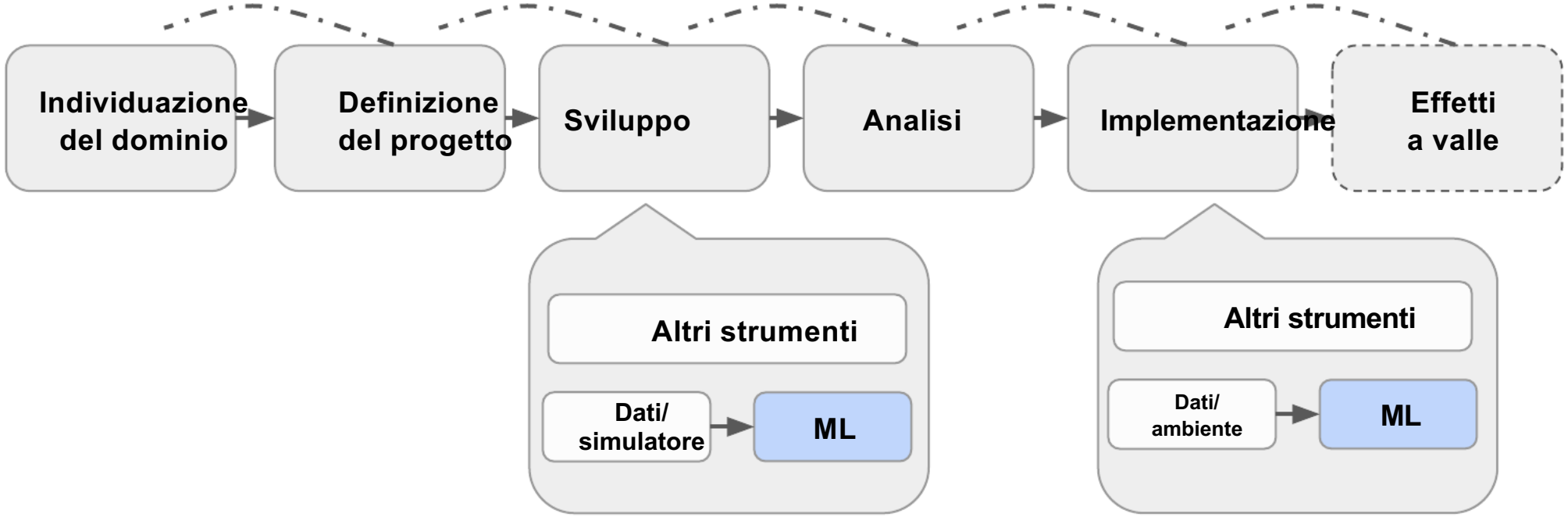
Potete indicare in poche parole
quale problema cerca di risolvere.

Indice della lezione

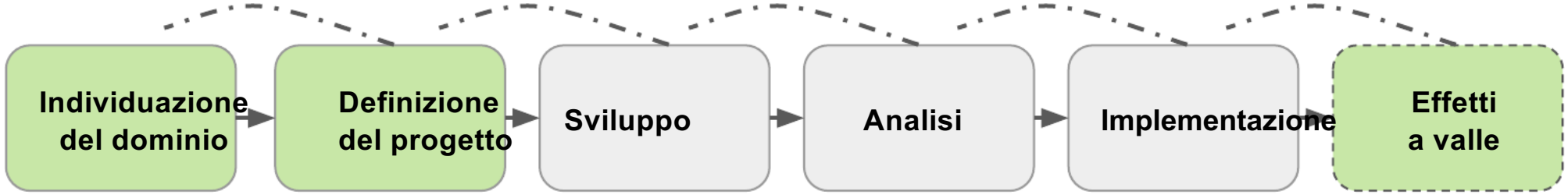
Pausa di 5 minuti

Perché	Inquadramento: cambiamento climatico e azione climatica
Cosa	Inquadramento: IA e machine learning (ML)
Cosa	Ruoli tecnologici dell'IA per l'azione climatica
Come	Considerazioni per sviluppo e implementazione
Quali	Approcci di machine learning ai problemi climatici
Come	Buone pratiche in primo piano: approcci, risorse e strumenti

ML per il clima: il percorso verso l'impatto



ML per il clima: il percorso verso l'impatto

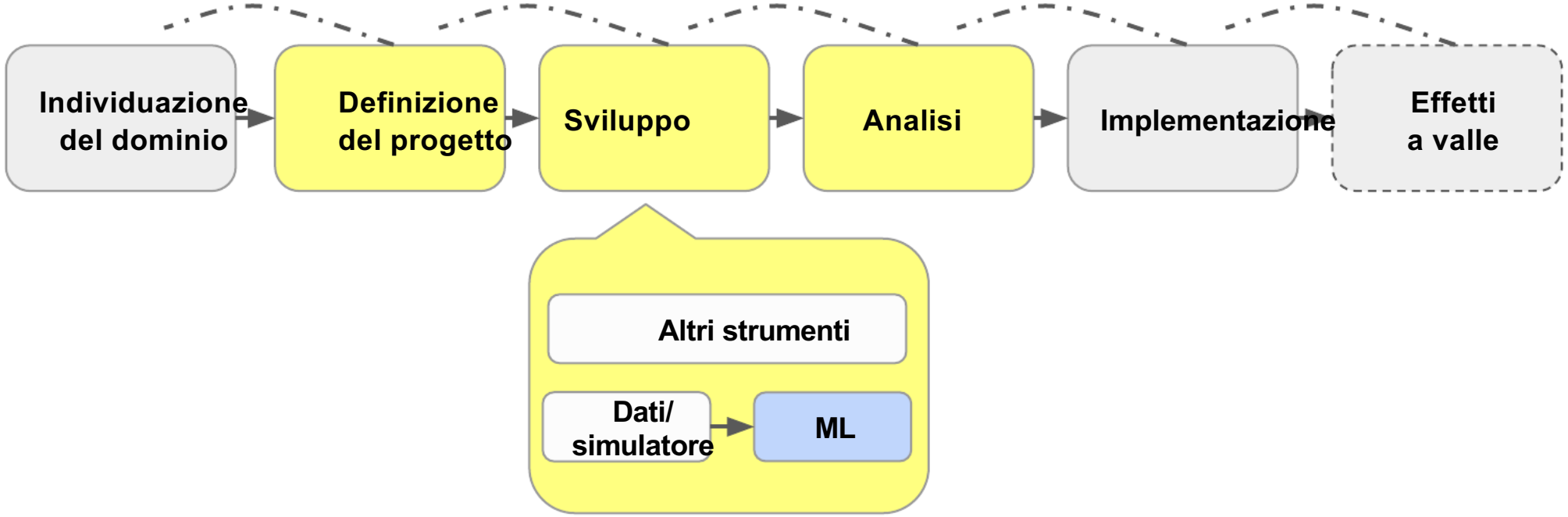


Quali stakeholder sono coinvolti nell'applicazione o ne sono interessati?

Qual è la portata dell'impatto?

Qual è l'orizzonte temporale dell'impatto?

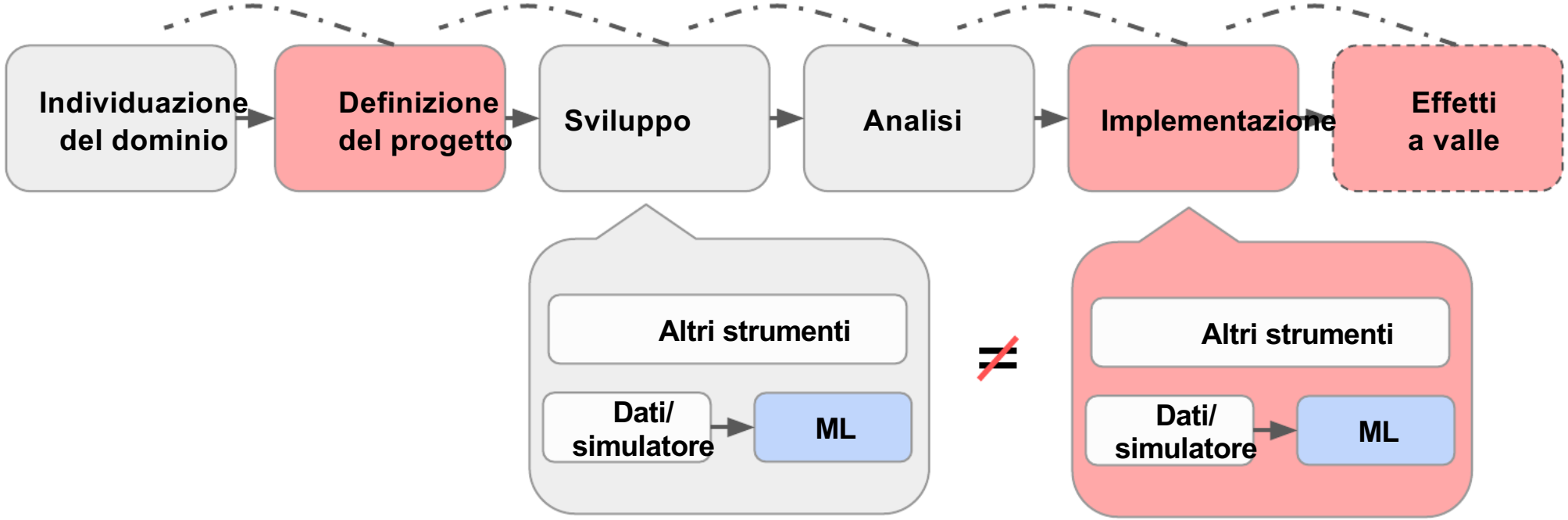
ML per il clima: il percorso verso l'impatto



L'IA/il ML è adatto e necessario per affrontare il problema?

Qual è la probabilità di trovare una soluzione?

