

IA²:

Intelligenza Artificiale &

Impatto Ambientale

Federico Massi



FERMOLUG
www.fermolug.org

LICENZA CC BY-NC-SA 4.0



Intelligenza Artificiale & Impatto Ambientale

Natura fisica

- L'IA è infrastruttura materiale

Impatti diretti

- Energia
- Acqua
- Materie prime

Impatti indiretti

- Rebound tecnologico
- Squilibrio socioeconomico
- Greenwashing e trasparenza

Soluzioni

- Tecniche
- Metodologiche
- Etiche
- Politiche

IA

Intelligenza Artificiale (IA) è un **termine generico** che indica un insieme di tecnologie per elaborare informazioni e imitare il pensiero umano, almeno superficialmente.

Esistono IA dagli anni 50, ma ultimamente la tecnologia si è diffusa grazie a:

- aumento della potenza di calcolo,
- crescita esponenziale dei dataset disponibili per l'addestramento dei modelli IA,
- marketing sensazionalistico.

Intelligenza Artificiale & Impatto Ambientale

Natura fisica

- L'IA è infrastruttura materiale

Impatti diretti

- Energia
- Acqua
- Materie prime

Impatti indiretti

- Rebound tecnologico
- Squilibrio socioeconomico
- Greenwashing e trasparenza

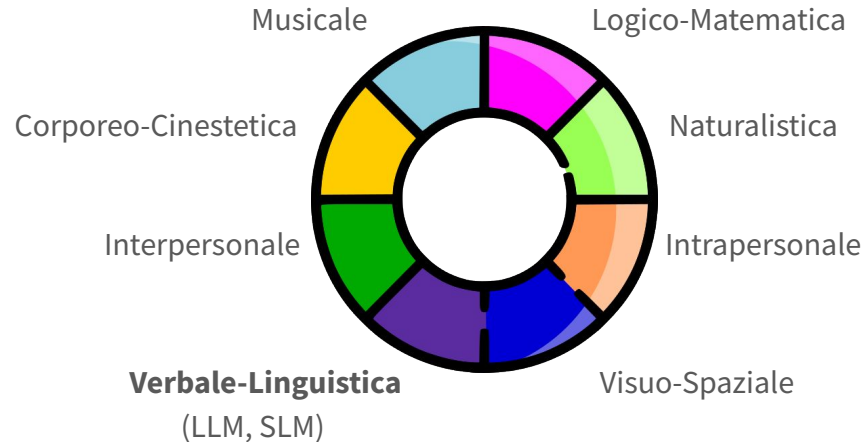
Soluzioni

- Tecniche
- Metodologiche
- Etiche
- Politiche

INTELLIGENZA... MA QUALE?

Anche **Intelligenza** è un termine molto generico...

Howard Gardner ipotizzava 8 tipi di abilità intellettive (1983), le *intelligenze multiple*.



Intelligenza Artificiale & Impatto Ambientale

Natura fisica

- L'IA è infrastruttura materiale

Impatti diretti

- Energia
- Acqua
- Materie prime

Impatti indiretti

- Rebound tecnologico
- Squilibrio socioeconomico
- Greenwashing e trasparenza

Soluzioni

- Tecniche
- Metodologiche
- Etiche
- Politiche

MA QUALE INTELLIGENZA...?

L'IA **Generativa** (LLM, SLM,...)

è un **sistema probabilistico**

che genera output (in vario formato)

sulla base di istruzioni (prompt)

e dati derivanti da un addestramento pregresso.

Non crea, non inventa, ma semplicemente “genera” (vedi gli aspetti legali)

Non capisce ^{Nota1} **né le domande poste né le risposte date,**
ma **sequenzia parole in base alla probabilità che le lega all'interno delle**
mappature (vedi aspetti matematici e filosofici)

Nota 1: capire, in latino intelligĕre, da intus lĕgere, “leggere dentro” e quindi “cogliere l'essenziale”

Intelligenza Artificiale & Impatto Ambientale

Natura fisica

- L'IA è infrastruttura materiale

Impatti diretti

- Energia
- Acqua
- Materie prime

Impatti indiretti

- Rebound tecnologico
- Squilibrio socioeconomico
- Greenwashing e trasparenza

Soluzioni

- Tecniche
- Metodologiche
- Etiche
- Politiche

IN PASSATO...

... abbiamo avuto gli **Expert Systems** (1970s-1980s)
algoritmi complessi per risolvere problemi complessi,
progettati per simulare il processo decisionale di umani esperti.

Tendono ad avvicinarsi alle abilità intellettive di tipo Logico-Matematico.

E sono sistemi **deterministici**.

“I pensieri senza contenuto sono vuoti, le visioni senza concetto sono cieche.”

“Gedanken ohne Inhalt sind leer, Anschauungen ohne Begriffe sind blind.”

Immanuel Kant, Critica della ragion pura

Intelligenza Artificiale & Impatto Ambientale

Natura fisica

L'IA è infrastruttura materiale

Impatti diretti

Energia

Acqua

Materie prime

Impatti indiretti

Rebound tecnologico

Squilibrio socioeconomico

Greenwashing e trasparenza

Soluzioni

Tecniche

Metodologiche

Etiche

Politiche

COSA È L'IA?

L'Intelligenza artificiale non è un software ma una infrastruttura materiale.

E' un corpo fatto di organi che consumano risorse.

Per questo **è possibile analizzare il suo impatto ambientale**
con il metodo del LifeCycle Assessment (LCA):

consumo di energia, acqua e materiali, emissioni generate

vengono trasformati in indicatori misurabili
(come tonnellate di CO₂ equivalente o ettari di terreno consumati).



Intelligenza Artificiale & Impatto Ambientale

Natura fisica

- L'IA è infrastruttura materiale

Impatti diretti

- Energia
- Acqua
- Materie prime

Impatti indiretti

- Rebound tecnologico
- Squilibrio socioeconomico
- Greenwashing e trasparenza

Soluzioni

- Tecniche
- Metodologiche
- Etiche
- Politiche

IMPATTI DIRETTI

I metodi di analisi valutano diversi parametri ambientali, tra cui:

Consumo energetico (suddiviso tra rinnovabile e fossile)

Emissioni di gas serra (CO₂ equivalente, CO₂ metano, ossidi di azoto, o deforestazione)

Sottrazione idrica (litri d'acqua usati e/o contaminati, tempistiche di ritenzione o depurazione, % di sfruttamento sul territorio)

Uso del suolo (deforestazione, cementificazione, estrazione mineraria)

Produzione di rifiuti e inquinanti (microplastiche, metalli pesanti, scarti più o meno pericolosi)

Strumenti come l'*impronta ecologica*, la *carbon footprint* e l'*impronta idrica* sono spesso usati per valutare l'impatto di settori industriali, trasporti o nuove tecnologie.

Intelligenza Artificiale & Impatto Ambientale

Natura fisica

- L'IA è infrastruttura materiale

Impatti diretti

- **Energia**

- Acqua

- Materie prime

Impatti indiretti

- Rebound tecnologico

- Squilibrio socioeconomico

- Greenwashing e trasparenza

Soluzioni

- Tecniche

- Metodologiche

- Etiche

- Politiche

IMPATTO ENERGETICO

1300 MWh

quanto consuma addestrare gpt 3, il consumo di un paese di 2000 abitanti in un mese

2,907 kWh

quanto si consuma per generare una immagine
(uguale alla carica di uno smartphone per una sola immagine)

85~134 TWh/y

consumo annuo del settore IA (più del consumo delle famiglie italiane in un anno)

Fonti di energia: un mix di fonti non sempre rinnovabili,
ultimamente si parla di *nucleare dedicato*

Intelligenza Artificiale & Impatto Ambientale

Natura fisica

— L'IA è infrastruttura materiale

Impatti diretti

— **Energia**

— Acqua

— Materie prime

Impatti indiretti

— Rebound tecnologico

— Squilibrio socioeconomico

— Greenwashing e trasparenza

Soluzioni

— Tecniche

— Metodologiche

— Etiche

— Politiche

NUCLEARE, FALSA SOLUZIONE

Il nucleare dedicato porta più rischi che soluzioni:

Materiali ad alto rischio in mano ad aziende private che fanno merge di venerdì.