ML per il clima: il percorso verso l'impatto



Una soluzione può essere implementata concretamente?

Quali effetti collaterali potrebbe avere implementare la soluzione?

Le nuove applicazioni richiedono nuove infrastrutture specializzate

Dati: raccolta, annotazione, aggregazione, inferenza e/o licenze

- Nota: «dati» può significare cose diverse per comunità diverse

Simulatori: necessari per innovare nei domini fisici

- Es. sistemi elettrici, trasporti, edifici, industria pesante

Metriche di valutazione: richiedono accordo e iterazioni tra ricercatori di ML,

ricercatori del dominio, operatori e altri stakeholder interessati

Risorse e sedi

- Dati richiesti (CCAI) (https://www.climatechange.ai/dev/datagaps)
- Fondi del Lacuna Fund per dati climatici
- NeurIPS Datasets and Benchmarks

Chi partecipa allo sviluppo del ML è fondamentale

Le applicazioni di ML ad alto impatto non sono sempre appariscenti

Conoscenza ed esperienza del dominio sono essenziali per tecnologie implementabili

Collaborazione interdisciplinare

- Individuare i problemi giusti
- Integrare informazioni rilevanti del dominio
- Tracciare percorsi verso l'impatto

Considerazioni di equità

- Dare voce a stakeholder diversi
- Selezionare e prioritizzare i problemi
- Garantire dati rappresentativi

Sviluppare l'IA con approcci responsabili, orientati all'impatto e centrati sull'equità

Evitare il tecnosoluzionismo

- *L'IA non è una soluzione miracolosa*
- *Dove si applica, è solo una parte della strategia*

Mitigare i bias in dati e modelli

- *Es. dati sugli edifici: discriminazione abitativa, disponibilità disomogenea tra aree*
- *Es. modelli meteo: la calibrazione può essere ottimizzata per certe regioni*

Migliorare affidabilità e responsabilità

- *Sicurezza e robustezza: cruciali es. nei sistemi elettrici e nelle operazioni industriali*
- *Interpretabilità e verificabilità: cruciali es. nell'elaborazione delle politiche*

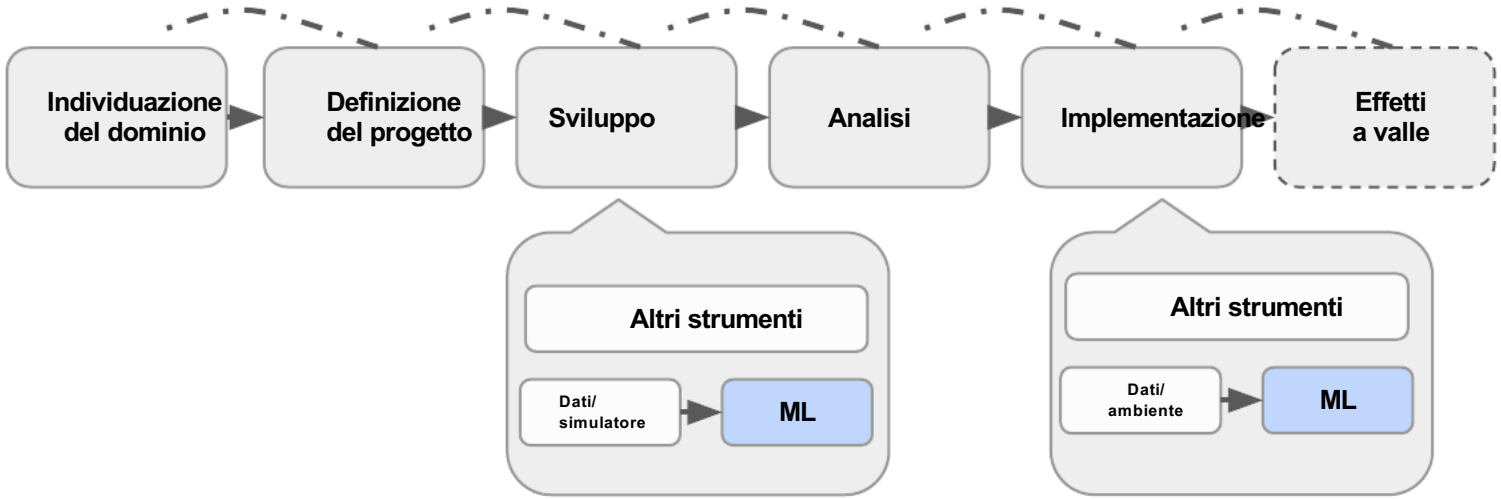
Mettere al centro equità e giustizia climatica

- *Mettere al centro stakeholder diversi: es. agricoltura industriale vs piccoli agricoltori*
- *Evitare la centralizzazione del potere: accesso democratizzato a capacità e calcolo*
- *Evitare il colonialismo digitale: es. contatori intelligenti, analisi di dati telerilevati*

Un’IA per il clima con impatto richiede un approccio sociotecnico

Considerare l’intero percorso verso l’impatto, inclusi

- Dati, simulatori, metriche
- IA responsabile e considerazioni climatiche
- Coinvolgimento degli stakeholder

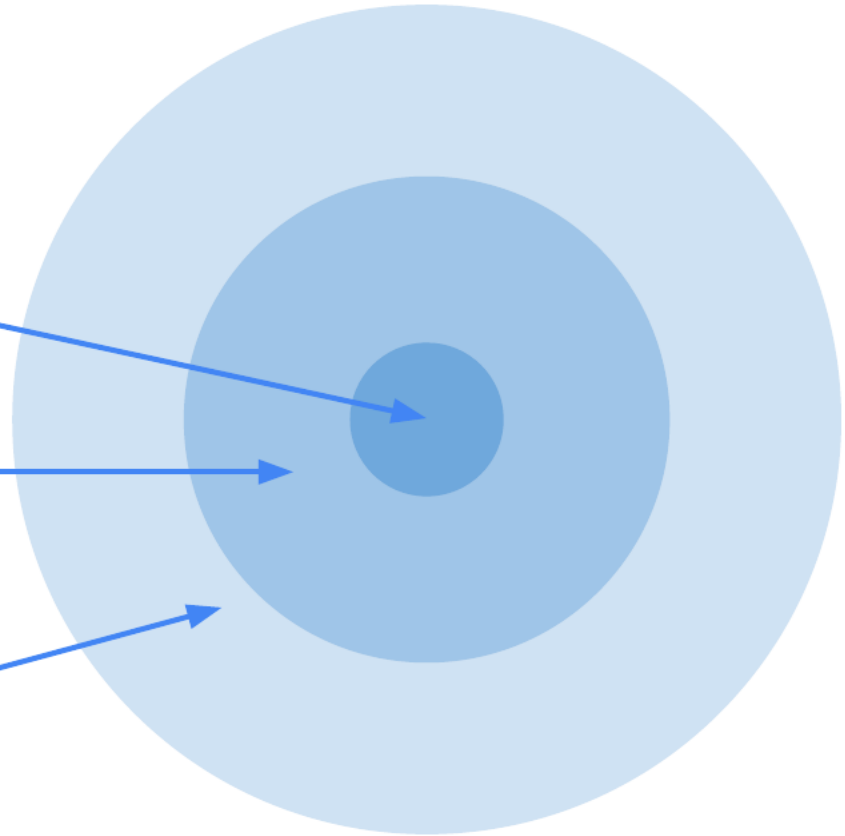


Un'IA responsabile ed etica richiede una prospettiva olistica

Considerazioni a livello di progetto (come realizzarlo)

Scelta dei progetti (dove si usa l'IA, chi beneficia davvero dei progetti di IA)

Impatti sistemici e geopolitici delle traiettorie dell'IA (investimenti, estrazione e catene di fornitura, capacità, ecc.)



Una relazione sfaccettata tra IA e clima

Applicazioni dell'IA **per l'azione climatica**

Impatti del calcolo **e dell'hardware dell'IA**

Applicazioni dell'IA con impatti incerti **o sistemici**

Applicazioni dell'IA che **aumentano le emissioni**



Responsible & Ethical AI

Virginia Dignum
Umeå University



Intro to AI Policy & Regulation

Costa Samaras
Carnegie Mellon University



Shaping Your AI-for-Climate Project in Practice

Dina Machuve
DevData Analytics, Data Science Africa



Intro to Climate Policy & Regulation

Vaibhav Chugh
Council on Energy, Environment and Water (CEEW)