Costi nascosti enormi, riversati sulla comunità

(chi paga per lo smaltimento delle scorie?)

Aumento della **dipendenza** da attori internazionali inaffidabili **per tecnologia**
(il principale è la Russia con Rosatom, seguita dalla Cina con CNNC e altre)

Aumento della **dipendenza** da attori internazionali inaffidabili **per il carburante**
(Kazakistan e Russia, che fornisce il 46% dell'arricchito e il 27% anche agli USA)

Soluzioni tardive, che entreranno in operatività a fine bolla speculativa
(tra i 7 e i 20 anni)

*Intelligenza Artificiale
& Impatto Ambientale*

CONFRONTO CONSUMI

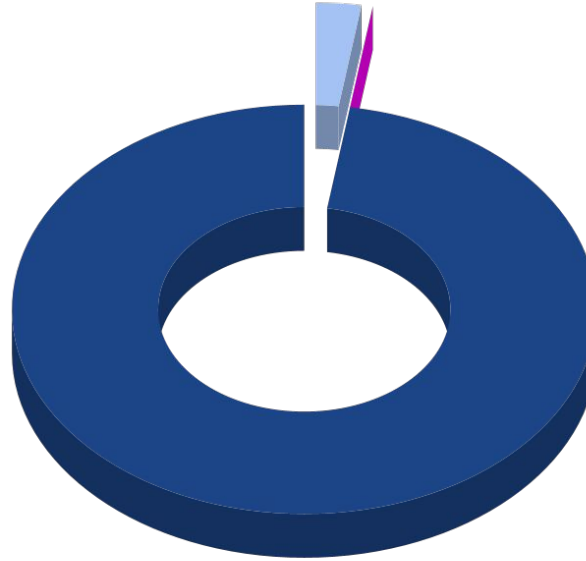
- **Natura fisica**
 - L'IA è infrastruttura materiale
- **Impatti diretti**
 - **Energia**
 - Acqua
 - Materie prime
- **Impatti indiretti**
 - Rebound tecnologico
 - Squilibrio socioeconomico
 - Greenwashing e trasparenza
- **Soluzioni**
 - Tecniche
 - Metodologiche
 - Etiche
 - Politiche

Tipo di modello IA	Consumo H ₂ O	Consumi di energia	Emissioni di gas serra	Necessità di hardware performante
LLM	10	10	10	10
SLM	5	5	5	4
Expert System	1	1	1	1

Intelligenza Artificiale & Impatto Ambientale

- Natura fisica
 - L'IA è infrastruttura materiale
- Impatti diretti
 - Energia
 - Acqua
 - Materie prime
- Impatti indiretti
 - Rebound tecnologico
 - Squilibrio socioeconomico
 - Greenwashing e trasparenza
- Soluzioni
 - Tecniche
 - Metodologiche
 - Etiche
 - Politiche

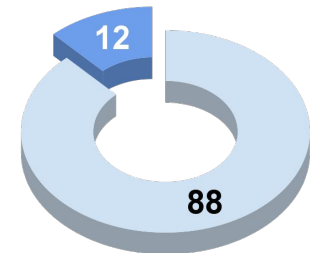
IMPATTO IDRICO



ACQUE SULLA TERRA

- DOLCI (2,5%)
- ATMOSFERICHE (0,001%)
- SALATE + SALMASTRE (97,499%)

DETTAGLIO ACQUE DOLCI



- NON DISPONIBILI
- DISPONIBILI

Intelligenza Artificiale & Impatto Ambientale

Natura fisica

- L'IA è infrastruttura materiale

Impatti diretti

- Energia
- Acqua
- Materie prime

Impatti indiretti

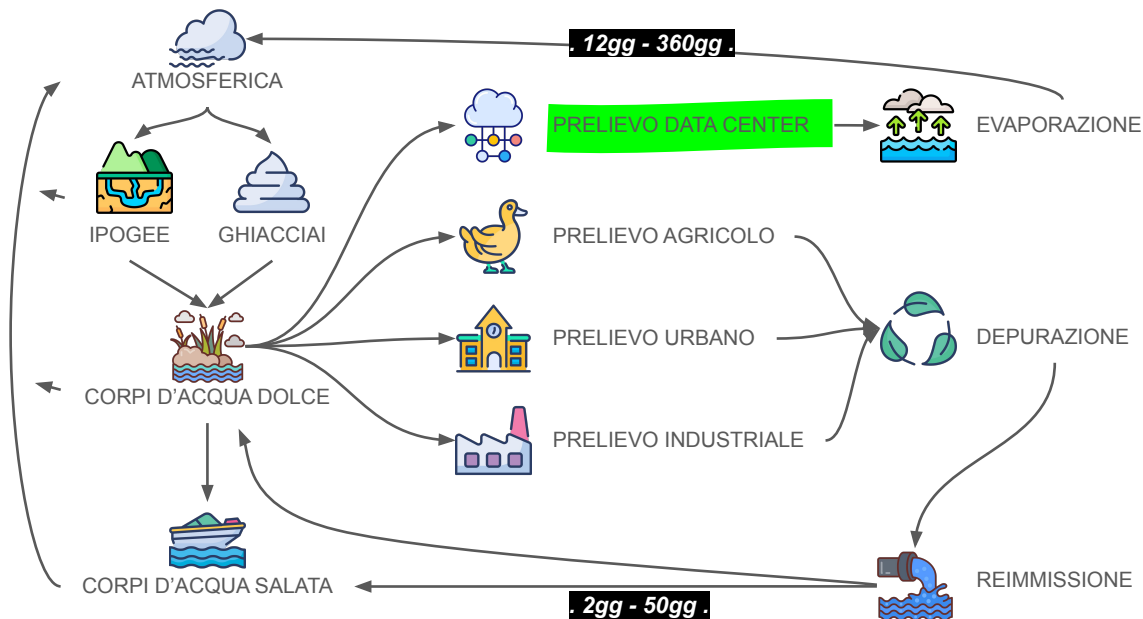
- Rebound tecnologico
- Squilibrio socioeconomico
- Greenwashing e trasparenza

Soluzioni

- Tecniche
- Metodologiche
- Etiche
- Politiche

IMPATTO IDRICO

CICLO DELL'ACQUA (SEMPLIFICATO)



Intelligenza Artificiale & Impatto Ambientale

Natura fisica

- L'IA è infrastruttura materiale

Impatti diretti

- Energia
- **Acqua**
- Materie prime

Impatti indiretti

- Rebound tecnologico
- Squilibrio socioeconomico
- Greenwashing e trasparenza

Soluzioni

- Tecniche
- Metodologiche
- Etiche
- Politiche

IMPATTO IDRICO

Tra **240 ml** e **1500 ml**

quanto consuma scrivere una email di 100 parole in inglese
(dipende principalmente dal clima presso il data center)

tra **2,5** e **4 litri**

quanto si consuma per una versione dal latino all'Italiano
(senza però imparare nulla, e prendendo comunque 2 al prossimo orale 😊)

6 mln di abitanti

è il consumo annuo del settore IA nel 2024
(maggiore di quello dell'intera Danimarca)

25%

la popolazione mondiale che non ha accesso all'acqua potabile o sicura
(e l'Italia non è in una buona condizione)

Intelligenza Artificiale & Impatto Ambientale

Natura fisica

- L'IA è infrastruttura materiale

Impatti diretti

- Energia

- **Acqua**

- Materie prime

Impatti indiretti

- Rebound tecnologico

- Squilibrio socioeconomico

- Greenwashing e trasparenza

Soluzioni

- Tecniche

- Metodologiche

- Etiche

- Politiche

RESPONSABILITÀ IDRICA

20 l/gg

quanto serve per i bisogni primari di una persona secondo l'OMS

Con **1 versione di latino, un tema, 20 ricerche su internet e un paio di filtri in stile Studio Ghibli** abbiamo consumato la nostra dose di acqua, senza berne una goccia.

Di quante persone hai consumato l'acqua, ieri?