Sustainability Impacts of AI

Nikola Milojević-Dupont
Climate Change AI

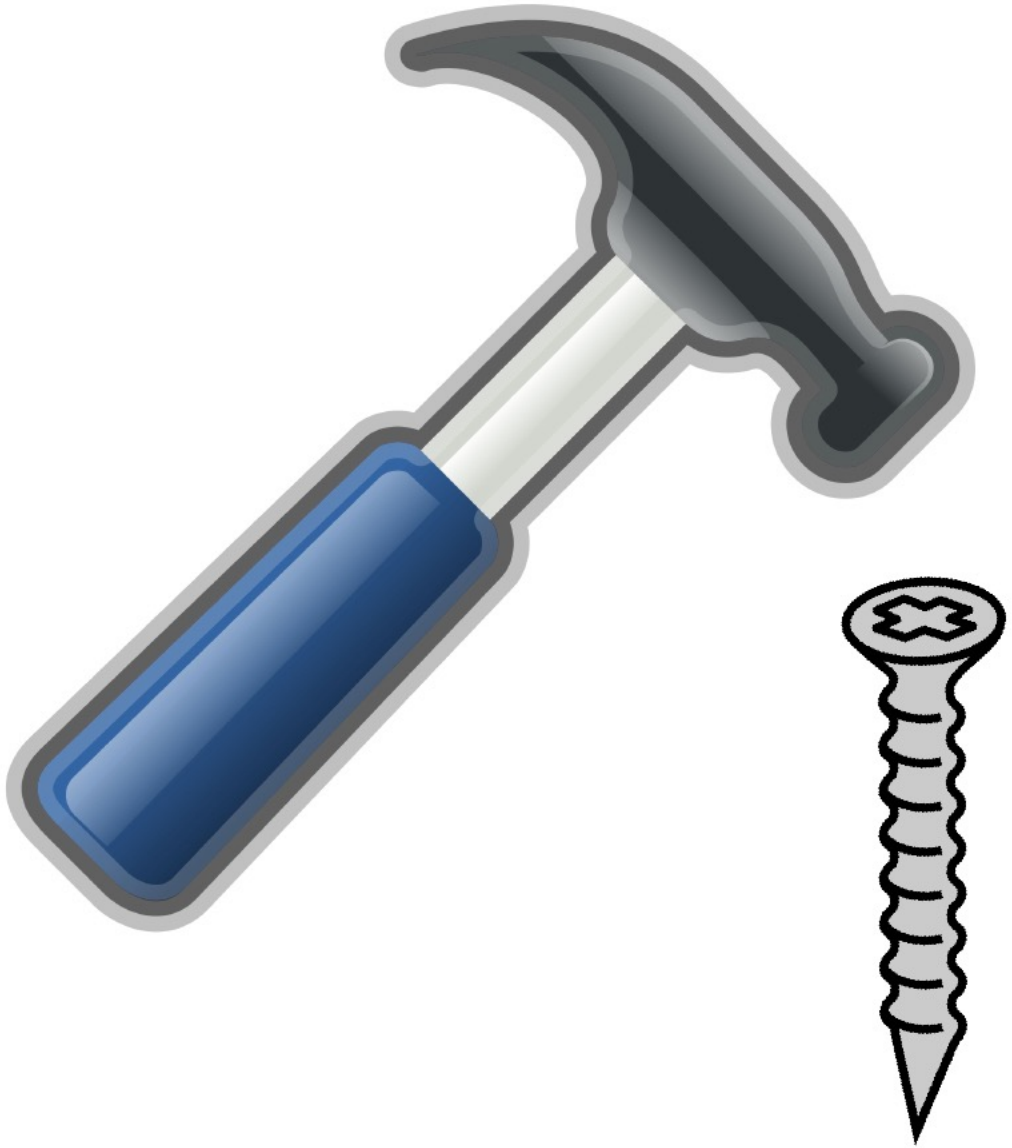
Reducing your Climate Impact when Training ML Models

Melanie Hanna (Quanata), Andres Felipe Perez Murcia (Uni. of Manitoba)



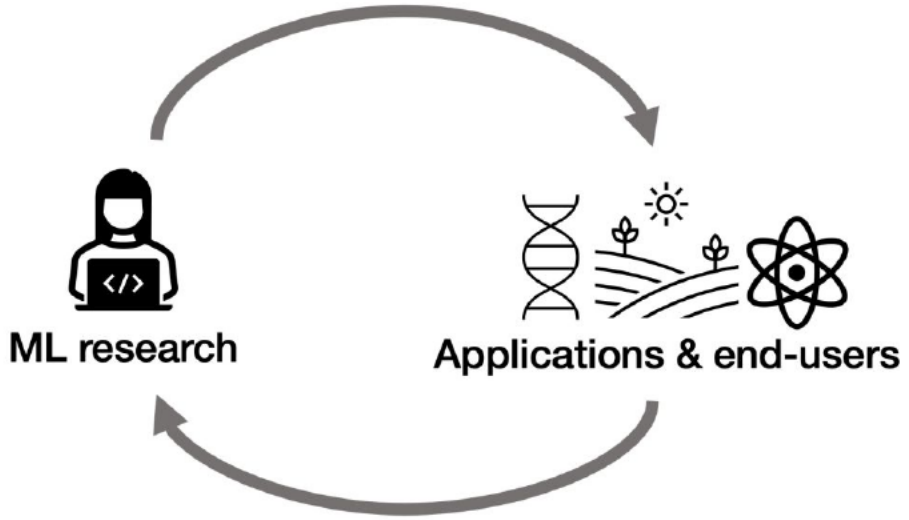

Indice della lezione

Perché	Inquadramento: cambiamento climatico e azione climatica
Cosa	Inquadramento: IA e machine learning (ML)
Cosa	Ruoli tecnologici dell'IA per l'azione climatica
Come	Considerazioni per sviluppo e implementazione
Quali	Approcci di machine learning ai problemi climatici
Come	Buone pratiche in primo piano: approcci, risorse e strumenti




Flathead
Phillips
Torx
Robertson
Hex
Pozidriv
Tri-Wing

Le sfide climatiche possono guidare l’innovazione tecnologica per il clima

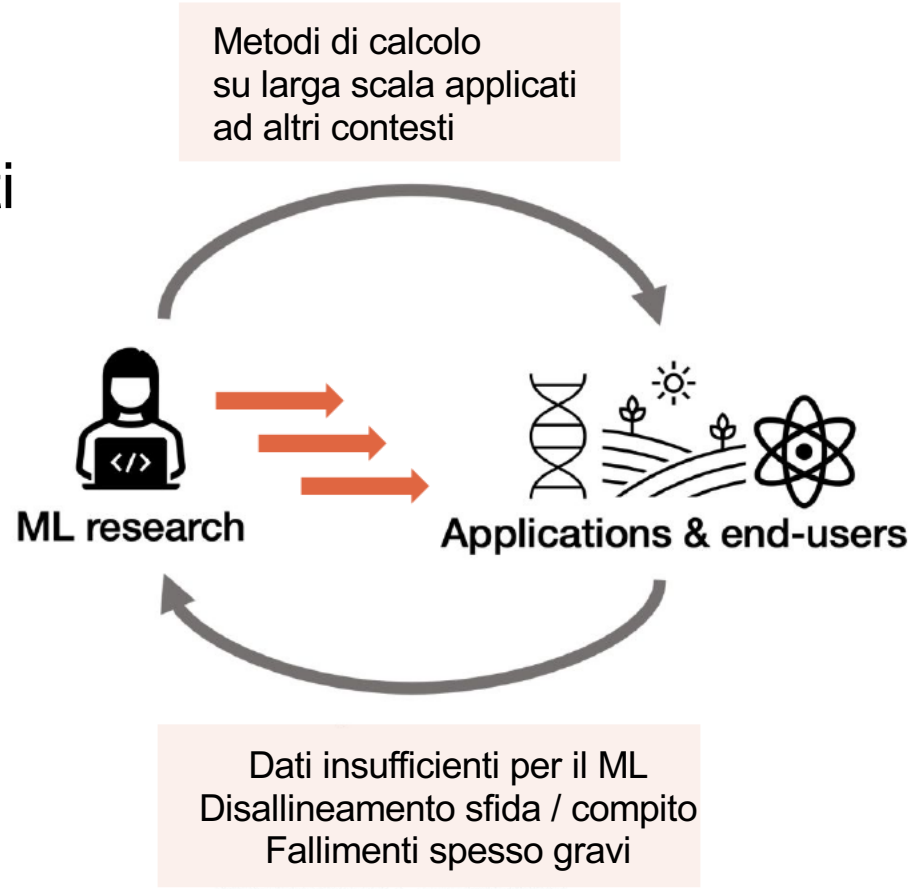


Vedi: David Rolnick, Alan Aspuru-Guzik, Sara Beery, Bistra Dilkina, Priya L. Donti, Marzyeh Ghassemi, Hannah Kerner et al. "Position: Application-Driven Innovation in Machine Learning." International Conference on Learning Representations (2024).

I metodi di ML standard tendono a fallire in contesti «non standard»

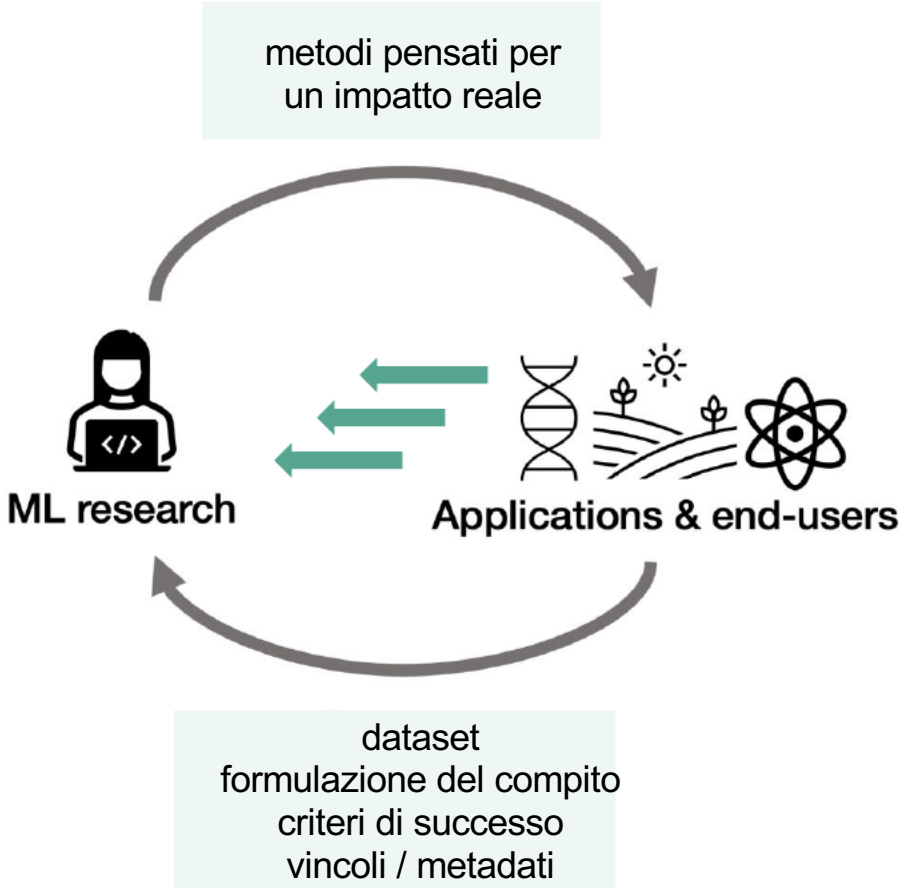
Approccio dall'alto

Metodi di IA d'avanguardia applicati ai problemi climatici



Vedi: David Rolnick, Alan Aspuru-Guzik, Sara Beery, Bistra Dilkina, Priya L. Donti, Marzyeh Ghassemi, Hannah Kerner et al. "Position: Application-Driven Innovation in Machine Learning." International Conference on Learning Representations (2024).