Intelligenza Artificiale & Impatto Ambientale

Natura fisica

- L'IA è infrastruttura materiale

Impatti diretti

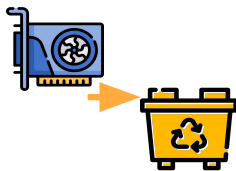
- Energia
- Acqua
- **Materie prime**

Impatti indiretti

- Rebound tecnologico
- Squilibrio socioeconomico
- Greenwashing e trasparenza

Soluzioni

- Tecniche
- Metodologiche
- Etiche
- Politiche



MATERIE PRIME

Richiesta di hardware sempre più potente ⇒
obsolescenza più rapida ⇒

maggiore massa di RAEE

(Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche).

Consumi energetici elevati su reti

impreparate, con black-out su famiglia e
Industria

Maggior richiesta di minerali (terre rare,
metalli critici e preziosi, ecc.)

Maggior pressione industriale e **fragilità del
settore della produzione hardware**

Intelligenza Artificiale & Impatto Ambientale

Natura fisica

- L'IA è infrastruttura materiale

Impatti diretti

- Energia
- Acqua
- Materie prime

Impatti indiretti

- **Rebound tecnologico**
- Squilibrio socioeconomico
- Greenwashing e trasparenza

Soluzioni

- Tecniche
- Metodologiche
- Etiche
- Politiche

REBOUND TECNOLOGICO

Il **rebound tecnologico** è quando
i **guadagni di efficienza** derivanti da un'innovazione tecnologica
non producono una riduzione proporzionale del consumo complessivo di risorse,
perché stimolano nuovi usi, maggiore domanda o effetti indiretti che compensano o
superano il risparmio iniziale.

Es.: il “filtro” per le foto in stile Studio Ghibli.

Il problema non è nel software del computer, ma in quello dell'utente.

Intelligenza Artificiale & Impatto Ambientale

SQUILIBRIO SOCIO ECONOMICO

Natura fisica

- L'IA è infrastruttura materiale

Impatti diretti

- Energia
- Acqua
- Materie prime

Impatti indiretti

- Rebound tecnologico
- **Squilibrio socioeconomico**
- Greenwashing e trasparenza

Soluzioni

- Tecniche
- Metodologiche
- Etiche
- Politiche

Il problema dello squilibrio socioeconomico è enorme e,
oggi, è **localizzato sulle comunità locali**.

Le **conseguenze di aridità, blackout e inquinamento si espanderanno**
al crescere dell'uso della tecnologia.

Intelligenza Artificiale & Impatto Ambientale

Natura fisica

- L'IA è infrastruttura materiale

Impatti diretti

- Energia
- Acqua
- Materie prime

Impatti indiretti

- Rebound tecnologico
- Squilibrio socioeconomico
- **Greenwashing e trasparenza**

Soluzioni

- Tecniche
- Metodologiche
- Etiche
- Politiche

GREENWASHING

Le aziende del settore millantano una grande attenzione all'ambiente.

Ma **in realtà negano l'accesso ai dati energetici**, in totale mancanza di trasparenza.

Ancora peggio, propongono **scelte apparentemente ecosostenibili** come il nucleare di terza generazione (il primo dei quali è entrato in funzione nel 1996) o come l'inquinamento in aree a forte rischio (fondali marini, ecc).

Intelligenza Artificiale & Impatto Ambientale

Natura fisica

- L'IA è infrastruttura materiale

Impatti diretti

- Energia
- Acqua
- Materie prime

Impatti indiretti

- Rebound tecnologico
- Squilibrio socioeconomico
- Greenwashing e trasparenza

Soluzioni

- **Tecniche**
- Metodologiche
- Etiche
- Politiche

SOLUZIONI TECNICHE

TFLM (Tensor Flow Lite Micro) e TinyML possono girare anche su hardware minimali (come Raspberry Pico, ESP32, ecc.) e permettere l'uso di Machine Learning e Deep Learning con consumi adatti a piccoli hardware (come accade oggi con telecamere, droni, elettrodomestici).

Anche l'uso delle **ultime versioni di Linux** permette di ridurre i consumi elettrici, con un risparmio stimato fino al 30%, e le richieste di WW.