Le sfide climatiche devono guidare l'innovazione tecnologica per il clima



Approccio dal basso

Le applicazioni climatiche plasmano l'innovazione dell'IA per il clima

Esempi di requisiti per i metodi di ML:

- **Ottimizzazione della rete: rispettare** i vincoli ingegneristici
- **Previsioni meteo: gestire dati scarsi,** a seconda della regione
- **Rilevamento incendi con droni: funzionare** in modo efficiente su dispositivi a basso consumo

Vedi: David Rolnick, Alan Aspuru-Guzik, Sara Beery, Bistra Dilkina, Priya L. Donti, Marzyeh Ghassemi, Hannah Kerner et al. "Position: Application-Driven Innovation in Machine Learning." International Conference on Learning Representations (2024).

Contesti diversi richiedono approcci diversi

Paradigma dominante del ML (es.)

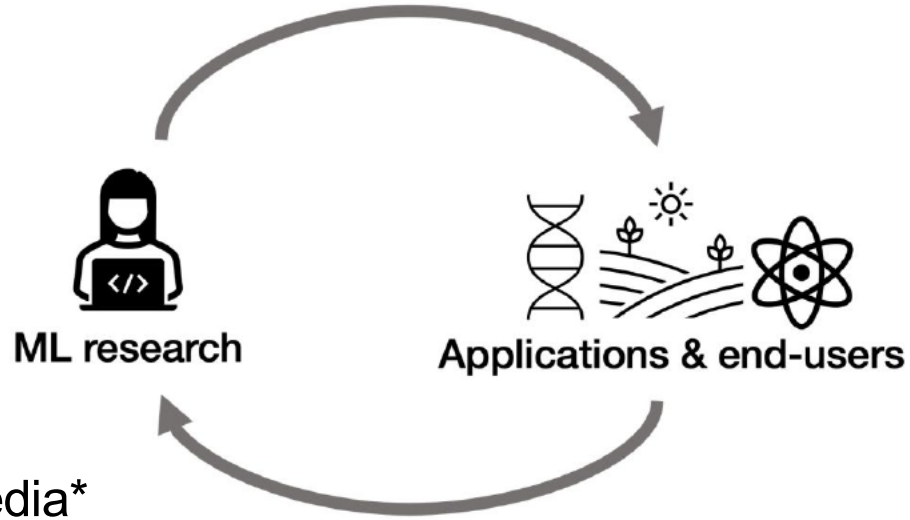
Big data

Grande capacità di calcolo

Il calcolo non è un limite

Bastano i dati

Prestazioni = accuratezza media*



Domini dell'IA per il clima (es.)

Meno dati; dati difficili da trasferire

Meno calcolo; dispositivi edge; ridurre energia/emissioni

Conoscenza utile del compito/dominio

Insieme diversificato di metriche
(es. accuratezza ponderata per gruppo, sicurezza, robustezza, privacy, interpretabilità, spiegabilità, quantificazione dell'incertezza…)

Vedi anche: Birhane, Abeba, et al. "The values encoded in machine learning research." ACM Conference on Fairness, Accountability, and *Transparency . 2022.*

💬Scrivete la risposta nella chat di Zoom

Pensate a un'applicazione climatica nel vostro contesto locale.

Quale requisito «non standard» dovrebbe soddisfare un sistema di IA/ML per essere davvero utile alla vostra applicazione?

Considerate dati, metriche di prestazione, vincoli e coerenza con le conoscenze esistenti.

Opportunità nelle applicazioni dell'IA per il clima

Raccogliere informazioni
alluvioni, deforestazione, infrastrutture, colture, biodiversità

Previsione
energie rinnovabili, domanda di trasporto, eventi estremi

Ottimizzare sistemi complessi
elettricità ed energia, riscaldamento e raffrescamento, trasporto merci, spreco alimentare

Manutenzione predittiva
perdite di metano, infrastrutture resilienti

Accelerare la sperimentazione scientifica
batterie, elettrocarburanti, catalizzatori, cattura del carbonio

Approssimare simulazioni molto lunghe
clima, energia, pianificazione urbana

Gestione dei dati
abbinamento, raccolta, fusione e aumento dei dati

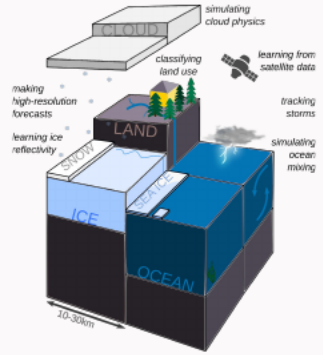
Frontiere metodologiche rilevanti per il clima

ML informato dalla fisica

ML sicuro e robusto

Previsione climatica

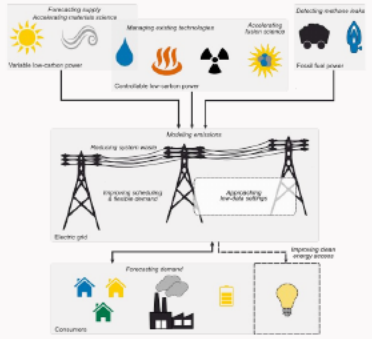
Modellazione della Terra, dell'atmosfera e degli oceani



Sistemi elettrici

Ottimizzazione dei parchi eolici

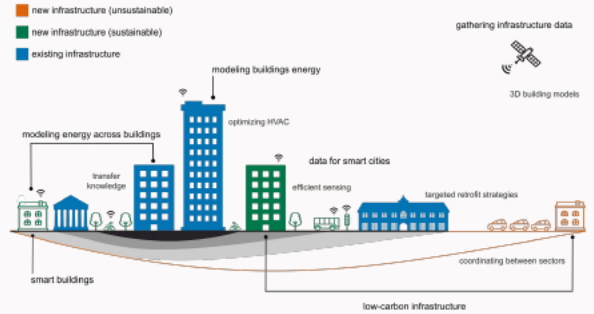
Ottimizzazione e controllo dei sistemi elettrici



Edifici e città

Simulazioni ambientali urbane

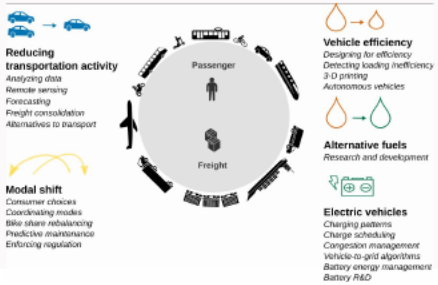
Controllo di riscaldamento e raffrescamento degli edifici



Trasporti

Modellazione dell'efficienza aerodinamica

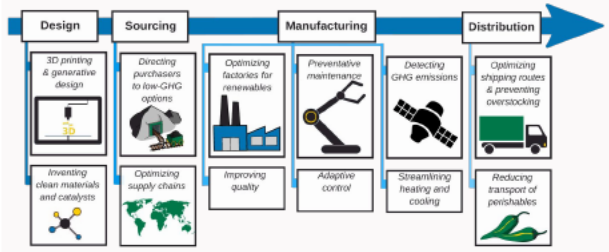
R&S su batterie e carburanti alternativi



Industria

Controllo delle apparecchiature e gestione della domanda

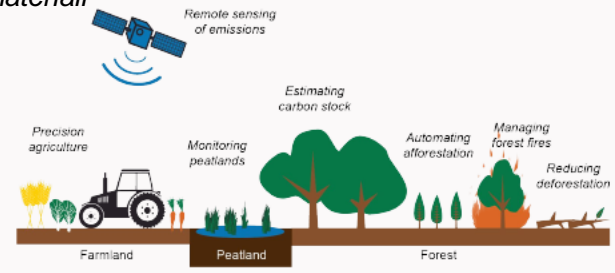
Progettazione di strutture con meno materiali



Uso del suolo (agricoltura)

Agricoltura di precisione

Produzione di ammoniaca più pulita



Vedi anche: Priya L. Donti, David Rolnick, Lynn H. Kaack, "Climate Change and ML: Opportunities, Challenges, and Considerations," ICML 2022 tutorial.

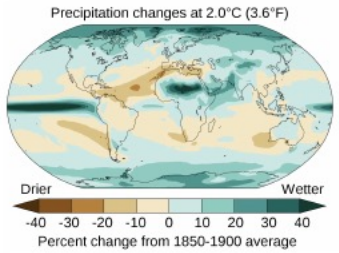
Frontiere metodologiche rilevanti per il clima

ML informato dalla fisica

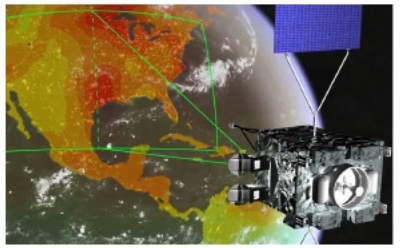
ML sicuro e robusto

ML interpretabile

Quantificazione dell'incertezza



Comprensione scientifica e previsioni del cambiamento climatico



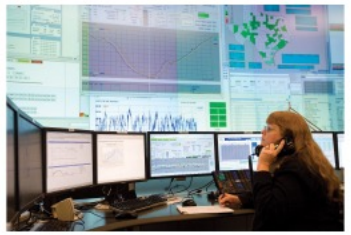
Monitoraggio, rendicontazione e verifica di emissioni ed effetti del cambiamento climatico



Allerta precoce e risposta alle emergenze



Elaborazione delle politiche a livello internazionale, nazionale e locale



Pianificazione e gestione delle infrastrutture critiche



Innovazione e valutazione delle tecnologie

Vedi anche: Priya L. Donti, David Rolnick, Lynn H. Kaack, "Climate Change and ML: Opportunities, Challenges, and Considerations," ICML 2022 tutorial.