Allo stesso modo, l'uso di **modelli ottimizzati** permette di avere risultati eccellenti su HW meno performanti e di ridurre i consumi energetici (DeepSeek AI, ecc.).

Intelligenza Artificiale & Impatto Ambientale

Natura fisica

- L'IA è infrastruttura materiale

Impatti diretti

- Energia
- Acqua
- Materie prime

Impatti indiretti

- Rebound tecnologico
- Squilibrio socioeconomico
- Greenwashing e trasparenza

Soluzioni

- Tecniche
- **Metodologiche**
- Etiche
- Politiche

SOLUZIONI METODOLOGICHE

Ci serve davvero uno strumento come LLM?

Uno che dà risposte come....

1. La carne di mucca è kosher? Dipende dalla religione della mucca.
2. Hillary Clinton è stata la prima presidente donna degli Stati Uniti
3. Un chilo di ferro pesa più di un chilo di piume
4. Degli orsi sono stati spediti nello spazio
5. Attacca la mozzarella alla pizza con la colla.

...e molte altre.

Modello / % allucinazioni

Chat GPT 3: 21% \

Chat GPT 3.5: 3,5%

Chat GPT 4: 3%

Llama 2: oltre il 5%

Claude 2: 8,5%

Palm: 27% (in alcune versioni)

BERT: 10% - 18%

T5: 10% - 15%

Grok: non sono disponibili dati pubblici, ma apparentemente sembrano piuttosto alti.

Intelligenza Artificiale & Impatto Ambientale

Natura fisica

- L'IA è infrastruttura materiale

Impatti diretti

- Energia
- Acqua
- Materie prime

Impatti indiretti

- Rebound tecnologico
- Squilibrio socioeconomico
- Greenwashing e trasparenza

Soluzioni

- Tecniche
- **Metodologiche**
- Etiche
- Politiche

SOLUZIONI METODOLOGICHE

Ci serve davvero uno strumento come LLM?



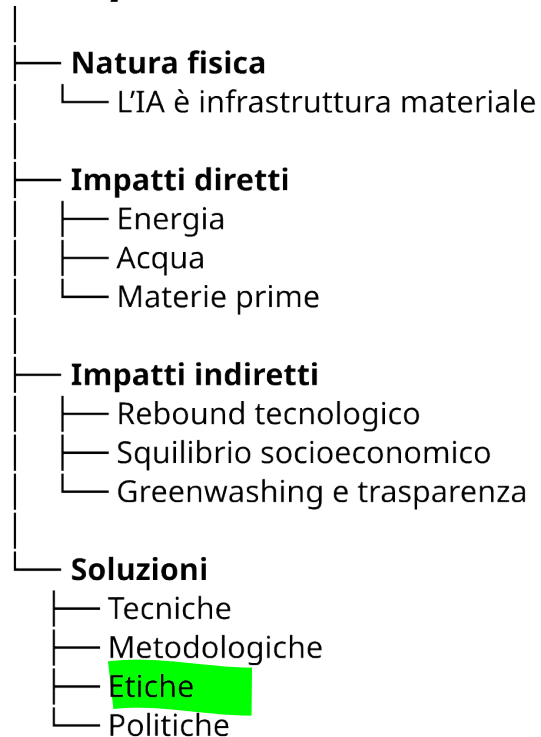
Sì, e no.



1. **Per generare ed elaborare testi** (incluse traduzioni)
2. Per il **supporto formale alla programmazione** (il codice è valido? Come potrei risolvere questa situazione già documentata ampiamente nell'addestramento?)
3. Per l'**analisi del linguaggio naturale** (es.: sentiment analysis)
4. Per svolgere delle **azioni ripetitive** (compilazione di report su prompt specifici, risposte comuni come accade per i chatbot)

1. **Per elaborare dati e strutture** (quindi in ambito legale o scientifico, dove servono capacità e certezza di ragionamento)
2. **Dove serve la comprensione del dato e del contesto** (es.: dà risposte che sembrano logiche, anche statisticamente, ma sono concettualmente errate)
3. Risoluzione di **problemi logici o matematici** (non "capisce", prova a indovinare come in certe interrogazioni alle superiori 😊)
4. Ove si incappi in **bias e pregiudizi emersi dall'addestramento**
5. Uso del buon senso e contesti talmente "ovvi" da non risultare in addestramento

Intelligenza Artificiale & Impatto Ambientale



Cosa possiamo fare concretamente?