Frontiere metodologiche rilevanti per il clima

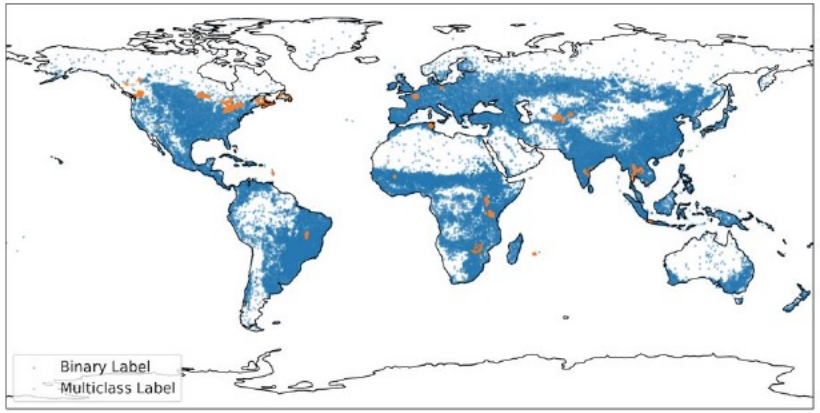
ML informato dalla fisica

ML sicuro e robusto

ML interpretabile

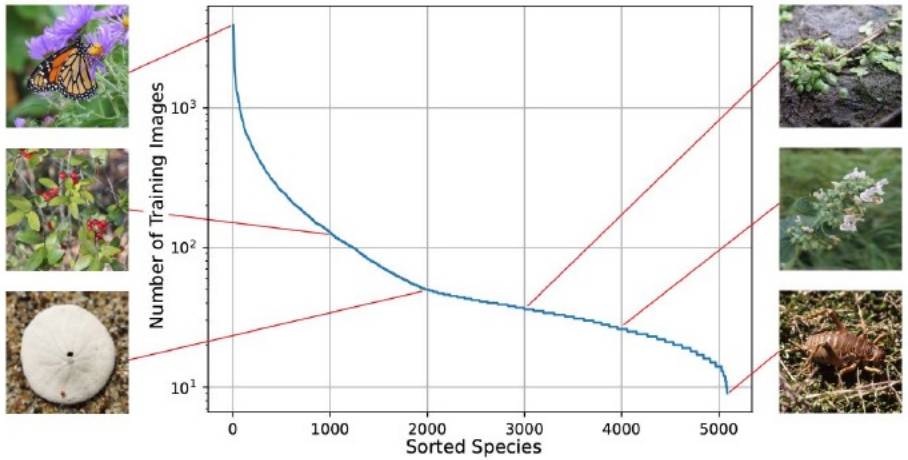
Quantificazione dell'incertezza

Generalizzazione
(spazio-temporale, concept drift, dati limitati)



G. Tseng, et al., "CropHarvest: A global dataset for crop-type classification," NeurIPS 2021 Datasets and Benchmarks Track.

G. Van Horn et al., "The iNaturalist species classification and detection dataset," CVPR 2018.



Vedi anche: Priya L. Donti, David Rolnick, Lynn H. Kaack, "Climate Change and ML: Opportunities, Challenges, and Considerations," ICML 2022 tutorial.

Frontiere metodologiche rilevanti per il clima

ML informato dalla fisica

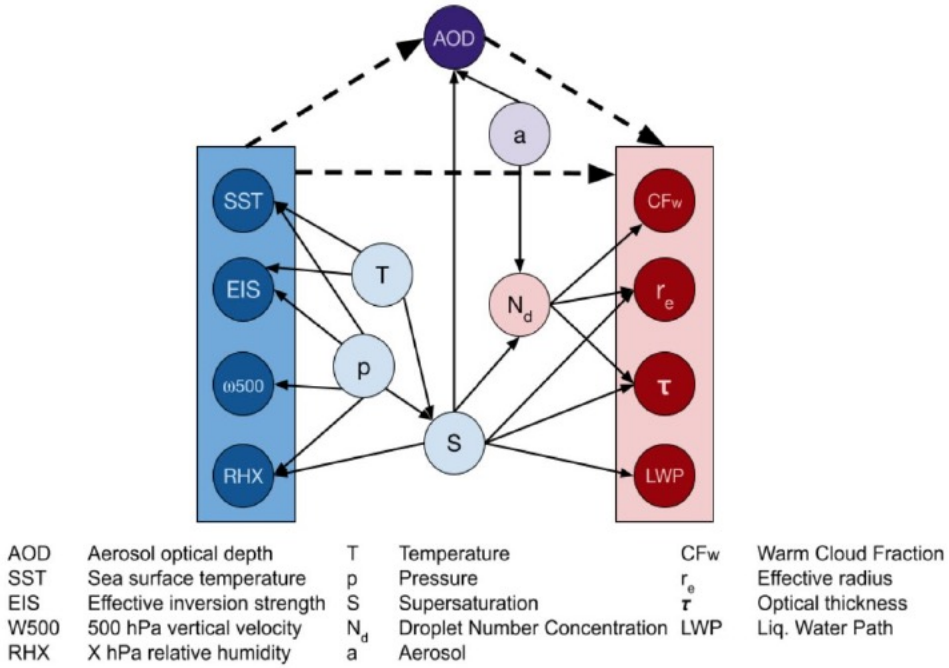
ML sicuro e robusto

ML interpretabile

Quantificazione dell'incertezza

Generalizzazione
(spazio-temporale, concept drift, dati limitati)

Causalità



A. Jesson et al., "Using non-linear causal models to study aerosol-cloud interactions in the southeast Pacific," Tackling Climate Change with Machine Learning workshop at NeurIPS 2021 .

Vedi anche: Priya L. Donti, David Rolnick, Lynn H. Kaack, "Climate Change and ML: Opportunities, Challenges, and Considerations," ICML 2022 tutorial.

Frontiere metodologiche rilevanti per il clima

ML informato dalla fisica

ML sicuro e robusto

ML interpretabile

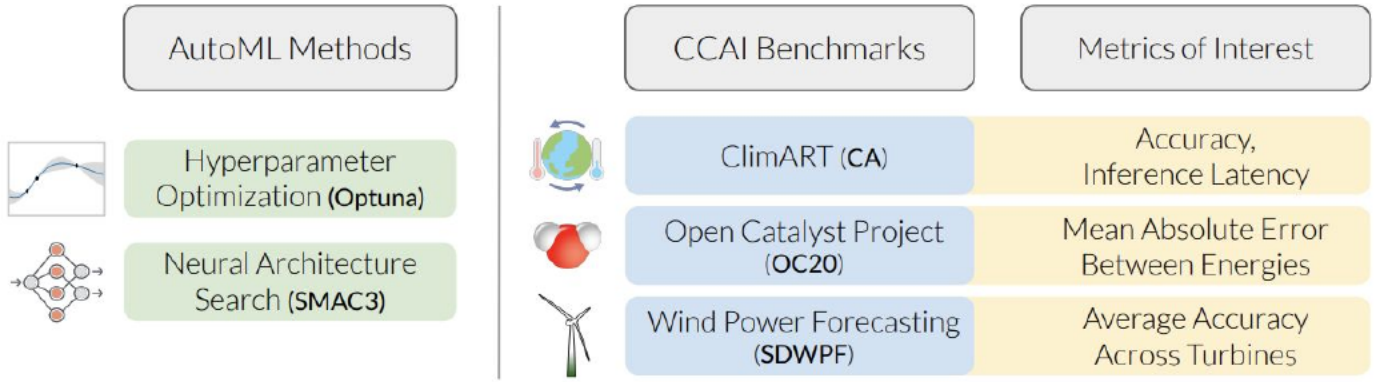
Quantificazione dell'incertezza

Generalizzazione
(spazio-temporale, concept drift, dati limitati)

Causalità

ML efficiente dal punto di vista energetico e TinyML

AutoML



Tu, Renbo, et al. "AutoML for climate change: A call to action." Tackling *Climate Change with Machine Learning workshop at NeurIPS 2022* .

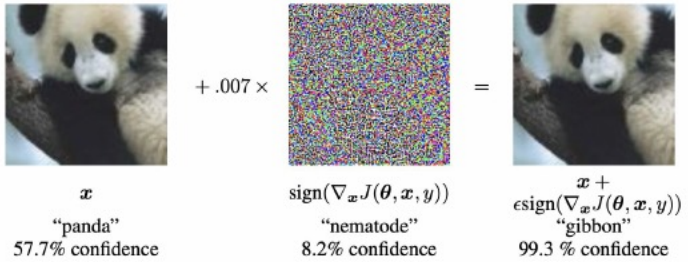


Vedi anche: Priya L. Donti, David Rolnick, Lynn H. Kaack, "Climate Change and ML: Opportunities, Challenges, and Considerations," ICML 2022 tutorial.

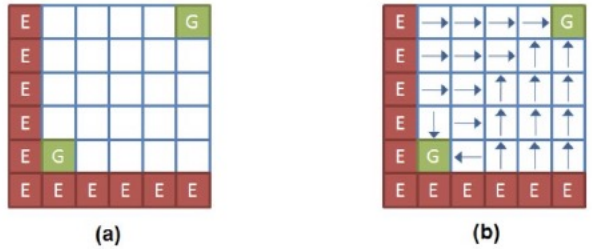
Sfide comuni che differiscono a seconda del contesto

Esempio: diverse nozioni di sicurezza e robustezza

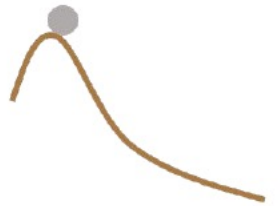
Robustezza avversariale [ML]: robustezza a perturbazioni degli input



Apprendimento per rinforzo sicuro [ML]: evitare stati di errore o scenari catastrofici



Controllo robusto [es. sistemi elettrici, edifici]: portare il sistema all'equilibrio (es. stabilità di Lyapunov)

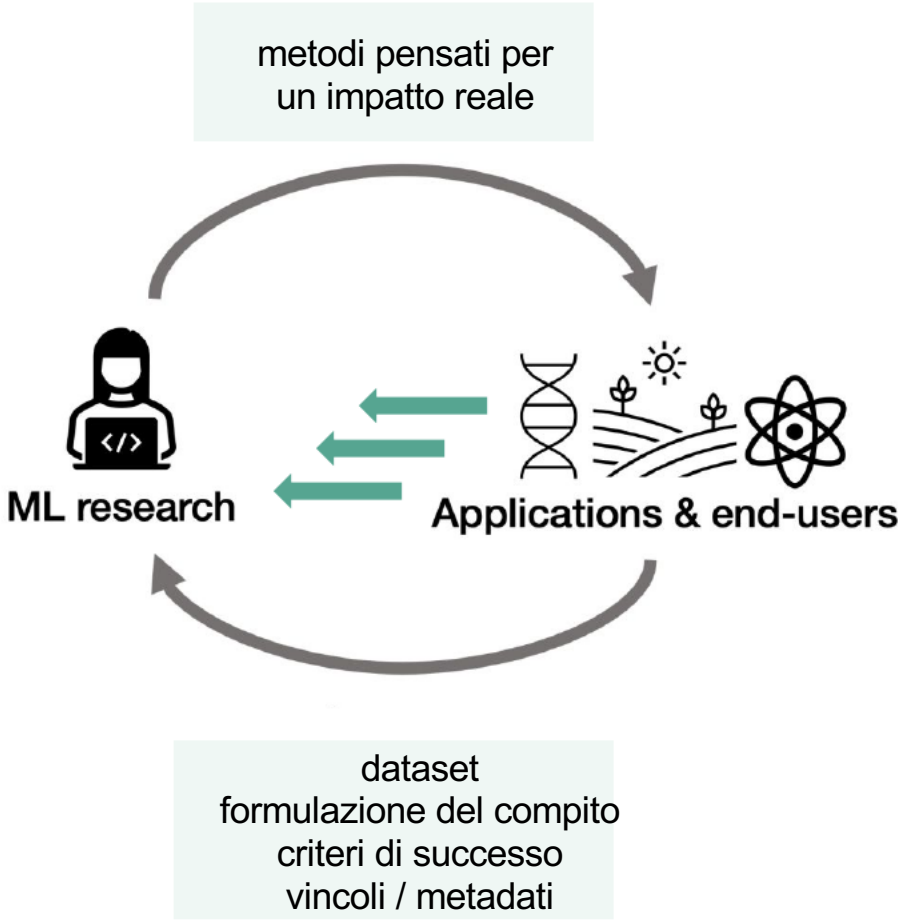


Fattibilità fisica [es. sistemi elettrici, scienze del clima]: garantire il rispetto delle equazioni fisiche



Fonte della figura sulla robustezza avversariale: Goodfellow, I. J., Shlens, J., & Szegedy, C. (2015). Explaining and harnessing adversarial examples. ICLR.
Fonte della figura sul RL sicuro: Garcıa, J., & Fernández, F. (2015). A comprehensive survey on safe reinforcement learning. JMLR, 16 (1), 1437-1480.

Messaggio chiave: l'innovazione dell'IA deve essere guidata dalle esigenze dei problemi climatici



Vedi: David Rolnick, Alan Aspuru-Guzik, Sara Beery, Bistra Dilkina, Priya L. Donti, Marzyeh Ghassemi, Hannah Kerner et al. "Position: Application-Driven Innovation in Machine Learning." International Conference on Learning Representations (2024).

Indice della lezione

Perché	Inquadramento: cambiamento climatico e azione climatica
Cosa	Inquadramento: IA e machine learning (ML)
Cosa	Ruoli tecnologici dell'IA per l'azione climatica
Come	Considerazioni per sviluppo e implementazione
Quali	Approcci di machine learning ai problemi climatici
Come	Buone pratiche in primo piano: approcci, risorse e strumenti

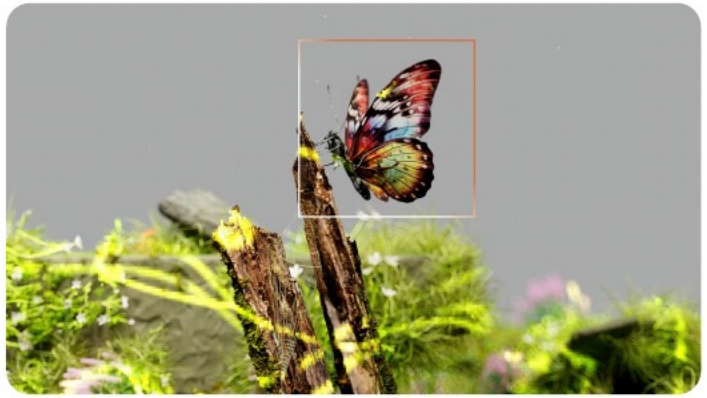
Rappresentare l’IA in modo olistico: benefici, danni e impatti