- **Usare le IA per scopi realmente necessari**

- **Usare le IA solo dove sono utili ed efficaci**

- **Uscire dalle logiche di marketing**

(la carta igienica IA probabilmente non servirà mai,
ma chi la acquista ci sarà sempre)

- **Non finire nella prossima bolla finanziaria**

(vi ricordate le blockchain? Le Dot.com? I mutui subprime? Il 1929 a Wall Street? E, andando indietro, nel 1637, i tulipani? CIOÈ, I TULIPANI.)

Intelligenza Artificiale & Impatto Ambientale

Natura fisica

- L'IA è infrastruttura materiale

Impatti diretti

- Energia
- Acqua
- Materie prime

Impatti indiretti

- Rebound tecnologico
- Squilibrio socioeconomico
- Greenwashing e trasparenza

Soluzioni

- Tecniche
- Metodologiche
- Etiche
- Politiche

L'IA È SOLO UN PERICOLO PER L'AMBIENTE?

NO, ANZI.

SLM e LLM possono individuare pattern (anomalie, similitudini, variazioni) e usare lo storico dei dati per predire i risultati di azioni (simulazione speculativa per scelte ad alta complessità) o per individuare cambiamenti o rilevazioni di condizioni pericolose (early warning).

PERÒ...

La produzione di un kg di computer consuma 400 kg di materie prime e gli LLM richiedono una quantità impressionante di hardware, una obsolescenza anticipata e quindi una quantità notevole di rifiuti speciali RAEE.

Molti di questi materiali sono minerali rari, che vengono estratti in modo ambientalmente impattante, o in zone devastate da guerre per accaparrarsi una quota dei profitti di estrazione.

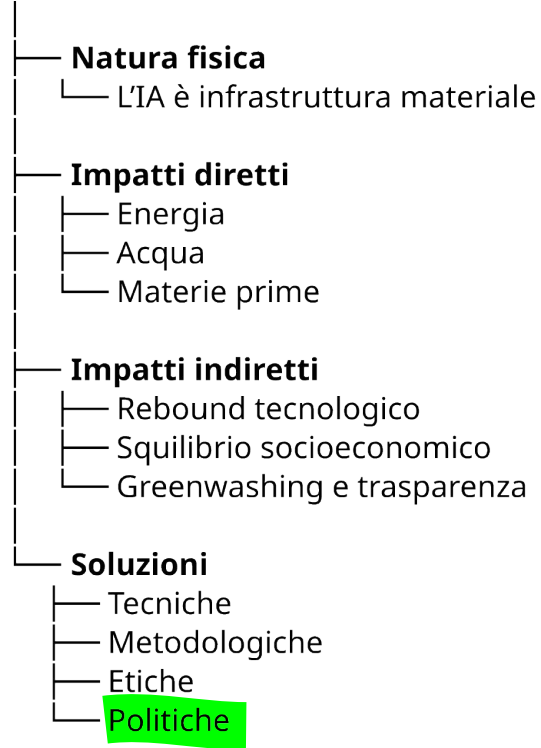
Far svolgere i temi, tradurre le versioni di greco e latino, creare i contenuti social sono attività che non valgono i consumi notevoli di questi strumenti (anche solo come impatto diretto su acqua ed elettricità).

L'IA È UNO STRUMENTO

STA A NOI USARLO “CON LA TESTA”

Intelligenza Artificiale & Impatto Ambientale

Cosa possiamo fare concretamente?



**Siete i tecnici e gli artefici
di buona parte dell'infrastruttura e dei processi del futuro.**

Fatevi **domande**.

Ponetevi **interrogativi** tecnici, scientifici, etici.

Istruitevi, non solo nel vostro campo.

Impegnatevi sempre.

Grazie!