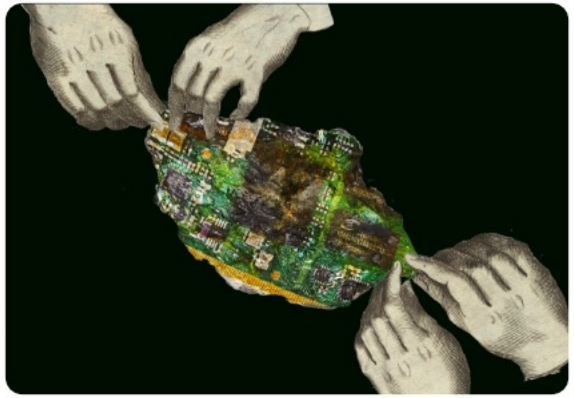
Fonte: Getty Images



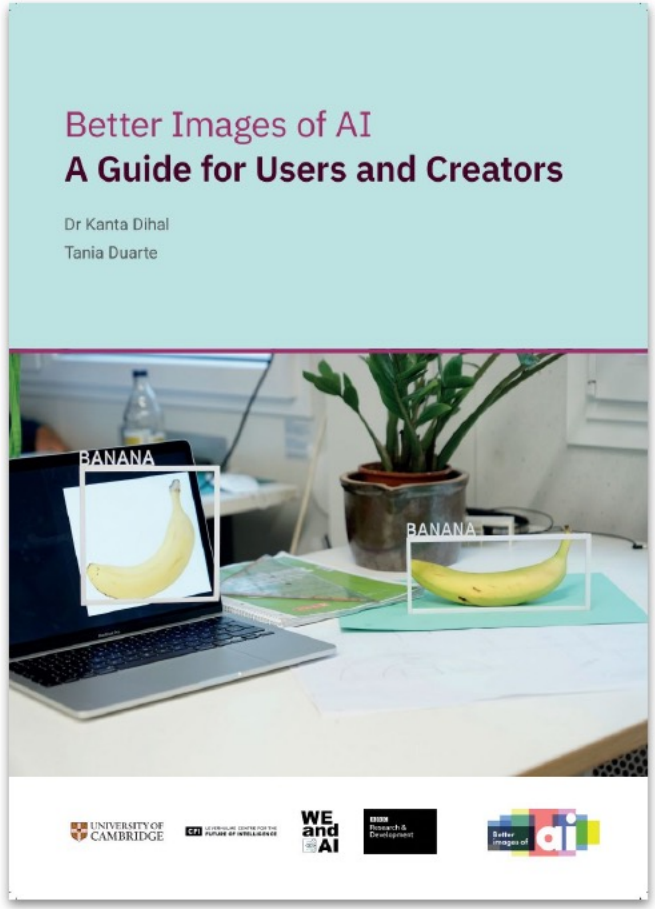
Fonte: Shutterstock.com



Fonte: Diaz & Google DeepMind, AI for Biodiversity

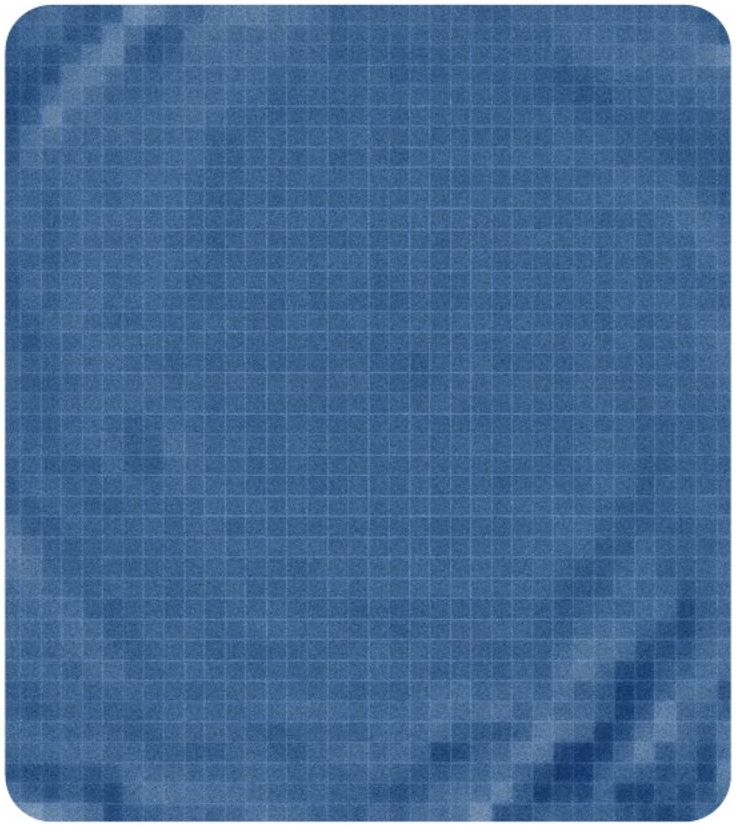


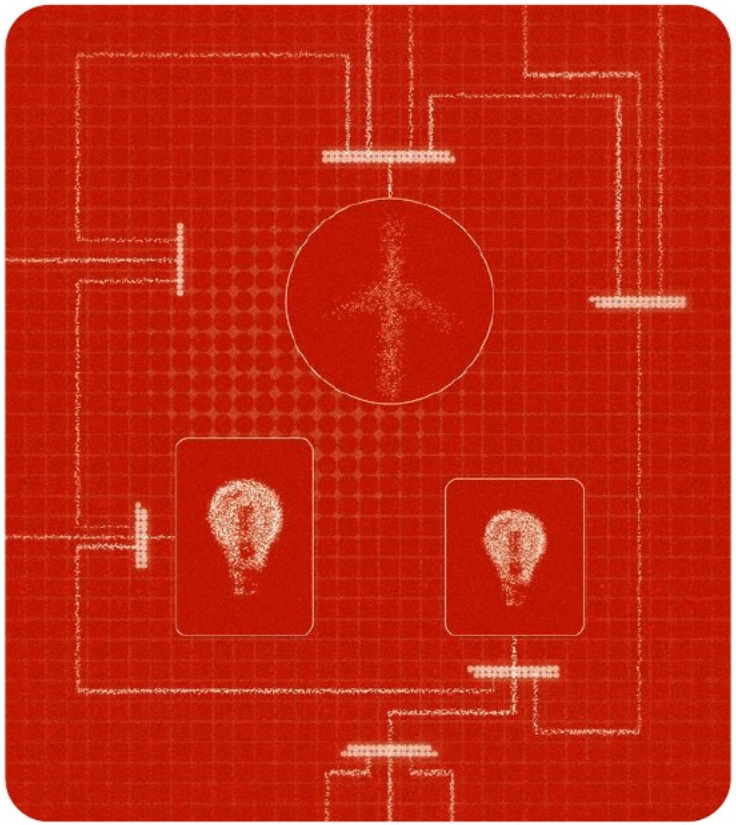
Fonte: Hanna Barakat, Rare Metals 2

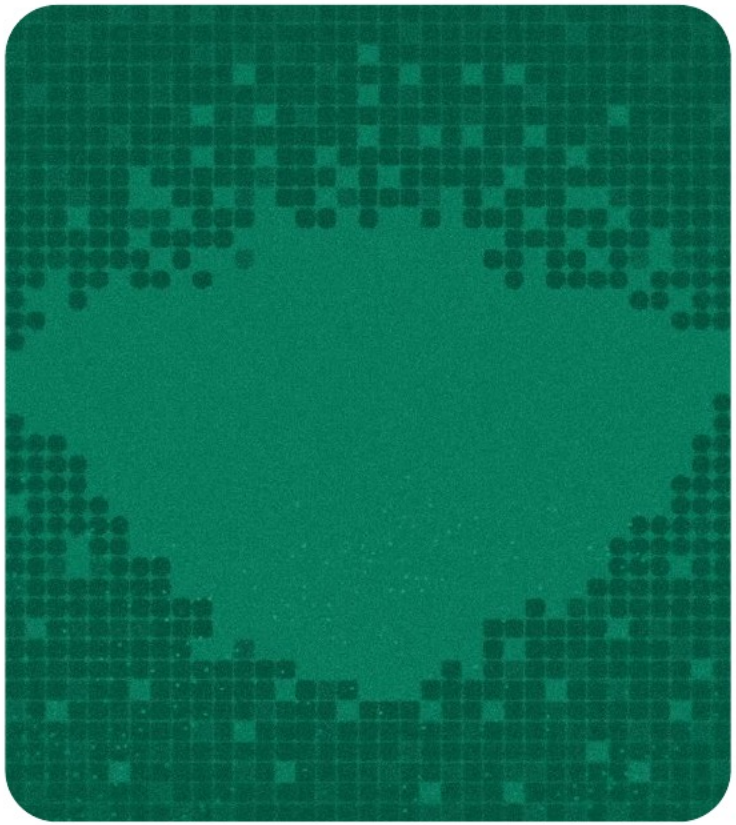


Fonte: Better Images of AI

Capire quali tipi di dati climatici sono rilevanti per applicazioni concrete di IA per il clima

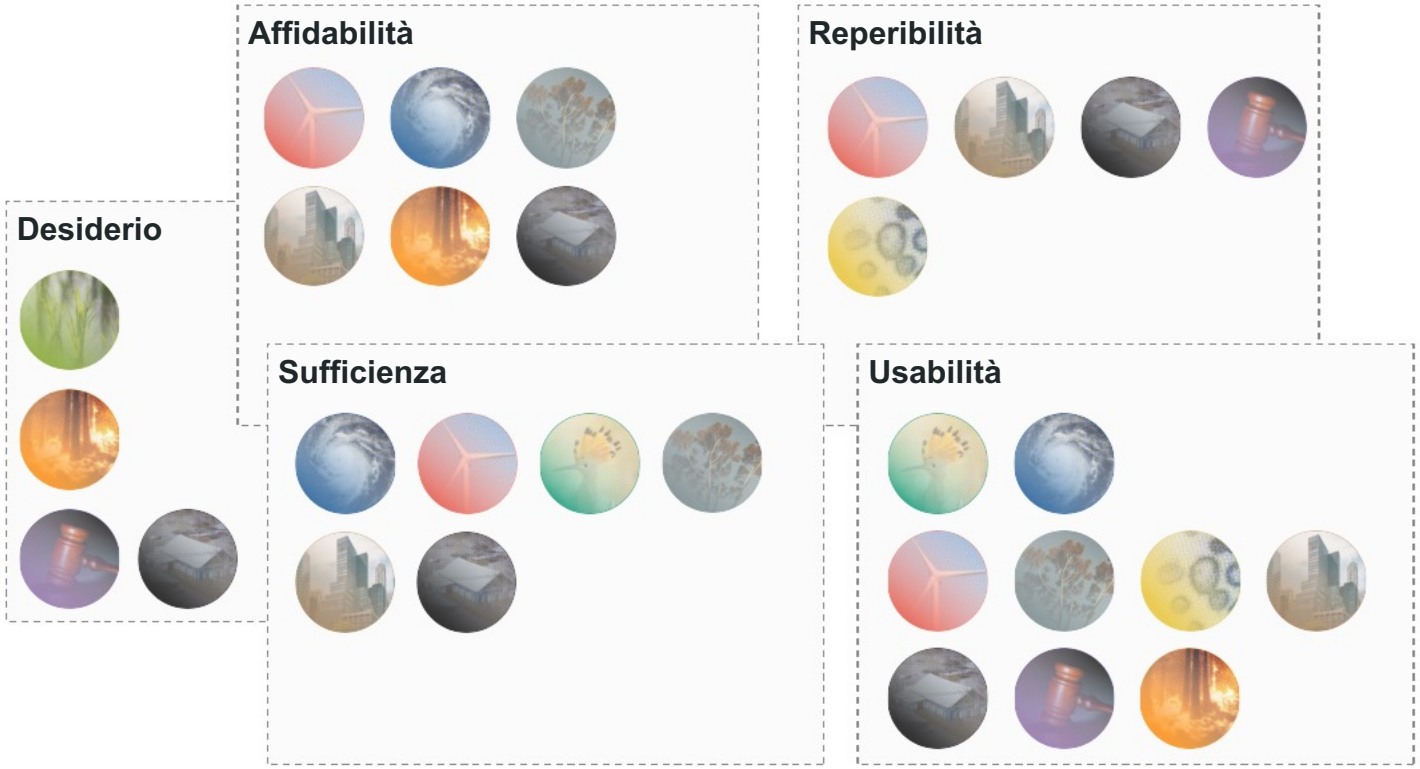






Fonte: Climate Change AI

Valutare quali dati usare e i loro limiti



Desiderio
Il dataset non esiste

Affidabilità
La qualità o l'integrità dei dati va migliorata

Reperibilità
I dati non sono facili da ottenere
(es. non sono reperibili o accessibili)

Sufficienza
Dati insufficienti, che richiedono
ulteriore raccolta e/o simulazione

Usabilità
Dati non facilmente utilizzabili
(da persone e/o macchine)

Varie
Altre sfide, comprese quelle che derivano
dall'uso di più dataset

Fonte: Climate Change AI Data Gaps

Favorire lo sviluppo aperto e la riproducibilità

Datasheet per i dataset

Quadro di documentazione che permette a chi crea dataset di riflettere sulle questioni chiave del ciclo di vita dei dati.

Motivazione	Composizione	
Processo di raccolta	Pre-elaborazione, pulizia, etichettatu	
Usi	Distribuzione	Manutenzione

- Guidare chi crea e chi usa i dataset a valutarli in modo strutturato
- Migliorare trasparenza e responsabilità
- Facilitare la scelta negli usi futuri
- Consentire maggiore riproducibilità e confronto dei risultati

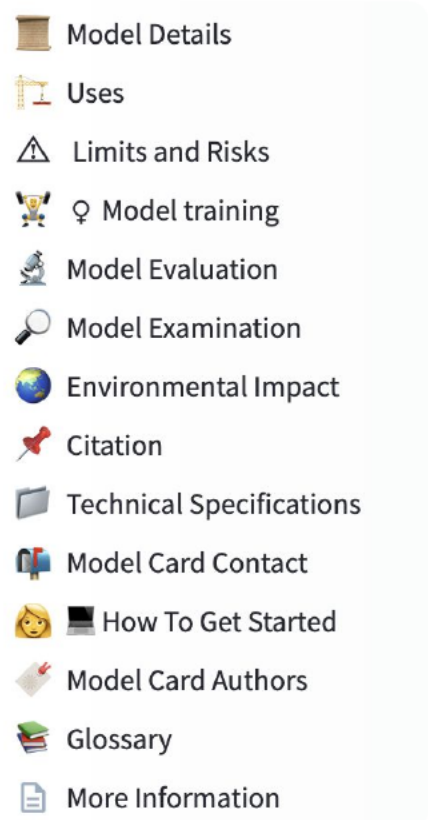
Fonte: Gebru et al. (2021), Datasheets for Datasets

Model card

Le model card sono un modo standard di documentare i modelli, incluso come sono stati addestrati e valutati.

Includono spesso

- Usi previsti (e usi esclusi)
- Metriche di valutazione
- Dati di addestramento (incluse tecniche di elaborazione)
- Considerazioni etiche



Fonte: HuggingFace
Strumento per redigere model card

Fonte: Mitchell et al. (2018) Model Cards for Model Reporting

Stimare l'impronta di carbonio

Stima preventiva dell'impronta di carbonio in base alla configurazione

Il calcolatore Green Algorithms permette di stimare l'impronta di carbonio prima di addestramento e inferenza, in base all'hardware e all'intensità di carbonio dell'elettricità del luogo in cui avverrà il calcolo.

Permette di confrontare configurazioni prima di sperimentare o spendere risorse in hardware e/o calcolo.

Stima in tempo reale dell'impronta di carbonio

Strumenti come ML CO2 Impact, CodeCarbon, Carbontracker o quelli dei fornitori cloud permettono di stimare l'impronta di carbonio durante addestramento e inferenza, considerando hardware, tempo di esecuzione e fornitore cloud utilizzati.

Permette di rendicontare l'impronta di carbonio dei vostri modelli di ML

Characteristic of each strategy	Online calculator	Embedded package	Server-side tool
Compatible with any hardware	Yes	No, a dedicated tool needs to be built for each	Yes, provided hardware usage can be monitored
Compatible with any programming language	Yes		Yes
Compatible with any task or research field	Yes		Yes
Computing metrics are collected automatically	No	Yes	Yes
Does not interfere with existing code	Yes	No	Yes
Estimates can be obtained beforehand	Yes	No	No
Estimates can be obtained in real time	No	Yes	Yes
Estimates can be obtained retrospectively	Yes	Only if the tracker was active at the time	Yes
Scalable with large numbers of jobs	No	Yes	Yes
Scalable over long periods of time	No	Only if the tracker is used every time	Yes

Fonte: Lannelongue e Inouye (2023), Carbon footprint estimation for computational research

Punti di accesso e prossimi passi



Computational Sustainability Network (dal 2008)

Climate Informatics (dal 2011)

Iniziative regionali sull'IA, es. Data Science Africa, il Deep Learning Indaba, KHIPU e gli Affinity Group



Climate Change AI (dal 2019)

Work on Climate (dal 2020)

Iniziativa del Digital Futures Lab
AI + Climate Futures Asia (dal 2023)



GeoAI-Africa (dal 2024)

AfriClimate AI (dal 2024)

Climate AI Nordics (dal 2024)

Comunità ESCS (dal 2025)

Environmentally Sustainable Computational Science

💬Scrivete la risposta nella chat di Zoom

Pensate a come vorreste impegnarvi
nel campo dell'IA per il clima.

Quali tipi di risorse
vi aiuteranno ad andare avanti?

Pensate al vostro dominio di lavoro, alle comunità di pratica con cui volete confrontarvi (nel vostro ambito o al di fuori), ai contenuti che volete leggere (ricerca, politiche, didattica) e agli strumenti di cui avrete bisogno per esercitarvi.

Riepilogo della lezione

Perché	Inquadramento: cambiamento climatico e azione climatica
Cosa	Inquadramento: IA e machine learning (ML)
Cosa	Ruoli tecnologici dell'IA per l'azione climatica
Come	Considerazioni per sviluppo e implementazione
Quali	Approcci di machine learning ai problemi climatici
Come	Buone pratiche in primo piano: approcci, risorse e strumenti

Scuola estiva virtuale CCAI 2026: materiali e accesso

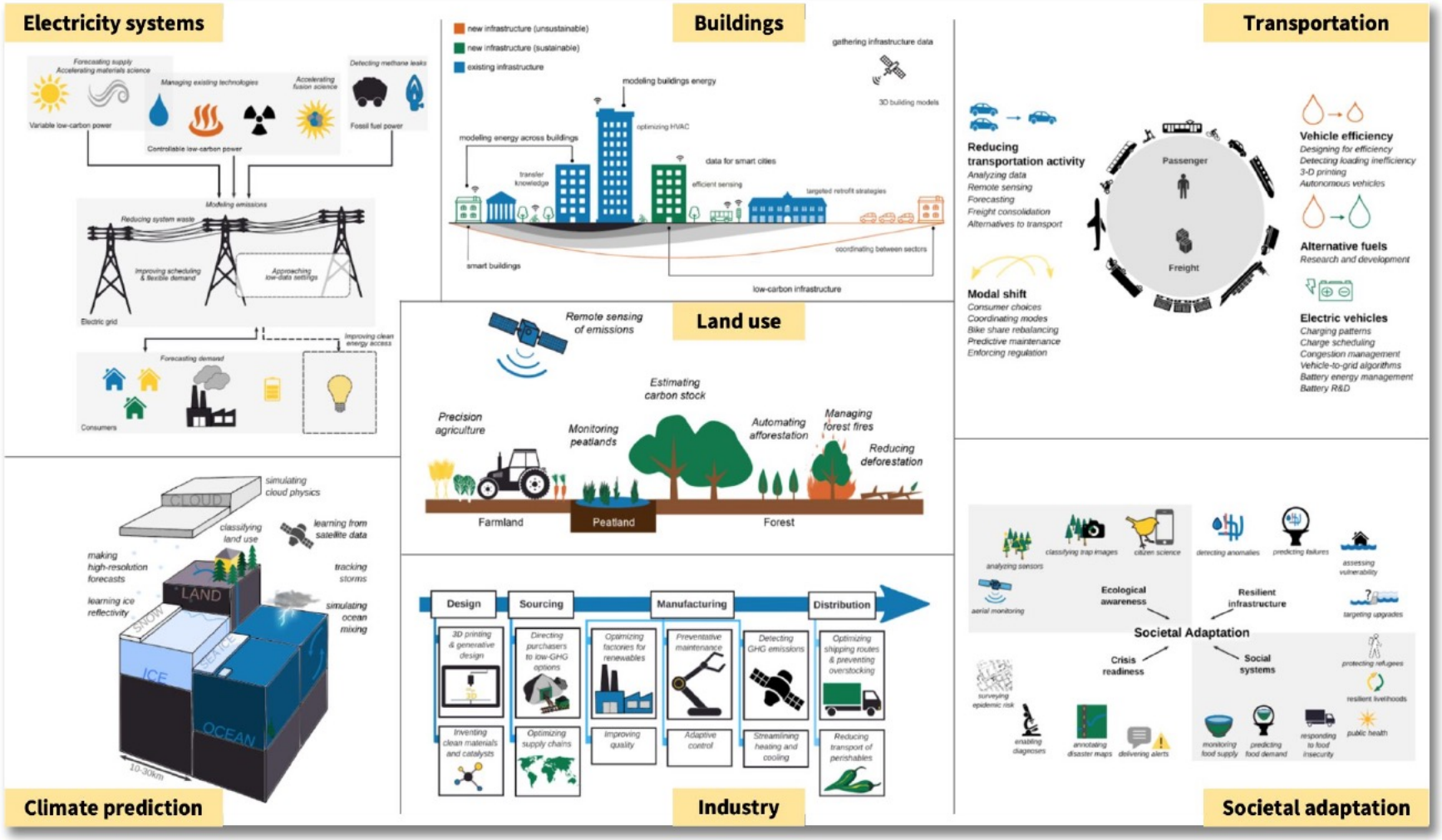
Slide, letture, domande del quiz e registrazione della lezione saranno pubblicate sulla piattaforma LearnWorlds

🌐 Potete usare la Community Platform per porre altre domande su questa lezione e su tutti gli altri contenuti, e per interagire con gli altri partecipanti

I moduli di valutazione di ogni lezione e tutorial saranno disponibili su LearnWorlds. Mostreremo anche un breve modulo su Zoom da compilare prima di lasciare il webinar.

Vi auguriamo una Scuola estiva virtuale Climate Change AI 2026 ricca, coinvolgente e proficua!

Domande?


Electricity systems
Buildings
Transportation
Land use
Climate prediction
Industry
Societal adaptation
Reducing transportation activity
Modal shift
Vehicle efficiency
Alternative fuels
Electric vehicles
Passenger
Freight
Remote sensing of emissions
Estimating carbon stock
Precision agriculture
Monitoring peatlands
Automating afforestation
Managing forest fires
Reducing deforestation
Farmland
Peatland
Forest
Design
Sourcing
Manufacturing
Distribution
Societal Adaptation
Ecological awareness
Resilient infrastructure
Crisis readiness
Social systems